

## CALCULO DE INSTALACIONES FRIGORÍFICAS

### Carga total de refrigeración.

La carga total de una instalación frigorífica el número de frigorías que deben obtenerse, o dicho de manera más correcta, la cantidad de calorías que deben extraerse a fin de mantener la temperatura deseada en la cámara, nevera o recipiente a enfriar.

Dicha cifra procede del total de calor que entra en el espacio a refrigerar por el conjunto de las tres causas siguientes:

- 1º. Ganancias de calor a través de las paredes.
- 2º. Ganancias de calor por servicio (uso de puertas, alumbrado, calor del personal, u otras fuentes de calor).
- 3º. Ganancias de calor por la carga de género que entra a diario.

### Ganancias de calor a través de las paredes.

La cantidad de calor por Ganancias de calor a través de las paredes depende de tres factores:

- a) Superficie total exterior de la cámara, nevera o recipiente
- b) Aislamiento empleado.
- c) Diferencia de temperatura entre la del ambiente exterior donde se halle Instalada la cámara, mueble o recipiente y la que debe obtenerse en su interior.

Como es natural, cuanto mayor sea la superficie total exterior, mayor será la cantidad de calor que deberá extraerse. Si el aislamiento es de mayor espesor, menores serán las Ganancias de calor a través del mismo, y más calor deberá absorberse cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior del espacio a refrigerar.

El primer paso para obtener las Ganancias de calor por paredes consiste en determinar la superficie total de la cámara, nevera o depósito. Para obtener dicha superficie puede emplearse la siguiente fórmula.

$$S = 2(a \times b) + (b \times c) + (c \times a)$$

a=ancho exterior. b=fondo exterior. c=alto exterior.

Conocido ya este dato, y determinado el espesor del aislamiento con que se efectuará el recubrimiento de la cámara, mueble o depósito, se buscará entonces el coeficiente de transmisión correspondiente a dicho aislamiento, en relación con la tabla siguiente:

**Tabla 7.1 Coeficientes (K) de transmisión de los materiales aislantes más usados.**

Espesor en mm	Corcho	Fibra de vidrio	Poliestireno	Poliuretano	Lana mineral
	Frig./ h/ m <sup>2</sup> / °C				
50	0,80	0,70	0,60	0,40	0,78
75	0,54	0,49	0,40	0,27	0,52
100	~ 0,40	0,37	0,30	0,20	0,39
125	0,32	0,29	0,24	0,16	0,31
150	0,27	0,19	0,15	0,10	0,19

Estos coeficientes varían en relación con la temperatura y grado de compresión de cada sustancia, por lo que, desde un punto de vista de orden práctico, los valores indicados deben aumentarse alrededor de un 25 % para obtener tiras reales. Así pues, en el caso particular del corcho expandido se han adoptado, como norma generalizada, los siguientes coeficientes:

Espesor en mm	Coeficiente (K)
50 .....	0,9
75 .....	0,6
100 .....	0,5
125 .....	0,4
150 .....	0,3
200 .....	0,2

Se pasará entonces a establecer la diferencia de temperatura entre el ambiente exterior y el interior de la cámara. Para la primera debe calcularse siempre la temperatura media en la época más calurosa, y en cuanto a la que debe mantenerse en el interior depende naturalmente de la naturaleza del producto que debe almacenarse, para lo que han de tenerse en cuenta las temperaturas recomendables que se detallan en la tabla 7.2. Así, pues, conocidos los factores representados por:

S =Superficie exterior de la cámara en metros cuadrados.

K = Coeficiente de transmisión del aislante.

(T — t) = Diferencia de temperatura.

Se obtendrá la cantidad de frigorías a producir por día, usando la fórmula siguiente:

**S x K x (T —t) x 24 horas = Frigorías en 24 horas por Ganancias de calor a través de paredes.**

Si existe alguna parte de la cámara o mueble que se halle aislada con cristales (como en el caso de las conocidas vitrinas-mostradores cerradas), entonces deberá deducirse de la superficie total la que corresponde a dicho espacio, calculando las Ganancias de calor a través de los cristales por la misma fórmula anterior, pero empleando los coeficientes de la tabla siguiente:

**Tabla 7.2** Calores específicos y temperaturas de conservación y congelación de diversos productos alimenticios y líquidos

	CONSERVACIÓN				CONGELACIÓN		
	Temperatura recomendada °C	Calor específico sobre 0°C Frig/día/kg	H.R. %	Respiración Frig/día/kg	Temperatura recomendada °C	Calor específico sobre 0°C Frig/día/kg	Calor latente congelación Frig/día/kg
<b>Carnes</b>							
Ternera	2 a 4	0,70	80/85	-	-15/20	0,40	51
Buey	2 a 4	0,77	80/85	-	-15/20	0,42	56
Cordero	2 a 4	0,67	80/85	-	-12/15	0,37	47
Carnero	2 a 4	0,81	80/85	-	-12/15	0,39	53
Cerdo	2 a 4 <sup>1</sup>	0,65	80/85	-	-8/10	0,36	36
Carne salada	2 a 4	0,66	65/70	-	-	-	-
Despojos	2 a 4	0,80	80/85	-	-	-	-
Aves y caza	1 a 3	0,80	80/85	-	-12/15	0,42	59
Manteca cerdo	4 a 7	0,54	80/85	-	-	0,31	50
Embutidos	2 a 4	0,89	80/85	-	-	0,56	52
Tripas	2 a 4	0,60	80/85	-	-	-	-
<b>Pescado</b>							
Fresco (en hielo)	-1 a 2	0,82	90/95	-	-15/20	0,41	-
Pesca salada	2 a 4	0,56	65/70	-	-	0,34	36
Marisco	0 a 2	0,84	80/85	-	-	0,45	67
<b>Frutas</b>							
Manzanas	2 a 6	0,92	80/85	0,41		0,39	67
Limones	10 a 15	0,91	80/85	0,22		0,39	68
Melones	1 a 3	0,90	80/85	0,55		0,35	71
Naranjas	1 a 3	0,92	80/85	0,38		0,40	68
Melocotones	1 a 3	0,92	85/90	0,55		0,42	70
Peras	1 a 3	0,90	85/90	3,64		0,45	67
Plátanos	12 a 14	0,81	85/95	2,30		0,42	60
Fresas	-1 a 2	0,92	85/90	1,82		0,47	72
Uvas	0 a 3	0,92	80/85	0,27		0,38	63
Cerezas	0 a 2	0,86	80/85	3,66		0,45	66
Ciruelas	0 a 2	0,83	80/85	-		0,45	67
Dátiles	10 a 15	0,83	75/80	-		0,44	66
Frambuesas	2 a 7	0,92	80/85	1,83		0,48	69
Albaricoques	1 a 3	0,87	80/85	-		0,46	69
Higos	7 a 12	0,82	80/85	-		0,48	62
Frutos secos	3 a 7	0,45	70/75	-		0,27	
<b>Verduras</b>							
Espárragos	2 a 7	0,95	80/85	-		0,44	75
Habas	2 a 7	0,92	80/85	-		0,47	71
Coles	2 a 7	0,93	85/90	-		0,47	71
Lechuga	2 a 7	0,95	85/90	-		0,48	75
Cebollas	4 a 10	0,90	75/80	0,55		0,46	66
Patatas	2 a 7	0,78	80/95	0,46		0,44	58

Véase el documento referente a las particularidades en la conservación de los productos alimenticios más corrientes

Tabla 7.2 (Continuación.)

	CONSERVACIÓN				CONGELACIÓN		
	Temperatura recomendada °C	Calor específico sobre 0°C Frig/día/kg	H.R. %	Respiración Frig/día/kg	Temperatura recomendada °C	Calor específico sobre 0°C Frig/día/kg	Calor latente congelación Frig/día/kg
<b>Verduras</b>							
Tomates	10 a 13	0,95	85/90	0,27		0,48	75
Alcachofas	3 a 7	0,90	80/85	0,56		0,45	-
Berenjenas	7 a 10	0,94	80/85	-		0,47	73
Espinacas	5 a 10	0,92	85/90	-			-
Pimientos	2 a 7	0,94	85/90	1,30		0,47	-
Judías verdes	2 a 7	0,92	85/90	-		0,47	-
Judías secas	2 a 7	0,30	65/70	-		0,24	10
Verduras mezcladas	2 a 7	0,90		-		0,45	-
<b>Leche, huevos, chocolates y derivados</b>							
Leche	2 a 6	0,93	80/85	-	-	0,47	70
Huevos	0,5 a 2	0,76	80/85	-	-	0,40	56
<b>Chocolates</b>							
- desmoldeo	4 a 6	0,50	75/80	-	-	-	-
- conservación	10 a 15	0,91	80/85	-	-	-	-
Crema	2 a 7	0,70	80/85	-	-	0,36	47
Crema helada	-15 a -22	0,78	-	-	-25/30	0,45	52
Queso fresco	1 a 4	0,64	80/85	2,73	-	0,36	50
Mantequilla	2 a 4	0,64	80/85	-	-10	0,34	47
<b>Helados</b>							
- bloque	-15 a -18	0,80	-	-	-25/30	0,40	51
- granel	-11 a -14	0,80	-	-	-20/25	0,40	51
<b>Líquidos</b>							
Agua	6 a 8	1,00	-	-	-	-	-
Vinos	5 a 10	0,88	-	-	-	-	-
Cerveza	2 a 5	0,90	-	-	-	-	-
Sidra	1 a 5	0,90	-	-	-	-	-
Aceite	1 a 2	0,50	-	-	-	0,35	-
Hielo	-2 a -4	1,00	-	-	-8/10	0,508	

**Tabla 7.3 Coeficiente (*K*) de transmisión del cristal.**

Número de cristales	Frig/hora por m <sup>2</sup> y grado centígrado
4 (con espacio de aire intermedio) .	1,85
3 (ídem) .....	2,35
2 (ídem) .....	3,70
1	9,05

### **Ganancias de calor por servicio.**

La cantidad de calor que entra en la cámara o refrigerador por este concepto depende del número de veces que se abran las puertas, dato que, a su vez, está afectado por el uso que se haga del refrigerador. En un restaurante, por ejemplo, se abrirán más veces las puertas que en una gran cámara de almacenamiento de carne. Aunque se trata de un dato difícil de determinar de una manera exacta, la práctica ha establecido unos porcentajes de Ganancias de calor porertura de puertas, alumbrado, calor del personal, etc., que sirven perfectamente y que dan una idea muy aproximada de dicho valor. Dichos porcentajes se calculan sobre la cantidad de frigorías/24 horas por Ganancias de calor de paredes que previamente se habrá obtenido, y son como sigue:

En grandes cámaras de conservación, generalmente provistas de antecámara	10%
Para detallistas	25%
Para restaurantes, bares y pastelerías	40%

### **Ganancias de calor por calor debido a motores eléctricos.**

En el cálculo de Ganancias de calor debe tenerse en cuenta el calor que aportan los motores y los ventiladores en los sistemas empleando evaporadores de aire forzado, de acuerdo con la relación conocida por «equivalente mecánico del calor» (ver en cap. 1), por la cual sabemos que un caballo de vapor equivale a 633 kilocalorías a extraer por hora. Basta, pues, multiplicar la potencia en CV del motor empleado para mover el ventilador, por la cifra citada y se tendrán las frigorías que deberán añadirse a las Ganancias de calor totales resultantes por hora.

### **Ganancias de calor por la carga de género.**

Para obtener dicho valor, cuando se trate de la conservación de productos a temperaturas positivas, sobre cero grados centígrados, deben conocerse los factores siguientes:

- a) Cantidad en kilogramos de género que entra diariamente en la cámara, mueble o recipiente.
- b) Diferencia de temperatura del género a su entrada y la que debe obtenerse en el interior.
- c) Calor específico del producto a enfriar.

La entrada diaria de género es un dato de mucha importancia y debe precisarse de la manera más aproximada posible, siendo preferible, en todo caso, pecar por exceso que no fijar una cifra que se halle por debajo de la realidad, y que, por consiguiente, sirva para dar una idea errónea de las Ganancias de calor que por este concepto correspondan. En las instalaciones de bares donde existe refrigeración de líquidos, deberá tomarse como base la cantidad de líquido (agua, cerveza, etc.) que se consuma en el número de horas de mayor despacho, en lugar de fijar un total de las 24 horas del día.

Así también, en otras industrias donde la producción o carga de género se haga durante un determinado número de horas de trabajo, este total de horas es el que deberá ser considerado para obtener el promedio de Ganancias de calor por carga. Por ejemplo, en el desmoldeo de chocolate se calcula la jornada de trabajo, o sea, de 8 horas al día, en que normalmente se obtiene la producción deseada,

Conocida la temperatura de entrada del género, se obtendrá la diferencia con el interior tomando este último dato de la antes referida tabla 7.2, donde se detallan las temperaturas de conservación recomendables para cada producto determinado.

En dicha tabla se encontrará, asimismo, el factor restante, o sea, el calor específico del producto a almacenar.

**Fig. 7.1 Termómetro de las gamas de temperaturas correspondientes a diversos servicios frigoríficos y materias.**

Una vez fijados ya los tres mencionados factores, multiplíquense entre sí, de acuerdo con la siguiente fórmula:

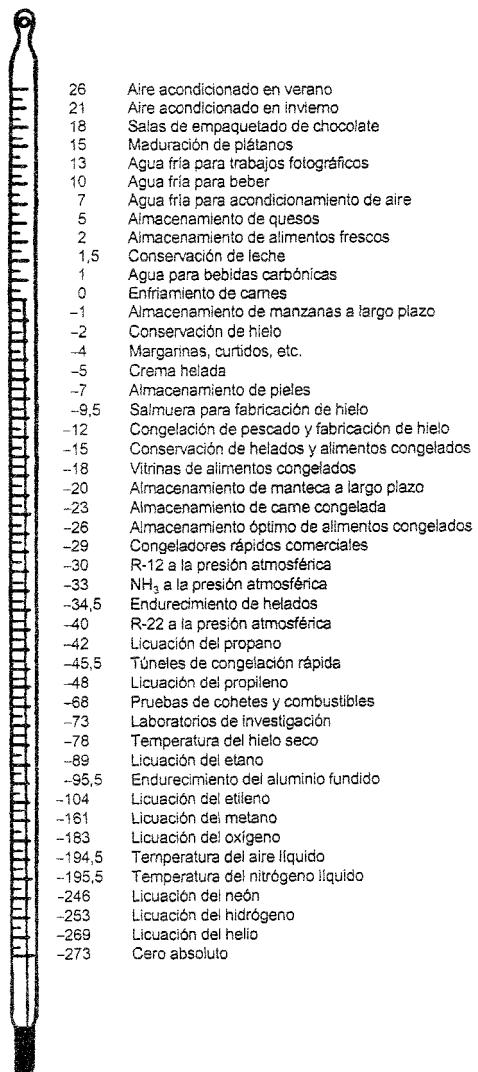
$$\text{Kilogramos} \times (T - t) \times \text{Calor específico},$$

y tendremos el número de frigorías a producir para el enfriamiento de la carga de género introducido a diario.

#### **Ganancias de calor por reacción y renovación de aire en frutas y verduras.**

En la conservación de frutas y verduras debe recordarse que se trata de materias vivas, las cuales se hallan, por consiguiente, sujetas a cambios durante su almacenamiento. Estos cambios son debidos a la respiración, o proceso en que el oxígeno del aire se combina con el carbono de los tejidos del fruto. Durante dicho proceso se desprende energía en forma de calor, que también forma parte de las Ganancias de calor calculadas por la carga de género y debe tenerse necesariamente en cuenta para el cálculo total. En la tabla 7.2 se indica el valor aproximado de estas Ganancias de calor por kilogramo de género y por día, por lo que el cálculo de las mismas se realiza por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Kilogramos} \times \text{Coeficiente de respiración en frig./día por kilogramo.}$$



Asimismo, a fin de evitar la formación de gases durante el citado período de vida propio de la fruta, debe dotarse a las cámaras de una renovación de aire adecuada, que normalmente, y para instalaciones de regular capacidad, se calcula a un promedio de cuatro renovaciones totales del volumen de aire de la cámara por día. Las Ganancias de calor por día debidas a este concepto se calculan así:

$$\text{Volumen de la cámara en m}^3 \times 4 \text{ renovaciones} \times 20 \text{ frig./día por m}^3.$$

#### **Obtención de la carga total.**

Para ello súmense los tres factores (o cinco si se trata de productos hortofrutícolas) obtenidos de acuerdo con las fórmulas descritas:

$$\text{Ganancias de calor por paredes} + \text{Ganancias de calor por servicio} + \text{Ganancias de calor por carga}$$

y se tendrá el total de frigorías que deben obtenerse en veinticuatro horas. Como quiera que el rendimiento o capacidad de las unidades condensadoras se calcula generalmente a base de un trabajo máximo de dieciséis horas diarias en la época de más calor, a fin de asegurar un buen ciclo de desescarchado en el evaporador (en instalaciones que produzcan temperaturas sobre cero), bastará dividir la cifra total obtenida por 16 y tendremos las frigorías que deberán producirse por hora. Para instalaciones a bajas temperaturas, donde no es posible establecer un ciclo de desescarchado natural, se toma como norma la selección de la unidad condensadora a base de un trabajo de 18 a 20 horas diarias.

Finalmente, con objeto de cubrir todo posible imprevisto, se acostumbra añadir a la cifra obtenida el llamado coeficiente de seguridad, que normalmente puede calcularse en un 10%.

#### **Enfriamiento de líquidos y salmueras.**

Para enfriamiento de baños deben seguirse las mismas normas, respecto a las Ganancias de calor por paredes del tanque, servicio y carga del producto a enfriar, que tratándose de cámaras o armarios frigoríficos.

Un punto debe tenerse en cuenta, o sea, el tiempo en que deberá efectuarse el trabajo de enfriamiento a fin de obtener la media horaria por Ganancias de calor de carga de género (los demás factores —Ganancias de calor por paredes y servicio— corresponden a dieciséis horas de trabajo del compresor) dividiendo el producto por el número de horas de trabajo.

Para calcular el volumen de salmuera necesario para obtener el rendimiento frigorífico deseado, empléese la fórmula siguiente:

$$\frac{\text{Frigorías/hora}}{\text{Densidad salmuera} \times \text{Coeficiente salmuera} \times \text{Diferencia de temperatura}}$$

Cuando se trata de evaporadores con circulación de salmuera, debe tenerse en cuenta también la cantidad de salmuera que deberá circular por dicho serpentín evaporador, y mantener en el tanque una buena reserva de salmuera, que, cuanto mayor sea, redundará en beneficio del trabajo y potencia frigorífica del compresor.

En la tabla 4.1 (pág. 144) se pueden observar las propiedades de los baños de salmuera.

## **Enfriamiento por frigoríferos.**

En primer lugar deben obtenerse las Ganancias de calor por paredes, servicio y carga de género, como si se tratase de una cámara corriente

Entonces, conociendo este dato, será preciso determinar la cantidad de aire a renovar, y, por consiguiente, la capacidad del ventilador necesario. Dicho volumen aire a circular por hora se obtiene por medio de la fórmula siguiente:

$$\frac{\text{Frigorías/hora}}{\text{Diferencia de temperatura de entrada del aire y de salida} \times 1,38 \text{ (peso específico del aire)} \times 0,24 \text{ (calor específico del aire)}} = \text{m}^3/\text{hct.}$$

En una cámara que trabaje a la temperatura de +2°C debe contarse con una diferencia de 4 a 5 grados entre la temperatura del aire a la entrada del evaporador a la salida.

Conocido ya el caudal de aire necesario y el ventilador a emplear, puede deducirse entonces la sección del conducto y de las bocas de descarga, empleando las siguientes fórmulas:

$$\frac{\text{Caudal en m}^3/\text{h}}{3600 \text{ s}} = \text{m}^3/\text{s}$$

$$\frac{\text{m}^3/\text{s}}{5 \text{ m/s}} = \text{m}^2 \text{ de la sección del conducto}$$

(velocidad del aire en el conducto)

$$\frac{\text{m}^3/\text{s por descarga}}{4 \text{ m/s}} = \text{m}^2 \text{ de la sección de cada descarga}$$

(velocidad del aire en la descarga)

La sección de la boca de aspiración debe preverse un 25% mayor que la suma total de las bocas de descarga.

## **Congelación.**

Cuando ya no se trata de la simple conservación de género en tiempo limitado, sino que se requiere la congelación del producto para su almacenamiento durante largos espacios de tiempo, entonces deben tenerse en cuenta los cuatro factores siguientes para el cálculo de Ganancias de calor por carga de géneros:

- a) Calor específico del género sobre cero, o sea, el conocido hasta ahora para su conservación.
- b) Calor específico del género bajo cero.
- c) Calor latente de congelación.
- d) Temperatura de congelación.

Y el cálculo de dichas Ganancias de calor se efectuará de la siguiente manera:

**1º.** Se calculan las Ganancias de calor por enfriamiento hasta cero grados, usando la fórmula de costumbre:

**Kilogramos x [T — t] (diferencia de temperatura de entrada del género hasta 0°C) x Calor específico sobre cero.**

**2º.** Se calcula entonces el calor latente de congelación, como sigue:

**Kilogramos x Calor latente de congelación.**

**3º.** Finalmente, se obtienen las Ganancias de calor por congelación, en la fórmula:

**Kilogramos x Calor específico bajo cero x Diferencia de temperatura de 0°C a la de congelación.**

Los tres productos se suman, y se tendrá el factor total de Ganancias de calor por carga de género en la cámara, que deberá añadirse a los de Ganancias de calor por paredes y uso, siguiendo la forma ya descrita anteriormente para las instalaciones de conservación a temperaturas positivas.

#### **Conservación a baja temperatura de productos congelados.**

En esta clase de instalaciones, en que el género entra ya congelado, no es necesario prever Ganancias de calor de carga por congelación, bastando únicamente tener en cuenta las Ganancias de calor que correspondan a toda posible recuperación del género por no entrar éste a la temperatura existente en la cámara, usando para ello la fórmula siguiente:

**Kilogramos x Calor específico bajo cero x Diferencia de temperatura entre la del género y la de la cámara.**

#### **Velocidad del aire en las instalaciones de congelación.**

La velocidad del aire varía de acuerdo con la clase y espesor del género, así como también según las ideas que sobre el embalaje del producto tenga el usuario, cuando se trata de paquetes congelados. Sin embargo, cuando se requiere una congelación rápida, es necesario circular un fuerte volumen de aire para obtener un aumento de temperatura lo más pequeño posible cuando el aire pasa sobre el producto.

Las velocidades de aire empleadas van desde 2,5 a 16 metros por segundo, y es difícil establecer cuál es la velocidad de más frecuente aplicación. Posiblemente, a la temperatura de -30°C, la velocidad del aire podría considerarse práctica y económica a unos 12 metros por segundo.

Un bloque de filetes de pescado de 7 kg de peso, que tenga un volumen de 6 x 30 x 40 cm, tarda siete horas y media para llegar a una temperatura de -18°C en una corriente de aire de -30°C a la velocidad de 2,5 m/s. Este tiempo de congelación se reduce a cinco horas y media si la velocidad del aire se aumenta hasta 10 m/s, y hasta cuatro horas si el aire pasa a la velocidad de 16 m/s.

## Acondicionamiento de aire.

Las condiciones de bienestar en un local habitado se consiguen por la combinación correcta de la temperatura del aire en dicho local de su humedad relativa y de su desplazamiento. En el gráfico de la figura 7,2 se delimita la zona llamada confortable o de bienestar que va desde 30°C con un 30% de H. R. a 20°C con un 70% de H. R. Por consiguiente, dentro de 25°C/40% H. R 24°C/60% H. R. es donde se encuentra la atmósfera ideal, siendo la velocidad del aire inferior a 0,15 m/s.

Para el cálculo de una instalación de acondicionamiento de aire, el balance térmico debe establecerse teniendo en cuenta los factores siguientes:

- a) **Calor que penetra por las paredes del local.** Esta penetración varía sensiblemente según el espesor de la pared, la naturaleza de los materiales, la orientación de los muros y la importancia de las superficies de cristal. Por consiguiente, cada uno de los muros ha de ser objeto de un cálculo separado en función de las condiciones mencionadas, debiendo también tomarse en consideración suelo y techo.
- b) **Cantidad de renovaciones de aire por hora en el local.** A este factor deberán añadirse también las entradas accidentales de aire (filtraciones, aberturas de puertas, etc.), teniendo en cuenta las condiciones de temperatura y humedad de este proveniente del exterior.
- c) **Calor sensible y latente de los ocupantes del local.** Se cuentan normalmente 90 frigorías/hora en total por una persona en reposo, 115 realizando un trabajo de oficina moderadamente activo y 190 para un trabajo manual ligero.
- d) **Calor emitido por el alumbrado.** Deben incluirse también todos los demás aparatos eléctricos (motores, mesas calientes, hornillos, etc.) existentes en el local, así como cuantas fuentes existan de calor sensible interior.

### CÁLCULO DE INSTALACIONES FRIGORÍFICAS

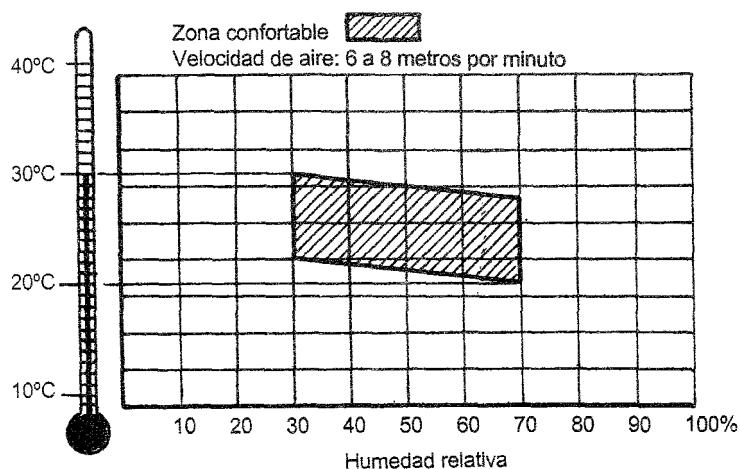


Fig. 7.2 Zona de bienestar.

Resulta bien evidente que el cálculo de una instalación de acondicionamiento de aire, aunque sea de poca importancia, es bastante complejo y sólo puede ser resuelto por ingenieros especialistas, ya que, además de establecer las ganancias de calor de calor, hace falta determinar la cantidad de aire a circular, la velocidad de circulación, calcular las ganancias de calor de carga en los filtros, las baterías de refrigeración y calefacción, los conductos de distribución, etc.

Ahora bien, en los casos de despachos o pequeños departamentos, en los que se instalan los llamados acondicionadores de ventana o de consola, con capacidades que varían entre las 1.500 y 5.000 frigorías/hora, cuya finalidad consiste puramente en rebajar el aire del local en unos 6 a 7 grados, sin considerar el factor de humedad relativa, puede emplearse la fórmula práctica que se expresa en el número 7 de los ejemplos de cálculos frigoríficos.

### **Elección del equipo compresor y evaporador.**

De acuerdo con el dato final obtenido en el cálculo de ganancias de calor, es cuando debe escogerse el modelo de unidad condensadora y evaporador de la capacidad correspondiente para obtener el rendimiento frigorífico necesario.

Entran dos factores en la selección de la unidad condensadora: la presión de aspiración a que debe trabajar de acuerdo con la temperatura a obtener, y la temperatura del medio enfriador en el condensador, es decir, la del ambiente que rodea el condensador en los tipos de aire, o bien la entrada del agua si se trata de un equipo refrigerado por agua.

Conocida la temperatura a mantener dentro del refrigerador, cámara o recipiente, teniendo en cuenta la diferencia que ha de existir entre aquélla y la de evaporación del refrigerante, de acuerdo con el sistema de evaporador a emplearse obtendrá la presión de aspiración a que deberá trabajar el sistema.

Como información de tipo general detallamos en la tabla 7.4 la relación de las diversas presiones de aspiración y temperaturas de ebullición del refrigerante a que debe trabajar normalmente el compresor de acuerdo con el tipo de instalación de que se trate.

La presión de descarga o temperatura de condensación tiene un efecto semejante en la capacidad de la máquina, y está determinada, naturalmente, por la superficie del condensador y por la temperatura del agente de enfriamiento (aire o agua) que actúa sobre el mismo. Las tablas de capacidades de los fabricantes de compresores frigoríficos ya señalan las temperaturas en que se han basado para obtener dichos rendimientos, y únicamente deberá tenerse en cuenta si existe alguna variación que sea en aumento de dicha temperatura base para establecer proporcionalmente la pérdida o aumento de rendimiento. Normalmente, dichas condiciones de condensación son:

32°C de ambiente, en los condensadores de aire, que corresponden a una temperatura de condensación de 45°C aproximadamente.

19°C de entrada de agua y 32°C a la salida, en los de agua, correspondiendo a una temperatura de condensación de 35°C. En las instalaciones empleando condensadores evaporativos o torres de agua para recuperar el agua de condensación la temperatura de condensación es de 40°C.

Conocidos ya estos datos (presión de aspiración y temperatura del agente enfriador en el condensador), bastará buscar la unidad condensadora que bajo dicha régimen de trabajo dé el número de frigorías por hora previamente determinado.

Para fijar el tipo de evaporador que corresponda y superficie del mismo, deberán seguirse las normas en el apartado de «Evaporadores» se especifican, atendiendo al número de frigorías que se precisan.

Y, finalmente, si se trata de un sistema con aire forzado, deberá escogerse el tipo de ventilador adecuado, de acuerdo con el caudal de aire que resulte de las fórmulas y condiciones anteriormente expresadas.

**Tabla 7.4 Temperaturas de refrigerantes en el evaporador y presiones de aspiración manométricas expresadas en lb/pulg<sup>2</sup> en las instalaciones más corrientes.**

INSTALACIONES	Temperatura media del refrigerante	REFRIGERANTES				
		CFC			HFC	
		R-12	R-22	R-502	R-134a	R-404-
Acondicionamiento de aire por expansión directa	+ 3°C	30	66	78	33	81
Enfriamiento de agua y líquidos	- 3°C	25	50	61	24	65
Unidades de deshielo automático	- 6°C	21	44	54	20	57
Cámaras de servicio + 2 a - 2°C	- 10°C	17	37	45	15	48
Serpentines para hacer cubitos de hielo	- 12°C	15	33	42	12	44
Congeladoras de hielo en salmuera	- 18°C	9	24	31	6	33
Almacenaje de helados y artículos congelados	- 22°C	6	18	25		26
Congelación normal	- 28°C	1	12	18	—	18
Congelación rápida	- 40°C		1	5	—	5

## EJEMPLOS

Resumiendo las fórmulas indicadas en los apartados anteriores, a continuación se citan varios ejemplos que darán una idea bien clara de la forma de efectuar el *cálculo* de una instalación frigorífica.

### EJEMPLO N.<sup>o</sup> 1. —

Se trata de calcular la instalación destinada al enfriamiento de una cámara para conservación de carne de cordero, siendo los datos conocidos:

*Medidas exteriores de la cámara: 3 X 2 X 2,70 m.*

*Espesor del aislamiento de corcho: 10 centímetros.*

*Temperatura a obtener: + 3° C.*

*Temperatura máxima ambiente exterior: + 30° C.*

*Entrada de género al día: 300 kilos.*

Obtenida la superficie de la cámara como sigue:

$$3,00 \times 2,00 = 6,00$$

$$2,00 \times 2,70 = 5,40$$

$$2,70 \times 3,00 = \underline{8,10}$$

$$19,50 \times 2 = 39 \text{ m}^2$$

Se efectuará el correspondiente cálculo de Ganancias de calor por paredes, a saber:

39 metros cuadrados (superficie cámara) x 0,5 (coeficiente aislamiento) x 27 °C (diferencia temperatura) x 24 horas = 12.636 frigorías/día.

Se calculan las Ganancias de calor por Ganancias de calor de uso:

$$25 \% \text{ sobre } 12\,636 \text{ frigorías} = 3.159 \text{ frigorías/día.}$$

Viene ahora el cálculo de Ganancias de calor por carga, que, siguiendo la fórmula establecida, se logra así:

300 kilos carne x 0,81 (calor específico del carnero sobre 0° C) x 27°C (diferencia temperatura) = 6.561 frigorías/día.

Se suman los tres productos obtenidos, hallándose un total de 22.356 frigorías, que dividiéndolas por diecisésis horas, tiempo máximo de trabajo que debe concederse al compresor, tendremos la cifra de 1.397 frigorías, a la que añadiremos el 10 % de coeficiente de seguridad, para resultar en 1.536 las frigorías que deberán producirse por hora correspondientes a 1.785 vatios, de acuerdo con las actuales normas SI.

Siendo de + 3° C la temperatura a obtener en el interior de la cámara, y calculando en 10°C la diferencia con la temperatura de ebullición del refrigerante (ya que vamos a emplear un evaporador de expansión directa, de tubos con aletas tipo seco), ésta deberá ser de -7°C, por lo que tendrá que buscarse una unidad condensadora que, utilizando el nuevo refrigerante R-134a, a una temperatura de evaporación de -7°C, cubra dicha capacidad.

Respecto al evaporador, conocemos cuatro datos: temperatura a obtener temperatura de evaporación, el coeficiente K ([tabla 4.2, pág. 146](#)) y la capacidad en frigorías-hora, necesitando ahora saber el quinto dato, o sea, la superficie del evaporador, que encontraremos empleando la conocida fórmula:

$$S = \frac{1536 \text{ frigorías/hora}}{10^\circ\text{C} (\text{dif. temperatura}) \times 6 (\text{coeficiente K})} = 25,60 \text{ m}^2$$

Debemos, por consiguiente, buscar un evaporador de esta superficie para obtener el rendimiento señalado, teniendo siempre en cuenta que su longitud esté relacionada con las dimensiones de la planta, es decir, dándole en todo caso mayor o menor anchura, siempre dentro de la superficie de radiación necesaria.

**El mismo ejemplo de cálculo empleando las tablas 7.5 y 7.6.** Para obtener una solución más abreviada a base de emplear las tablas 7.5 y 7.6 que más adelante se exponen, se da a continuación una muestra de su uso.

*Ganancias de calor por paredes:*

Se busca en la tabla 7.5 la conjunción de los 39 m<sup>2</sup> de superficies con la diferencia de 27°C, y contando que la cámara tendrá un aislamiento de 10 cm, se obtienen

790 frigorías/hora

*Ganancias de calor por uso:*

Empleando el 25% establecido sobre la anterior cifra, resultan

198 frigorías/hora

*Ganancias de calor por carga:*

Empleando ahora la tabla 7.6, y buscando la conjunción de los 27 °C de diferencia con el coeficiente 0,81 (calor específico de la carne de carnero) tendremos

392 frigorías/hora

Cuyos valores sumados ascienden a

1.380 frigorías/hora

A las que se añade el 10% de seguridad

138 frigorías/hora

Con lo que las Ganancias de calor totales serán de

1.518 frigorías/hora

que coinciden con el cálculo anteriormente efectuado.

Si se quieren emplear para una orientación más rápida los valores establecidos en la tabla 7.7, se verá que en la cámara allí indicada de 13 m<sup>3</sup> (la que corresponde al anterior cálculo tiene un volumen de 12 m) con una superficie exterior de 40 m<sup>2</sup>, las Ganancias de calor totales resultantes son de 1.635 frigorías/hora, que encajan con las cifras obtenidas anteriormente, y sirve para enfocar rápidamente el problema de la capacidad frigorífica del equipo necesario para esta instalación.

## EJEMPLO N.º 2.

Trataremos ahora de calcular una instalación para bar, que ha de constar de una nevera para botellería y diversos víveres, y de un tanque para serpentines de líquidos. Las características de esta instalación serán:

NEVERA:

*Dimensiones exteriores:*       $2 \times 1 \times 2$  m.

*Espesor del aislamiento de corcho:* 10 cm.

*Temperatura a obtener:*      +5°C.

*Temperatura máxima del ambiente:* +30°C.

*Entrada de género al día.:*      50 kilogramos de botellería.

20 kilogramos fiambres y pescado.

TANQUE DE LÍQUIDOS:

*Dimensiones exteriores:*       $0,80 \times 0,40 \times 0,80$  m.

*Espesor del aislamiento de corcho:* 10 cm.

*Temperatura a obtener:*      +5°C.

*Temperatura máxima del ambiente:* +30°C.

*Consumo:*      Durante el día hay seis horas de consumo fuerte, en las que se despachan 50 litros de cerveza y 50 litros de agua.

CÁLCULO DE CARGA DE LA NEVERA:

$$\begin{array}{rcl} \text{Superficie:} & 2 \times 1 = 2 \\ & 1 \times 2 = 2 \\ & 2 \times 2 = 4 \\ \hline & 8 \times 2 = 16 \text{ m}^2 \end{array}$$

*Ganancias de calor por paredes:*

$$16 \times 0,5 \times 25 \times 24 = 4.800 \text{ frigorías/día}$$

*Ganancias de calor por uso:*

$$40\% \text{ sobre } 4.800 \text{ frigorías} = 1.920 \text{ frigorías/día}$$

*Ganancias de calor por carga:*

$$\begin{array}{rcl} 50 \text{ litros de botellería} & \times 0,90 \times 25.. & = 1.125 \text{ frigorías/día} \\ 20 \text{ kilogramos de viandas} & \times 0,70 \times 25 & = 350 \text{ frigorías/día} \\ \hline & & 8.195 : 16 \text{ horas} = 513 \text{ frigorías/hora} \end{array}$$

## CÁLCULO DEL TANQUE DE LÍQUIDOS:

Superficie:  $0,80 \times 0,40 = 0,32$   
 $0,40 \times 0,80 = 0,32$   
 $0,80 \times 0,80 = 0,64$   
 $1,28 \times 2 = 2,56 \text{ m}^2$

Ganancias de calor por paredes:

$$2,56 \times 0,50 \times 25 \times 24 = 760 \text{ frigorías/día}$$

Ganancias de calor por uso:

$$10\% \text{ sobre } 768 \text{ frigorías} = 76 \text{ frigorías/día}$$

$$844 : 16 \text{ horas} = 53 \text{ frigorías/hora}$$

Ganancias de calor por carga:

$$\begin{array}{rcl} 50 \text{ litros de cerveza} \times 0,90 \times 25 & = 1.125 \text{ frigorías/día} \\ 20 \text{ litros de agua} \times 1 \times 22 & = 1.100 \text{ frigorías/día} \\ \hline & & 2.225 : 6 \text{ horas} = 371 \text{ frigorías/hora} \end{array}$$

Ganancias de calor del tanque de líquidos = 424 frigorías/hora

Tenemos, pues, unas Ganancias de calor totales de 937 frigorías por hora ( $513 + 424$ ), a las que añadiremos el 10% de coeficiente de seguridad, resultando 1.030, en definitiva, las frigorías que deben obtenerse por hora para el enfriamiento de la nevera y tanques de líquidos (o bien, 1.195 vatios en unidades del SI).

En primer lugar, escogeremos la unidad condensadora que dé los vatios citados a una temperatura de evaporación de  $-5^\circ\text{C}$ , utilizando naturalmente el actual refrigerante R-134a.

En esta instalación necesitaremos dos evaporadores: uno de tubo y aletas para la nevera y otro de serpentín para el tanque. Siendo preciso obtener en la nevera frigorías/hora, deduciremos la superficie del evaporador necesario como sigue:

$$\frac{513 \text{ frigorías/hora}}{10^\circ\text{C} \text{ (dif. temperatura)} \times 6 \text{ (coeficiente K)}} = 8,55 \text{ m}^2$$

En cuanto al serpentín para el tanque de líquidos, que debe producir 424 frigorías/hora, obtendremos la superficie de evaporador usando la misma fórmula:

$$\frac{424 \text{ frigorías/hora}}{10^\circ\text{C} \text{ (dif. temperatura)} \times 60 \text{ (coeficiente K)}} = 0,70 \text{ m}^2$$

debiendo obtener la cantidad de metros de tubo de cobre necesaria para dicho serpentín de la manera siguiente:

Empleando tubo de  $\frac{1}{2}''$  (10 a 12 milímetros) de diámetro:  $\frac{0,70 \text{ m}^2}{0,04 \text{ m}^2 \text{ (superficie tubo } \frac{1}{2}''\text{)}} = 17,5 \text{ m lineales}$

Empleando tubo de  $\frac{5}{8}''$  (14 a 16 milímetros) de diámetro:  $\frac{0,70 \text{ m}^2}{0,050 \text{ m}^2 \text{ (superficie tubo } \frac{5}{8}''\text{)}} = 14 \text{ m lineales.}$

### EJEMPLO N.º 3.

Se trata de calcular una instalación destinada al enfriamiento de un baño de salmuera para circular por una cortina de refrigeración de leche por la que pasarán 5.000 litros durante tres horas al día, y al propio tiempo enfriar una cámara para la conservación de la leche ya enfriada.

Se toman los datos pertinentes, que son:

#### ENFRIAMIENTO DE LA LECHE

*Temperatura del agua.* +20°C.

*Temperatura a obtener en la salmuera:* -10°C.

*Temperatura de la salmuera a la salida de la cortina:* -5°C.

*Temperatura del aire ambiente:* +30°C.

*Temperatura de entrada de la leche a la sección de salmuera de la cortina:* +24°C.

*Temperatura de salida de la leche en la cortina:* +4°C.

#### CÁMARA DE CONSERVACIÓN

*Dimensiones exteriores:* 5 x 3 x 2,70 m.

*Espesor del aislamiento de corcho:* 15 cm.

*Temperatura a obtener:* +4°C.

*Temperatura del aire ambiente:* +30°C.

*Temperatura de entrada de la leche:* +4°C.

Para el enfriamiento de la leche necesitamos:

$$5000 \text{ litros} \times 20 \text{ (diferencia de temperatura de entrada y salida de la leche en la cortina)} \times 0,93 \text{ (calor específico)} = \frac{93\,000}{3 \text{ horas}} = 31\,000 \text{ frigorías/hora.}$$

Teniendo en cuenta que el enfriamiento de la salmuera en el tanque se efectuará por acumulación, calcularemos la capacidad de éste de la siguiente manera:

Si deducimos ahora de las 93.000 frigorías por día necesarias las que obtendremos del equipo frigorífico durante las tres horas de paso de leche por la cortina (o sea:  $5.813 \times 3$ ), nos quedarán:

$$93.000 - 17.439 = 75.561 \text{ frigorías/día}$$

que deben acumularse en el tanque, y finalmente para obtener la cantidad de salmuera que aquél debe contener:

$$\frac{75\,561}{5} = 15\,112 \text{ litros en el tanque}$$

siendo 5 la diferencia de temperatura de la salmuera entre la salida y regreso al tanque.

$$\frac{93\,000 \text{ frigorías/día}}{16 \text{ horas}} = 5813 \text{ frigorías/hora evaporando a } -15^\circ\text{C.}$$

Necesitamos, pues, un tanque de 16.000 litros, cuyas medidas pueden ser:

	Interior	Exterior
Ancho .....	5,00 metros	5,30 metros
Fondo .....	3,20 metros	3,50 metros
Alto .....	1,00 metros	1,30 metros
Aislamiento, 15 cm		

Efectuaremos ahora el cálculo de las ganancias de calor de este tanque:

*Superficie:*

$$\begin{aligned} 5,30 \times 3,50 &= 18,55 \\ 3,50 \times 1,30 &= 4,55 \\ 1,30 \times 5,30 &= \underline{\underline{6,89}} \\ 29,99 \times 59,98 \text{ m}^2 & \end{aligned}$$

*Ganancias de calor por paredes:*

$$59,98 \times 40 \times 0,33 \times 24 = 19.001 \text{ frigorías/día}$$

*Ganancias de calor por uso:*

$$\begin{array}{r} 20\% \text{ de la cifra anterior .....} \\ \hline 22\,801 \\ 3\,800 : 16 = 1425 \text{ frigorías/hora} \end{array}$$

Añadiendo ahora las Ganancias de calor en frigorías/hora para enfriamiento de la leche a las del tanque tendremos la capacidad total necesaria para el citado enfriamiento, a saber:

Ganancias de calor para el enfriamiento de la leche ..... 5.813 frigorías/hora

Ganancias de calor del tanque ..... 1.425 frigorías/hora  
..... ..... ..... 7.238 frigorías/hora

10% margen seguridad ..... ..... ..... 723  
..... ..... ..... Total ..... ..... ..... 7.961 frigorías/hora, evaporando a  
-15°C equivalentes a 9.255  
vatio en unidades del SI

Para deducir el serpentín evaporador destinado al enfriamiento de dicha salmuera se efectuará el siguiente cálculo:

$$\frac{7961 \text{ frigorías/hora}}{6^\circ\text{C} (\text{diferencia temperatura}) \times 124 (\text{coeficiente K})} = 10,7 \text{ m}^2$$

que equivalen a:

$$\frac{10,7 \text{ m}^2}{0,05 (\text{superficie tubo de } \frac{5}{8}''')} = 214 \text{ m de tubo de } \frac{5}{8}'' (14 \text{ a } 16 \text{ mm}) \text{ de diámetro}$$

contando con una agitación de 12 metros por minuto y con el serpentín trabajando en régimen inundado con colectores.

La capacidad de la bomba de salmuera necesaria para el trasiego de la misma, desde el tanque a la cortina, se calcula como sigue:

$$\frac{31\,000 \text{ frigorías/hora}}{5} = 6200 \text{ litros/hora} \quad (\text{diferencia de temperatura de la salmuera a la entrada y salida del tanque})$$

buscándose, pues, la bomba que dé este caudal a una altura manométrica de 5 m.

Las ganancias de calor de la cámara de conservación se calculan por el procedimiento normal, sin contar las ganancias de calor por carga de género, ya que la leche se considera entrará ya enfriada a la temperatura de 4°C que se mantendrá en el interior de la cámara. El evaporador puede ser del tipo corriente de tubo y aletas.

Pueden emplearse, y casi es más recomendable, dos compresores, uno para el tanque de salmuera y otro para la cámara; pero si se desea instalar una sola máquina para cubrir ambos servicios, deberán, naturalmente, sumarse las Ganancias de calor resultantes y buscar el equipo compresor correspondiente a esta capacidad total.

#### EJEMPLO N.º 4.

Se trata de enfriar una cámara provista de antecámara, destinada a la conservación de manzanas.

Los datos conocidos son:

*Dimensiones exteriores:* 8,30 X 4,30 x 3,00 m.

*Espesor del aislamiento de corcho:* 15 cm.

*Temperatura a obtener:* +3°C.

*Temperatura máxima del ambiente:* +32°C.

*Entrada de género máxima por día:* 3.000 kg.

#### CÁLCULO DE GANANCIAS DE CALOR

*Superficie:*

$$\begin{aligned} 8,30 \times 4,30 &= 35,69 \\ 4,30 \times 3,00 &= 12,90 \\ 3,00 \times 8,30 &= 24,90 \\ \hline 73,49 \times 2 &= 146,98 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

*Ganancias de calor por paredes:*

$$146,98 \times 0,33 \times 29 \times 24 = 33.758 \text{ frigorías/día}$$

*Ganancias de calor por uso:*

$$15\% \text{ sobre } 33.758 \text{ frigorías} = 5.063 \text{ frigorías/día}$$

*Ganancias de calor por carga:*

$$3.000 \times 0,92 \times 29 = 80.040 \text{ frigorías/día}$$

*Ganancias de calor por reacción de la fruta:*

$$3.000 \times 0,41 = 1.230 \text{ frigorías/día}$$

*Ganancias de calor por renovación de aire:*

$$\begin{aligned} 86,4 \text{ m}^3 \times 4 \times 20 &= 6.912 \text{ frigorías/día} \\ \hline 127.003 \text{ frigorías/día} &= 7.937 \text{ frigorías/hora} \\ 16 \text{ horas} & \end{aligned}$$

Parcial anterior	7.937 frigorías/hora
------------------	----------------------

*Ganancias de calor del ventilador:*

$$\begin{array}{l}
 1 \text{ CV} \times 632 = \underline{\hspace{2cm}} \quad 632 \text{ frigorías/hora} \\
 \qquad \qquad \qquad \underline{\hspace{2cm}} \quad 8.569 \text{ frigorías/hora} \\
 10\% \text{ margen de seguridad} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 856 \text{ frigorías/hora} \\
 \qquad \qquad \qquad \underline{\hspace{2cm}} \quad 9.425 \text{ frigorías/hora} \\
 \text{TOTAL:} \quad \underline{\hspace{2cm}}
 \end{array}$$

equivalentes a 10.950 vatios en unidades del SI.

Deberá buscarse el compresor de dicha capacidad evaporando a -5°C (o sea, con 8 grados de diferencia, ya que trabajaremos con evaporador de aire forzado, a base de frigorífero) y a la presión de aspiración de 21 libras correspondiente al R-134a empleado como refrigerante en este caso.

Como evaporador se empleará un elemento de la superficie adecuada, que puede calcularse como sigue:

$$\frac{9425 \text{ frigorías/hora}}{8 \times 18} = 65 \text{ m}^2$$

(dif. temp.) (coef. K)

Para el cálculo del ventilador necesario seguiremos la fórmula:

$$\frac{9425 \text{ frigorías/hora}}{4 \times 1,38 \times 0,24} = 7140 \text{ m}^3/\text{h}$$

Con un ventilador de este caudal se obtendrán unas 80 recirculaciones por hora (7.410 m<sup>3</sup>/hora : 86,4 m<sup>3</sup> cámara), o sea, que el volumen de aire de la cámara será removido una vez y media aproximadamente por minuto, lo cual entra dentro de las normas de orden práctico, sobre circulación de aire en el interior de una cámara.

## EJEMPLO N.º 5.

En este caso se trata de una cámara destinada a la congelación de pollería por aire forzado, de las características siguientes:

*Dimensiones exteriores: 3,50 X 2 X 2,50 m.*

*Espesor del aislamiento de corcho: 20 cm.*

*Temperatura a obtener: -25°C.*

*Temperatura de entrada del género preenfriado: 0°C.*

*Cantidad a congelar por día: 300 kg.*

*Temperatura máxima del ambiente: 30°C.*

### CÁLCULO DE GANANCIAS DE CALOR

*Superficie:*

$$\begin{aligned} 3,50 \times 2,00 &= 7,00 \\ 2,00 \times 2,50 &= 5,00 \\ 2,50 \times 3,50 &= 8,75 \\ 20,75 \times 2 &= 41,50 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

*Ganancias de calor por paredes:*

$$41,50 \times 0,25 \times 55 \times 24 = 13.695 \text{ frigorías/día}$$

*Ganancias de calor por uso:*

$$25\% \text{ sobre } 13.695 \text{ frigorías} = 3.423 \text{ frigorías/día}$$

*Ganancias de calor por congelación:*

(No deben contarse las ganancias de calor hasta cero grados, puesto que el género ya entra previamente enfriado a esta temperatura.)

$$300 \text{ kg} \times 59 \text{ (calor latente de congelación)} = 17.700 \text{ frig./día}$$

$$\begin{aligned} 300 \text{ kg} \times 0,42 \text{ (calor específico bajo cero)} \times 25 \\ (\text{diferencia de temperatura de } 0^\circ\text{C a } -25^\circ\text{C}) &= 3.150 \text{ frig./día} \\ \dots &= \frac{37.968 \text{ frigorías/día}}{16 \text{ horas}} = 2.373 \text{ frigorías/hora} \end{aligned}$$

*Ganancias de calor del motor del ventilador:*

$$632 : 0,5 \text{ CV} = 316 \text{ frigorías/hora}$$

$$10\% \text{ margen de seguridad} = 268 \text{ frigorías/hora}$$

$$\text{TOTAL:} = 2.957 \text{ frigorías/hora}$$

*(3440 vatios en unidades del SI)*

Debemos buscar entonces el compresor adecuado que, trabajando en este caso con el R-404A, obtenga las 2.957 frigorías/hora evaporando a -31°C ( $-25^{\circ}\text{C}$  más  $6^{\circ}\text{C}$  de diferencia entre la temperatura del refrigerante y la que se obtendrá en la cámara), que corresponden con dicho refrigerante a la presión de aspiración de una pulgada de vacío.

Para el evaporador escogeremos el sistema de aire forzado con frigorífero. La superficie del evaporador se calculará como sigue:

Con este ventilador se obtendrán unas 215 recirculaciones por hora ( $2.240 \text{ m}^3$  por hora:  $10,4 \text{ m}^3$  cámara), o sea, que el volumen de aire de la cámara será removido tres veces y media aproximadamente por minuto, equivalente a una velocidad de cerca de tres metros por segundo sobre el género, recomendable para instalaciones de congelación. Aumentando esta velocidad se obtendría, naturalmente, una mayor rapidez de congelación.

## EJEMPLO N.º 6.

Se desea aquí enfriar una cámara destinada a la conservación de helados de corte, de las características siguientes:

*Dimensiones exteriores: 4,00 x 2,50 X 2,50 m.*

*Espesor del aislamiento de corcho: 20 cm.*

*Temperatura a obtener: -20°C.*

*Temperatura de entrada del helado: -20°C.*

*Temperatura máxima del ambiente: 30°C.*

### CÁLCULO DE GANANCIAS DE CALOR

*Superficie.:*

$$\begin{aligned} 4,00 \times 2,50 &= 10,00 \\ 2,00 \times 2,50 &= 5,00 \\ 2,50 \times 4,00 &= 10,00 \\ \hline 25,00 \times 2 &= 50 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

*Ganancias de calor por paredes:*

$$50 \times 0,25 \times 50 \times 24 = 15.000 \text{ frigorías/día}$$

*Ganancias de calor por uso:*

$$25\% \text{ sobre } 15\,000 \text{ frigorías} = 3.750 \text{ frigorías/día}$$

*Ganancias de calor por carga:*

Por posible recuperación del helado que entre a

$$\begin{aligned} -15^\circ\text{C}: 300 \text{ kg} \times 0,40 \times 5 &= 600 \text{ frigorías/día} \\ \hline & \frac{19.350 \text{ frigorías/día}}{16 \text{ horas}} = 1.209 \text{ frigorías/hora} \end{aligned}$$

*Ganancias de calor del motor del ventilador:*

$$\begin{aligned} 632 \times 0,25 \text{ CV} &= 158 \text{ frigorías/hora} \\ \dots \dots \dots 10\% \text{ de margen de seguridad} &= 136 \text{ frigorías/hora} \\ \text{TOTAL:} &= 1.503 \text{ frigorías/hora} \\ & (1.745 \text{ vatios en unidades del SI}) \end{aligned}$$

Considerando el empleo del nuevo refrigerante R-404A deberá buscarse un compresor cuya capacidad sea de 1745 vatios, que corresponden a las 1503 frigorías/hora que totaliza el cálculo, evaporando a -26°C (-20°C más 6°C de diferencia). Para calcular el evaporador bajo el sistema de aire forzado con frigorífero, necesitaremos una batería de tubo y aletas de la siguiente superficie:

$$\frac{1503 \text{ frigorías/hora}}{6 \times 16} = 15,65 \text{ m}^2 \quad \frac{153 \text{ frigorías/hora}}{4 \times 1,38 \times 0,24} = 1138 \text{ m}^3/\text{hora}$$

y el ventilador necesario será de: