

## Fuentes de agua refrigerada

Estos aparatos, especialmente concebidos para el enfriamiento de agua para beber, se presentan generalmente bajo la forma de muebles metálicos contruidos bajo el estilo de armarios domésticos de pequeña capacidad (fig. 6.7).

El aparato constituye un monobloque con el grupo frigorífico emplazado en el interior del mueble. El serpentín donde se enfría el agua es de cobre estañado en la mayoría de los casos exterior e interiormente, y el serpentín refrigerante es de cobre estañado sólo exteriormente. Estos dos serpentines están soldados entre sí y el enfriamiento directo, de metal a metal, es muy eficaz. El conjunto está insertado dentro de un fuerte aislamiento.

En ocasiones, el enfriamiento indirecto del serpentín enfriador se obtiene por mediación de un líquido incongelable en el que está insertado el serpentín refrigerante y el serpentín enfriador. El pre-enfriador trabaja a contra-corriente y está formado por un intercambiador de calor con dos tubos concéntricos: el agua que se evacúa de la fuente enfría el agua de alimentación.

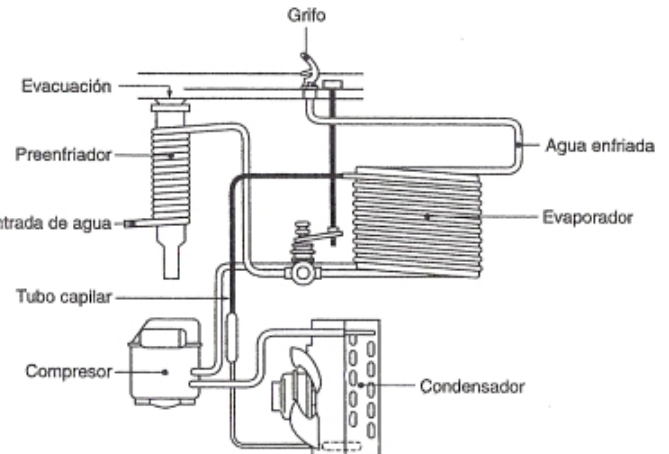


Figura 6.7. Esquema del principio de un enfriador de agua.

La regulación del caudal del fluido frigorígeno se efectúa generalmente por medio de un tubo capilar. El reglaje de la temperatura del agua se efectúa por medio de un termostato. El tiro de agua se realiza en forma de chorro inclinado merced a un grifo automático de presión con pulsador. Estos aparatos enfrían el agua desde +25 a +10°C, con un consumo de 15 a 80 litros por hora, de acuerdo con la capacidad del enfriador.

## El enfriamiento del agua

### □ Datos para el cálculo de un serpentín enfriador de agua

Se trata de enfriar 360 litros de agua por hora desde +30 a +12°C por medio de un serpentín de tubo de cobre o de acero inoxidable 12/14. Este serpentín se halla sumergido en un baño de líquido que se mantiene a +5 o a 0°C. Este baño líquido se mantiene en el tanque a temperatura uniforme gracias a la acción de un agitador. La diferencia de temperatura entre la entrada y la salida del agua es: 30 - 12 = 18°C.

$$\text{Frío necesario: } \phi_0 = \frac{m}{t} \cdot C \cdot \Delta\theta$$

$$\text{o sea: } \frac{360}{3600} \times 4,185 \times 18 \times 10^3 = 7533 \text{ W}$$

$$\text{Temperatura media del agua: } \frac{30 + 12}{2} = 21^\circ\text{C}$$

Tubo de 12 x 14, superficie por metro:  $A = 0,014 \times 3,14 = 0,044 \text{ m}^2$ .

Coeficiente de transmisión de calor  $K = 290 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

Determinación de la longitud del serpentín en los dos casos.

**Primer caso.** Líquido a +5°C.

Diferencia entre la temperatura media del agua y del baño:

$$21 - 5 = 16^{\circ}\text{C}.$$

$$\text{Superficie del serpentín: } A = \frac{7\,533}{290 \times 16} = 1,62 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud del serpentín: } L = \frac{1,62}{0,044} = 36,90 \text{ m}$$

**Segundo caso.** Líquido a 0°C.

Diferencia entre la temperatura media del agua y del baño:

$$21 - 0 = 21^{\circ}\text{C}.$$

$$\text{Superficie del serpentín: } A = \frac{7\,533}{290 \times 21} = 1,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud del serpentín: } L = \frac{1,24}{0,044} = 28,20 \text{ m}$$



#### ❑ **Enfriamiento del agua para beber**

Se lleva a cabo generalmente dentro de un baño de agua dulce que se mantiene a la temperatura de +2 o +3°C. La temperatura de evaporación se halla situada entre -8 y -10°C, lo que permite mantener en el evaporador una débil capa de hielo.

Esta capa no debe sobrepasar de 0,5 a 1 cm de espesor, ya que de hacerlo constituiría un aislamiento térmico.

En estas condiciones, el serpentín de agua debe necesariamente calcularse con un coeficiente de intercambio térmico de 70 a 80 W/m<sup>2</sup> • K.

#### ❑ **Cálculo rápido y aproximado de una pequeña instalación**

Enfriamiento de 72 litros de agua para beber en una hora desde +21 a +7°C en un baño de agua dulce a +2°C.

Temperatura de evaporación del fluido frigorígeno: -5°C

Dimensiones del tanque de agua dulce: 70 x 60 x 50 cm

Aislamiento normal protegido exteriormente. Conociendo el volumen del tanque y su aislamiento, se pueden valorar las pérdidas por paredes en 58 W.

- Calcular la longitud del serpentín de agua para beber.
- Calcular la longitud del serpentín evaporador.
- Calcular la potencia aproximada del grupo compresor.

## Potencia frigorífica necesaria para el enfriamiento de agua

$$\phi_0 = \frac{m}{t} C \Delta \theta \times 10^3 \text{ W}$$

$\phi$ : Potencia en vatios.

$m$ : Masa de agua a enfriar en kg.

$C$ : Capacidad térmica específica del agua en kJ/kg • K.

$\theta_e$ : Temperatura de entrada del agua al enfriador.

$\theta_s$ : Temperatura de salida del agua del enfriador.

$t$ : Tiempo de enfriamiento en segundos.

$$\phi = \frac{72}{3\,600} \times 4,185 \times (21 - 7) \times 10^3 = 1\,172 \text{ W}$$

## Cálculo del serpentín de agua para beber

Teniendo en cuenta la diferencia entre la temperatura del agua del enfriamiento y la temperatura de evaporación del fluido frigorígeno, se puede utilizar un coeficiente de transmisión  $K = 77 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  (véase la tabla 6.6).

Por otra parte, el agua para beber tiene una temperatura media de:

$$\theta_m = \frac{21 + 7}{2} = 14^\circ\text{C}$$

La diferencia media  $\Delta\theta_m$  con el agua de enfriamiento a  $\theta = +2^\circ\text{C}$  es, por consiguiente, de  $12^\circ\text{C}$ . De acuerdo con la fórmula tenemos:

$$A = \frac{\phi}{\Delta\theta_m}$$

Superficie del serpentín de agua para beber:  $A = \frac{1\,172}{77 \times 12} = 1,268 \text{ m}^2$



Si utilizamos tubo liso con un diámetro exterior de 14 mm, cuya superficie es de  $0,044 \text{ m}^2$  por metro, la longitud del serpentín será:

$$L = \frac{1,268}{0,044} = 28,83 \text{ m}$$

Si utilizamos tubo liso con un diámetro exterior de 14 mm, cuya superficie es de  $0,044 \text{ m}^2$  por metro, la longitud del serpentín será:

El compresor ha de permitir:

- |    |  |               |
|----|--|---------------|
| a) | Bajar la temperatura de 72 litros de agua desde 21 a $7^\circ\text{C}$ , | o sea 1.172 W |
| b) | Compensar las pérdidas por las paredes,                                  | o sea 58 W    |

Deberá tener una potencia de	1.230 W
a su régimen de trabajo.	

## Cálculo del serpentín evaporador

Para rebajar el agua del tanque de enfriamiento a la temperatura de +2°C, hemos admitido una temperatura de evaporación de -5°C; la diferencia de temperatura es de -5 a + 2°C = 7°C. Podemos admitir un coeficiente  $K = 70 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

Tendremos igualmente:  $A = \frac{Q}{K(\theta - \theta_0)}$ , o sea:

superficie del serpentín evaporador:  $A = \frac{1\,230}{70 \times 7} = 2,51 \text{ m}^2$

$\theta$ : temperatura del baño de agua.

$\theta_0$ : temperatura de evaporación.

Si utilizamos el mismo tubo que para el agua de beber, la longitud del serpentín evaporador será:  $L = 2,51/0,044 = 57,05 \text{ m}$

## Compresor

En lo que se refiere a la potencia del compresor, sabemos que debe suministrar 1.230 W. No siendo el cálculo riguroso, se puede tomar un margen de seguridad del 10%. Por consiguiente, se necesitará un compresor que tenga la capacidad siguiente:

$$1\,230 + \frac{1\,230 \times 10}{100} = 1\,353 \# 1\,350 \text{ W}$$

a la temperatura de evaporación de -5°C y a la temperatura ambiente del lugar donde el grupo se emplace.

□ **Cantidad de metros de tubo -de cobre o acero galvanizado- necesarios para transmitir 116 W**

**Tabla 6.5. Líquidos agitados mecánicamente**

Temperatura líquido °C	Temperatura evaporación °C	Coeficiente transmisión: K W/m²K	Dimensión en pulgadas y milímetros					
			Tubo de cobre					Tubo de acero 1" 26x34mm
			3/8" 7,5x9,5	1/2" 10,9x12,7	5/8" 14,1x15,9	3/4" 17x19	25x30 mm	
18	3	209	1,22	0,89	0,76	0,61	0,41	0,35
15	3	200	1,55	1,16	0,90	0,79	0,48	0,45
12	3	193	2,08	1,54	1,25	1,05	0,67	0,61
10	2	185	2,65	2,00	1,60	1,32	0,87	0,77
7	0	178	2,95	2,25	1,75	1,46	0,94	0,87
4	-2	170	3,35	2,52	2,04	1,68	1,10	0,96
2	-5	162	4,15	3,10	2,45	2,06	1,32	1,18
2	-7	151	2,65	2,00	1,60	1,32	0,87	0,77
1	-9	151	3,10	2,32	1,88	1,55	1,02	0,91
-4	-12	140	3,52	2,64	2,12	1,80	1,15	1,03
-7	-14	132	4,00	3,02	2,42	2,03	1,28	1,15
-9	-16	129	4,42	3,30	2,68	2,25	1,42	1,26
-12	-18	124	5,00	3,76	3,05	2,50	1,90	1,42
-15	-21	117	5,80	4,40	3,52	2,90	2,04	1,68
-18	-23	110	6,90	5,22	4,20	3,51	2,26	2,00
-21	-25	102	9,60	7,22	5,74	4,80	3,10	2,76
-23	-27	94	12,20	9,14	7,25	6,10	3,92	3,48

Tabla 6.6. Líquidos no agitados mecánicamente y sin acumulación de hielo en el enfriamiento de agua

Temperatura líquido °C	Temperatura evaporación °C	Coeficiente transmisión: K	Dimensión en pulgadas y milímetros					
			Tubo de cobre					Tubo de acero 1" 26x34mm
		W/m <sup>2</sup> K	3/8" 7,5x9,5	1/2" 10,9x12,7	5/8" 14,1x15,9	3/4" 17x19	25x30 mm	
18	3	90	2,93	2,20	1,78	1,47	0,90	0,84
15	3	88	3,64	2,73	2,20	1,83	1,10	1,02
12	3	86	4,75	3,54	2,85	2,38	1,45	1,35
10	2	85	5,84	4,40	3,55	2,93	1,77	1,67
7	0	82	6,60	5,00	3,95	3,30	2,00	1,88
4	-2	79	7,43	5,40	4,45	3,72	2,25	2,12
2	-5	77	8,40	7,20	5,05	4,20	2,55	2,40
2	-7	77	5,72	4,27	3,42	2,86	1,73	1,63
-1	-9	74	6,34	4,75	3,78	3,17	1,92	1,82
-4	-12	71	7,16	5,38	4,27	3,54	2,15	2,05
-7	-14	68	7,92	6,00	4,75	3,95	2,40	2,27
-9	-16	64	9,30	6,95	5,50	4,64	2,80	2,65
-12	-18	60	10,75	8,20	6,45	5,38	3,24	3,08
-15	-21	56	12,70	9,50	7,50	6,35	3,86	3,65
-18	-23	51	15,40	11,60	9,30	7,70	4,64	4,40
-21	-25	46	21,70	16,20	13,10	10,90	6,50	6,20
-23	-27	42	27,50	20,75	16,30	13,80	8,30	7,8,5

### Observación

**En el caso de que exista acumulación de hielo en los tubos del evaporador, el coeficiente global de transmisión del mismo debe emplearse de acuerdo con los valores siguientes en W/m<sup>2</sup> K:**

Temperatura de evaporación del fluido frigorígeno en °C	Espesor, en mm, de la capa de hielo formado		
	0<e<12,5	12,5<e<25	25<e<50
	-7	71	
	-9	61	
	-12		57
	-14		51

Tabla 6.7. Punto de congelación de las soluciones acuosas etilenglicol (etilglicol)

Porcentaje de etilglicol en agua	Punto de congelación en °C	Porcentaje de etilglicol en agua	Punto de congelación en °C
13%	-4	38%	-23
17%	-6,5	44%	-29
25%	-12	48%	-34
32%	-17	52,5%	-40