

CATEDRA

**INSTALACIONES TERMICAS,
MECANICAS Y FRIGORIFICAS**

Tema

**EVAPORADORES y CONDENSADORES
DE REFRIGERACION. TIPO Y
SELECCIÓN.**

**PREPARADO POR:
Ing. RAUL CRISTIAN ANFUSO
Ayte de 1ra**

Mendoza, Mayo 2015

EVAPORADORES. TIPOS ELECCION.

MISION DEL EVAPORADOR.

El evaporador es el órgano productor de frío de la instalación frigorífica. Su misión es absorber el calor del recinto a refrigerar y transmitir este calor al fluido refrigerante.

En el evaporador es donde el refrigerante entra en ebullición tras su paso por la válvula de regulación, tomando para hervir, el calor del medio en el que se encuentra.

Como condensador, el evaporador en esta esencia un intercambiador de calor. Es sin embargo la parte “estática” de la instalación (en cuanto a su constitución) que más problemas causa debido a:

- 1) Dificultades de elección del tipo adecuado para cada instalación en particular y de la velocidad del aire, en evaporadores de aire.
- 2) Determinación del emplazamiento en instalaciones pequeñas.
- 3) Variación del coeficiente de transmisión como consecuencia de la formación de hielo, sobre los tubos y aletas.
- 4) Disminución de rendimiento debido a la presencia de aceite procedente del compresor.

CONDICIONES QUE HA DE CUMPLIR TODO EVAPORADOR.

Para obtener un buen rendimiento, es decir para conseguir una buena transmisión del calor en el evaporador, éste debe reunir las siguientes condiciones:

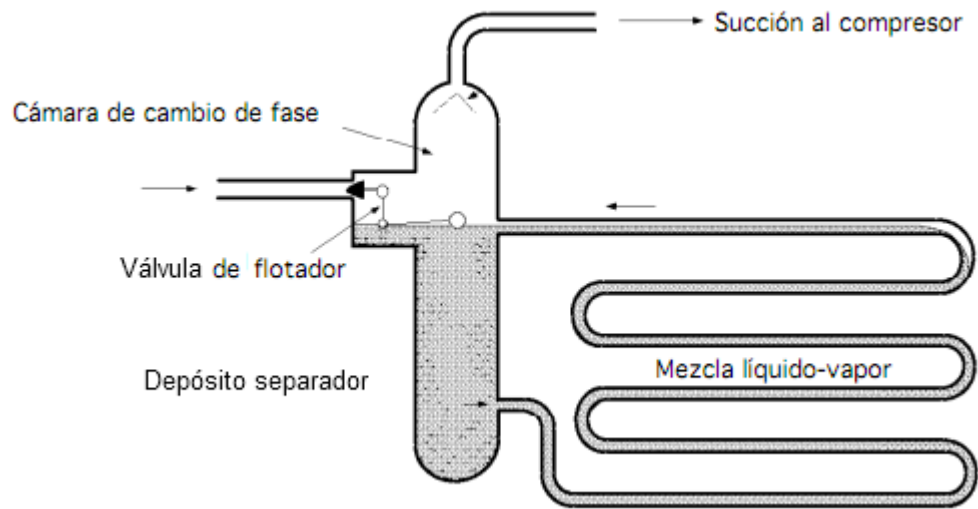
- 1°) Presentar el mayor contacto posible en el fluido refrigerante.
- 2°) El fluido refrigerante debe circular por el evaporador con pequeñas pérdidas de carga.
- 3°) Separación completa del aceite y demás impurezas arrastradas por el fluido.
- 4°) El vapor que abandona el evaporador debe ser vapor saturado seco.
- 5°) Ausencia total de fugas o de posibilidad de éstas, es decir, estanqueidad absoluta.
- 6°) Construcción sencilla y económica.
- 7°) Evaporadores secos.

TIPOS DE EVAPORADORES.

Son tantas las variedades, formas y tipos de evaporadores existentes hoy en el mercado que resulta absolutamente imposible el efectuar una clasificación sistemática de las mismas.

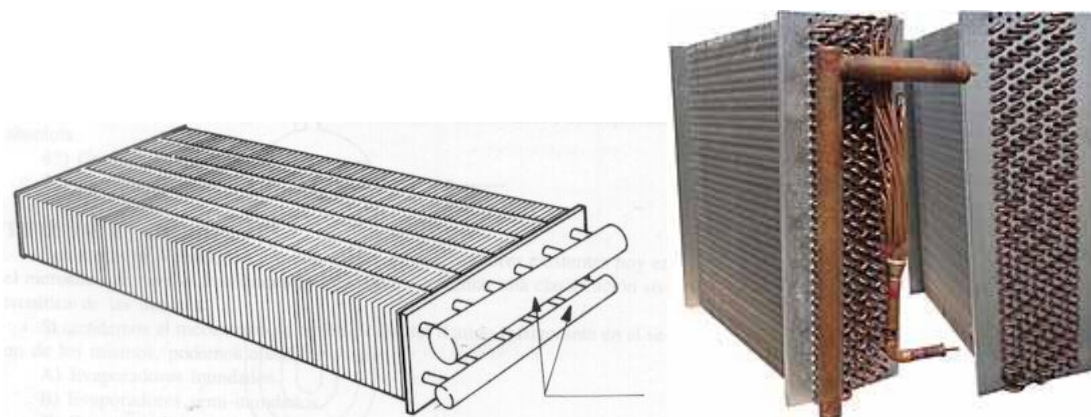
Si atendemos al mecanismo de la ebullición de líquido refrigerante en el seno de los mismos, podemos clasificarlos en:

A) Evaporadores inundados.

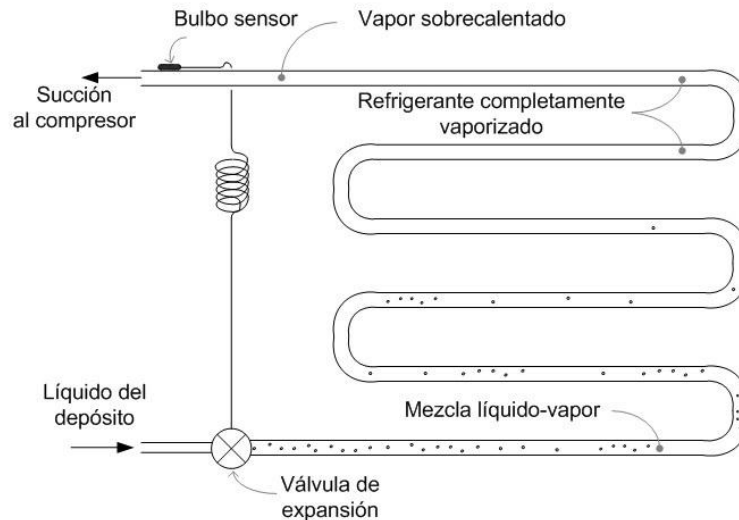


Evaporado enfriador de líquidos, de tipo placas – sistema inundado con refrigerante amoniaco.

B) Evaporadores semi-inundados.



C) Evaporadores secos.



Esquema de evaporador de expansión seca (o directa)

Refrigeración directa o indirecta.

Cualquier superficie de transferencia de calor en la cual se expande un líquido volátil (refrigerante) con el objetivo de producir un efecto de enfriamiento, se llama evaporador de expansión directa.

Un sistema de refrigeración de expansión directa es aquel en el cual el evaporador del sistema se encuentra en contacto con el espacio o material a refrigerar, bien por estar en él por medio de conductos.

En determinados casos, el enfriamiento no se obtiene por la expansión directa del refrigerante evaporado, sino de forma indirecta a través de la circulación de un líquido (agua o salmuera) que ha sido enfriado previamente, por medio de un evaporador de expansión directa en el tanque aparte.

Este sistema se emplea con mucha frecuencia en las instalaciones de acondicionamiento de aire, en la que se envía agua enfriada por medio de una bomba a los enfriadores individuales, evitando así la posibilidad de fugas de refrigerante en las habitaciones o locales a acondicionar.

Cuando se trabaja con temperaturas superiores a los 2°C, el líquido enfriado puede ser agua, pero por temperaturas inferiores deben emplearse salmueras.

Hemos clasificados los evaporadores desde el punto de vista del mecanismos de la evaporación del refrigerante. También se estudian en particular en función del fluido a enfriar.

A continuación, desarrollaremos evaporadores para enfriar un fluido, como es el aire y en especial en las cámaras frigoríficas, que es el evaporador más común.

EVAPORADORES PARA ENFRIAMIENTO DE AIRE, EN CAMARAS FRIGORIFICAS.

Consideraciones sobre el punto de rocío y la humedad relativa de la cámara.

En general la finalidad de un evaporador es doble:

- 1° Enfriar el aire de la cámara.
- 2° Mantener una cierta humedad relativa.

Esta segunda finalidad es olvidada frecuentemente por los proyectistas, que solo se preocupan generalmente de la primera.

Los productos vegetales a conservar en una cámara frigorífica están constituidos por agua en una gran parte. Si la humedad de la cámara es baja, los frutos pierden una gran cantidad de esta agua, deshidratándose, y presentan un aspecto marchito que les hace perder su calidad comercial.

Puede pensarse que la solución es pues mantener en la cámara una gran humedad. Esto tampoco es posible debido a que entonces creamos un ambiente altamente favorable para el desarrollo de microorganismos sobre los productos.

Hay que buscar pues una humedad de equilibrio que nos evite los dos inconvenientes anteriores. Ahora pues el problema principal es como conseguir esa humedad deseada. Supongamos una cámara que hemos de mantener a 0°C. Lógicamente si hacemos que el refrigerante vaporice en el evaporador a una temperatura muy baja, por ejemplo a -15°C nos será más sencillo mantener la temperatura deseada en la cámara que si lo hacemos vaporizar a -3°C, dado que en el primer caso el salto térmico entre el aire de la cámara y el evaporador es mayor que en el segundo y como ya sabemos el calor se transmite proporcionalmente a esta diferencia térmica.

Pero supongamos ahora que queremos mantener en la cámara una cierta humedad relativa, por ejemplo 85% y vemos que sucede en cada paso de los anteriores: un aire a 0°C y con una humedad relativa del 85%, contiene aproximadamente: $4,9 \times 0,85 = 4,16 \text{ gr} / \cdot \text{m}^3$ de agua. Cuando este aire llega al evaporador se enfría hasta -15° C y entonces, al bajar su punto de rocío, solo es capaz de contener ya como máximo $15 \text{ gr} / \cdot \text{m}^3$ de agua, por tanto deposita en el evaporador $4,16 - 1,5 = 2,66$ grs. de agua por cada m³ de aire que pase.

Este aire vuelve de nuevo a la cámara mezclándose con el resto y aumentando de nuevo su temperatura hasta llegar a 0°C. A esta temperatura, como solo contiene ya $1,5 \text{ gr} / \cdot \text{m}^3$ de

agua, su humedad relativa será del $1,5/4,9 = 0,30$ o sea del 30%, lo que hará que los productos almacenados pierdan agua intentando equilibrar la humedad del ambiente. Si el evaporador está a -3°C , el aire a esta temperatura puede contener $3,8 \text{ gr} / \cdot \text{m}^3$ de agua, lo que hará que solo se deposite en el evaporador $4,16 - 3,8 = 0,36 \text{ gr} / \cdot \text{m}^3$. Al volver a la cámara de aire y calentarse de nuevo a 0°C , tendrá una humedad de $3,8/4,9 = 0,79$, o sea de 79% que con muy poca agua desprendida por el producto volverá de ser de 0,85%, tal como queríamos.

Vemos pues que hay una relación clara entre la diferencia de temperaturas de la cámara y del evaporador, Δt . con la humedad relativa de la cámara.



Cuando menor sea Δt ., mayor es la humedad relativa que habrá en la cámara.

Los cálculos anteriores están realizando sin ningún rigor científico, ya que no se ha considerado la diferente densidad del aire a las diferentes temperaturas, pero explican porque al calcular un evaporador hay que tener muy en cuenta la humedad que vamos a necesitar en la cámara, para evitar posteriormente sorpresas desagradables. Prácticamente se han determinado la Δt . a utilizar; para conseguir las distintas humedades en la cámara. Estas se resumen en la tabla siguiente:

		Humedad relativa deseada			
		75%	80%	85%	90%
At. a emplear	Tipo evaporador				
	Tubos lisos	9 a 10	7	5	3
	Tubos con aletas.	10 a 13	8 a 10	6 a 8	4 a 6

Cálculo de un evaporador.

Calcular un evaporador es determinar la superficie necesaria para que pueda absorber la cantidad de Kcal necesarias, durante el tiempo de funcionamiento del compresor.

Como en el caso de los condensadores, ya conocemos que la cantidad de calor que pasa a través de una superficie es:

$$Q = K \cdot S \cdot \Delta tm$$

En la que:

Q = Cantidad de calor que atraviesa la pared por hora.

K = Coeficiente de transmisión de calor, expresado en; $\frac{Kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}$

S = Superficie de intercambio térmico.

Δtm = Diferencia media logarítmica entre el refrigerante y el medio a enfriar.

Si la fórmula anterior despejamos S, tenemos:

$$S = \frac{Q}{K \cdot \Delta tm}$$

Factores de corrección y seguridad.

Dado que se trata de intercambio entre fluidos en movimiento se acostumbran a emplear factores de corrección, para K en cada caso y un factor fijo de seguridad que es igual a 0,85.

$\Delta t.$	Multiplicar K por
5	1`18
7`5	1`09
10	1
12`5	0`95
15	0`91
17`5	0`87
20	0`82

Ejemplo.

Calcular la superficie de evaporador necesaria, para una cámara de conservación de frutas, cuya temperatura de trabajo es de 0°C y tiene una potencia calculada de 45.000 frigorías/hora.

La humedad en la cámara debe ser de 90%.

Determinar la temperatura de evaporación del fluido.

Solución.

$$S = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_m}$$

Q = 45.000 frigorías /hora.

K = (De la tabla para evaporador con circulación forzada, V = 4 m/seg. y tubo con aletas) = 29 . K corregido = 29 x 1,18 = 34

$\Delta t =$ (Para el 90% de humedad, de la tabla) = 5°C

La temperatura de evaporación del fluido será por tanto -5°C.

Temperatura de entrada del aire 0°C.

Temperatura de salida del aire -2,5 (mitad de Δt)

$$\Delta t_m = \frac{(-5 - 0) - (-5 + 2,5)}{\ln \frac{-5}{-2,5}} = \frac{-2,5}{\ln 2} = -3,60^\circ\text{C}$$

$$S = \frac{45.000}{34 \cdot 3,6} = 367,6 \text{ m}^2 \text{ de superficie de intercambio.}$$

TABLA. Coeficiente (K) para evaporadores.

(Frig./hora por $\cdot \text{m}^2$ de superficie de radiación y grado C de diferencia de temperatura)

	TUBO LISO		TUBO CON ALETAS		CIRCULACION SALMUERA (1)	
	Inundado	Seco	Inundado	Seco	Tubo solo	Tubo con aletas
SISTEMA DE EXPANSION DIRECTA						
Circulación por gravedad:						
Sobre 0° C.....	17	12	9	6	16	8
Bajo 0° C.....	14	10	8	4	13	6
Circulación forzada del aire:						
Velocidad del aire:						
1'0 m. por segundo.....	16	11	8	6	14	7
1'5 m. por segundo.....	22	16	12	11	19	9
2'0 m. por segundo.....	27	20	14	15	24	12
2'5 m. por segundo.....	32	24	16	19	29	15
3'0 m. por segundo.....	37	28	18	23	33	16
3'5 m. por segundo.....	42	32	21	27	37	18
4'0 m. por segundo.....	47	34	24	29	42	21
SISTEMA DE INMERSION PARA BAÑOS						
En líquido quieto:						
Formando ligera capa de hielo en la pared del serpentín.....	50	40	—	—	45	—
No formando capa de hielo.....	75	60	—	—	65	—
En líquido agitado:						
6'5 m por minuto.....	88	66	—	—	77	—
7'5 m. por minuto.....	98	73	—	—	85	—
9'0 m. por minuto.....	107	80	—	—	93	—
10'5 m. por minuto.....	116	87	—	—	101	—
12'0 m. por minuto.....	124	93	—	—	109	—

CONDENSADORES. TIPOS. ELECCION

MISION DEL CONDENSADOR.

La misión del condensador es la de licuar los vapores de refrigerante, a alta presión, procedentes del compresor. Este fenómeno de condensación se realiza poniendo en contacto el vapor con un fluido mas frío, aire o agua, a través de una superficie metálica y siguiendo el principio general de la transmisión de calor.

El medio de condensación ha de ser capaz de tomar del gas refrigerante, todo el calor que contiene que es igual a la suma del calor absorbido del evaporador y correspondiente al trabajo mecánico de compresión.

El condensador es en suma un intercambiador de calor.

La sesión de calor se realiza en tres fases.

- a) Enfriamiento de los vapores desde la temperatura del vapor sobrecalentado hasta la temperatura de condensación.

Esta fase es muy rápida debido a la gran diferencia de temperatura que existe y se efectúa generalmente en la primera cuarta parte del condensador.

- b) Cesión de calor latente de condensación a temperatura constante.

Esta cesión de calor es muy lenta y necesita de las dos cuartas partes siguientes del condensador. Para que esta cesión se realice es necesario un salto de temperaturas importantes, entre el fluido y el medio de condensación.

- c) Enfriamiento del líquido desde su temperatura de condensación hasta la temperatura deseada (líquido sub-enfriado).

Este enfriamiento se realiza en la última cuarta parte del condensador. El enfriamiento que se consigue es función del salto de temperatura entre el refrigerante y el medio de condensación.

CONDICIONES QUE HA DE CUMPLIR TODO CONDENSADOR.

En la construcción de los distintos tipos de condensadores, con enfriamiento por agua o por aire los fabricantes intentan conseguir el régimen de funcionamiento más económico posible, utilizando la mejor transmisión de calor, intentando conseguir la disminución de la temperatura del refrigerante, con un caudal de fluido de enfriamiento mínimo y una mejor utilización de las superficies.

Para esto, es necesario que el condensador cumpla unas condiciones:

1°. Amplia admisión de gas en el aparato.

2°. Rápida evacuación del líquido al depósito, sin permanencia prolongada en las tuberías.

3°. Sentido inverso en la marcha del fluido y del agua o del aire, en el condensador (contracorriente).

4°. Gran velocidad del aire o del agua de enfriamiento.

COEFICIENTE DE TRANSMICION.

La base de los cálculos de la superficies de contacto entre el fluido refrigerante y el agua o el aire de enfriamiento, es el coeficiente de transmisión K.

Este coeficiente expresa la cantidad de calor sustraída al fluido por cada grado centígrado de diferencia entre éste y el agua o el aire, y por cada metro cuadrado de superficie, durante el tiempo de 1 hora.

La forma del condensador, la naturaleza del metal empleado y el sistema de fabricación, determina este coeficiente de transmisión que debe ser deducido en cada tipo, de forma experimental.

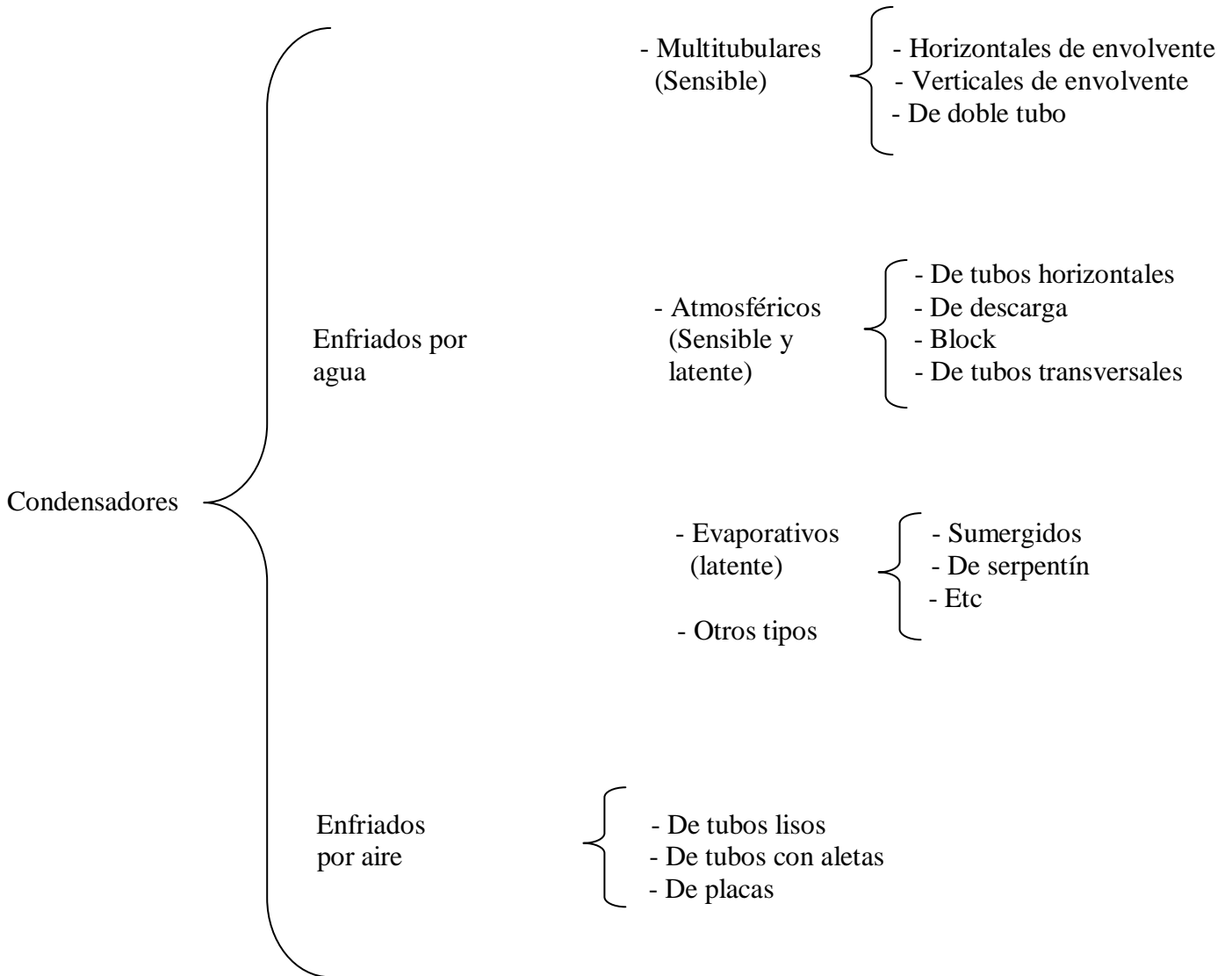
La presencia de aceite en las tuberías, la naturaleza de las superficies (lisas, rugosas, estriadas, etc.) y la naturaleza del fluido son otros factores variables que influyen sobre este coeficiente, por lo que normalmente para el cálculo se utilizan cifras medias deducidas de ensayos.

TIPOS DE CONDENSADORES.

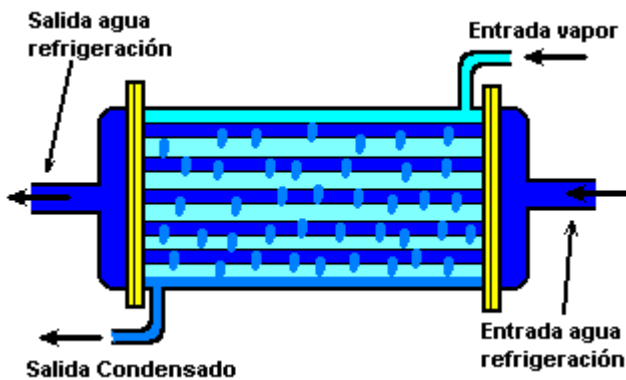
Como ya hemos dicho, los condensadores empleados en las instalaciones frigoríficas, se puede dividir, según el medio de enfriamiento que utilicen, en condensadores enfriados por agua y condensadores enfriados por aire.

En las instalaciones industriales se emplea siempre que es posible el agua, pues el empleo del aire conducía a aparatos de muy grandes dimensiones, además de presentar otros problemas en zonas muy calurosas.

Hay condensadores que utilizan el calor sensible del agua y otros que utilizan también el calor latente.



CALCULO DE UN CONDENSADOR DE AGUA.



Condensadores de casco y tubo, enfriado por agua.

Como hemos dicho al principio, un condensador ha de ser capaz de eliminar el calor de la condensación, el calor tomado por el evaporador más el calor de compresión. Este calor de compresión o recalentamiento, depende del régimen de trabajo del compresor y de la potencia de éste.

Para calcular el calor total a eliminar en el condensador, podemos utilizar dos sistemas:

- a) Considerar el calor total como suma de los dos calores parciales, es decir;

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

En la que:

Q_t = Calor total a eliminar en el condensador.

Q_1 = Calor absorbido por el refrigerante en el evaporador .

Q_2 = Calor de compresión y que es aproximadamente igual al equivalente calórico por la potencia en CV del motor necesario para mover el compresor, es decir:

$$Q_2 = 632 \times \text{potencia motor en CV.}$$

de forma más exacta, puede calcularse como la diferencia de entalpias al comienzo y al final de la compresión.

$$Q_2 = i_2 - i_1$$

- b) Considerar el calor total como el resultado de multiplicar el calor absorbido en el evaporador por el refrigerante por un coeficiente que depende de las condiciones de trabajo del compresor, es decir:

$$Q_t = Q_1 \cdot A$$

en la que:

Q_t = Calor total a eliminar en el condensador.

Q_1 = Calor absorbido por el refrigerante en la cámara.

A = Coeficiente, tomado de la tabla I, según las condiciones de trabajo del compresor.

TABLA I. Coeficiente «A» de producción térmica para compresores herméticos y semiherméticos.

TEMPERATURA CONDENSACION °C	TEMPERATURA EVAPORACION °C							
	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10
30	1'47	1'41	1'36	1'31	1'27	1'23	1'20	1'17
35	1'51	1'45	1'39	1'34	1'30	1'26	1'23	1'20
40	1'56	1'49	1'43	1'38	1'33	1'29	1'26	1'23
45	1'62	1'54	1'47	1'42	1'37	1'33	1'29	1'26
50	1'69	1'60	1'53	1'47	1'42	1'37	1'33	1'29
55	1'77	1'68	1'60	1'53	1'47	1'42	1'37	1'33

TABLA II. Coeficiente «A» de producción térmica para compresores abiertos.

TEMPERATURA CONDENSACION °C	TEMPERATURA EVAPORACION °C							
	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10
30	1'37	1'32	1'28	1'24	1'21	1'18	1'15	1'12
35	1'43	1'37	1'32	1'28	1'24	1'21	1'18	1'15
40	1'50	1'43	1'37	1'32	1'28	1'24	1'21	1'18
45	1'58	1'50	1'43	1'37	1'32	1'28	1'24	1'21
50	—	1'58	1'50	1'43	1'37	1'32	1'28	1'24
55	—	—	1'58	1'50	1'43	1'37	1'32	1'28

Una vez conocido Q_t , hay que determinar la superficie del intercambio, que hay que darle al condensador.

Ya sabemos que el calor pasa a través de una superficie es:

$$Q = K \cdot S \cdot \Delta t$$

en la que:

Q = Cantidad de calor que atraviese la pared por hora.

K = Coeficiente de transmisión de calor, que nos indica la cantidad de calor que atraviesa la pared por cada m^2 de superficie, por cada grado de diferencia de temperatura y por hora.

S = Superficie de intercambio térmico.

Δt = Diferencias de temperatura a ambos lados de la pared.

De la fórmula anterior despejando S tenemos:

$$S = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}$$

Y aplicando esta fórmula a nuestro caso.

$$S = \frac{Q_t}{K \cdot \Delta t_m}$$

Δt_m : es la diferencia media logarítmica.

Para el cálculo de Δt_m tendremos,

$$\Delta t_m = \frac{(t_c - t_e) - (t_c - t_s)}{\ln \frac{t_c - t_e}{t_e - t_s}}$$

En la que:

t_c = temperatura de condensación.

t_e = temperatura de entrada del agua.

t_s = temperatura de salida del agua.

Ejemplo:

Calcular las dimensiones del condensador de agua necesario, para una instalación que tiene una potencia frigorífica de 50.000 frigorías/hora y una temperatura de evaporación de -5°C .

El agua a utilizar procede de un pozo y sale él a una temperatura de 20°C .

El coeficiente de transmisión global del condensador es de $K = 800 \text{ Kcal/m}^2/^{\circ}\text{C}$.

Solución:

$$t_c = t_e + 10^{\circ}\text{C} = 20^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C} = 30^{\circ}\text{C}.$$

$$t_s = t_e + 5^{\circ}\text{C} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$Q_t = Q_1 \times A, \quad A = (\text{para } -5^{\circ}/ +30^{\circ}\text{C}) = 1,210 \text{ de tabla N}^{\circ}\text{I}$$

$$Q_t = 50.000 \times 1,210 = 60.500 \text{ frigorías/hora.}$$

$$S = \frac{Q_t}{K \cdot t_m}$$

$$\Delta t_m = \frac{(30 - 20) - (30 - 25)}{\ln \frac{30 - 20}{30 - 25}} = \frac{10 - 5}{\frac{10}{5}} = \frac{5}{\ln 2} = 7,21$$

$$S = \frac{60.500}{800 \cdot 7,21} = 10,49 \text{ m}^2$$

Luego necesitaremos un condensador con una superficie de intercambio de $10,49 \text{ m}^2$.

Ejemplo de un condensador refrigerado por agua, observando los distintos estados termodinámicos del amoníaco y el agua.

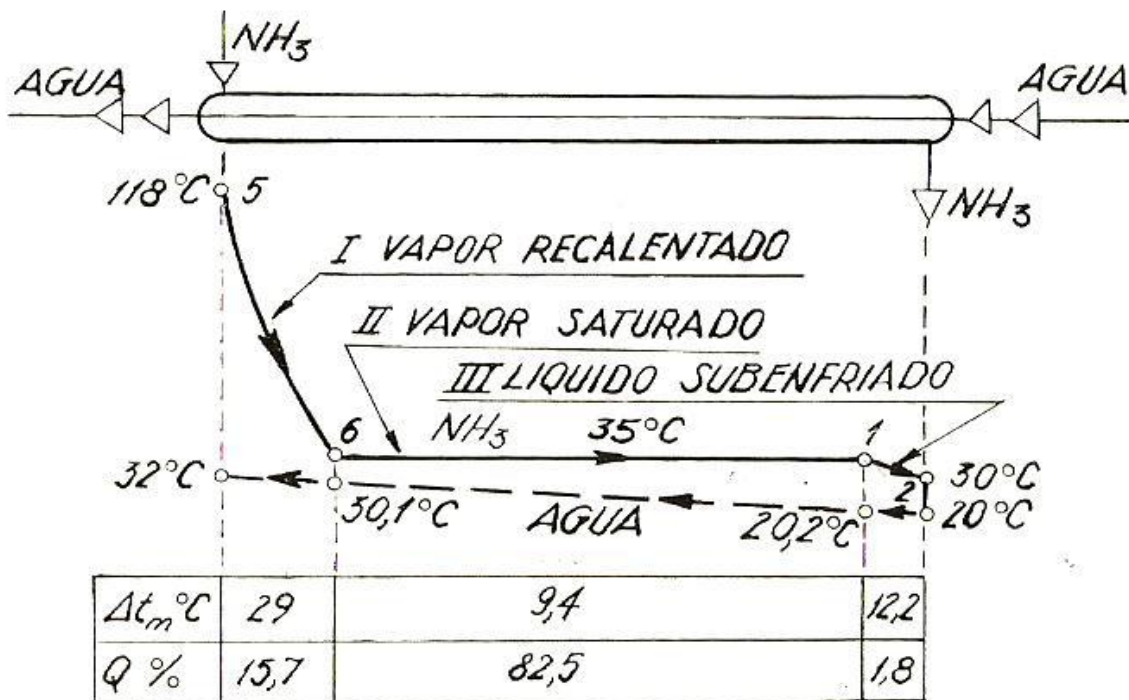


FIG. VII-1

Condensadores enfriados por aire. Emplean el aire atmosférico



Serpentina de tubos y aletas de aluminio

Los tubos aletados más utilizados en la construcción de condensadores a aire son generalmente de los tipos que se mencionan a continuación:

- a) Tubos de acero con aletas de aluminio enrollados en su alrededor.

- b) Tubos de acero con aletas de aluminio obtenidas trabajando una gruesa camisa de este metal, previamente colocada a presión sobre la superficie exterior de caño.
- c) Tubos de cobre provistos de aletas de aluminio punzonadas cuya fijación, una vez colocada la aletas, se obtiene por ensanchamiento del tubo mediante presión hidráulica interna.
- d) Tubos cilíndricos de acero con aletas y galvanizados por inmersión.
- e) Tubos de construcción similar y sección elíptica, que reduce notablemente las pérdidas de carga en el aire que circula para el enfriamiento del condensador.

Se utilizan mucho las aletas de aluminio rectangulares punzonadas, provistas de patas de turbulencia paralelas colocadas en tresbolillo sobre los tubos metálicos; el metal empleado para el tubo se elige de acuerdo al fluido que se ha de utilizar en la instalación. Los ventiladores más apropiados para mover el aire a través de los tubos aletados son los helicoidales; la regulación de su caudal conviene que sea automática, ya sea mediante la variación del paso de las paletas o del número de revoluciones por minuto, o también una combinación de ambos. El nivel de ruido de los ventiladores debe elegirse acorde con las ordenanzas sobre el particular, y en ausencia de ellas se procurará que no causen molestias al vecindario. La revolución anteriormente mencionada es indispensable hacerla en forma racional para mantener lo más bajo posible los costos de funcionamiento.

Superficie de cambio de calor. De acuerdo con la siguiente ecuación

$$Qt = K \cdot S \cdot \Delta t_m$$

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \quad ; \quad \Delta t_1 = t_c - t_e \quad ; \quad \Delta t_2 = t_c - \left(t_e + \frac{P_1}{0.24 G_{al}} \right)$$

en donde:

t_c = temperatura de condensación del fluido frigorífico;

t_e = temperatura del aire atmosférico al entrar en contacto con la superficie del condensador;

G_{al} = peso del aire, en kilogramos, que circula por hora en el condensador;

K = coeficiente global de transmisión, en $\text{Kcal/h}^\circ\text{C}_m^2$, que varía bastante con las características constructivas de cada condensador.

En la figura VII-2 se suministra un ejemplo de la diferencia media logarítmica de temperatura en un condensador enfriado con aire.

Existe poca información sobre sus valores; como dato ilustrativo, mencionamos que K está comprendido entre 18 y 30 Kcal/hora $^{\circ}$ Cm 2 .

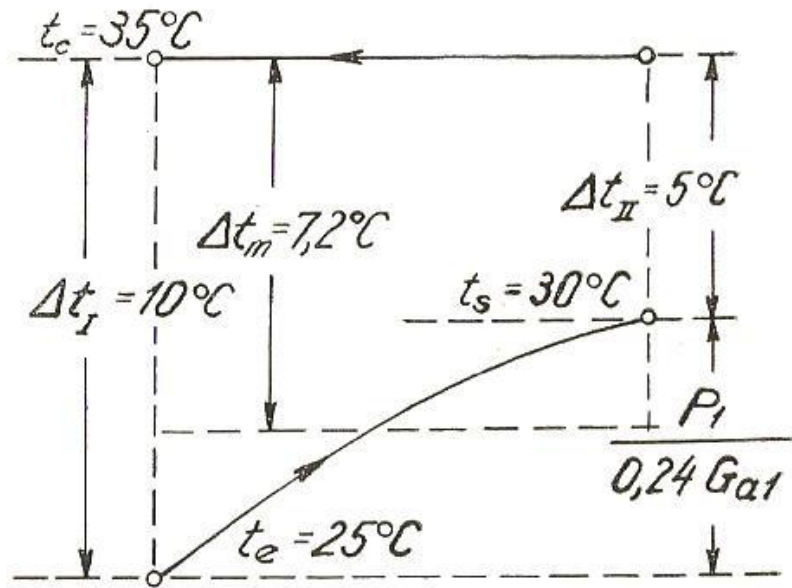


FIG. VII-2

Condensadores evaporativos.

Los condensadores evaporativos se han impuesto por la necesidad de reducir el consumo de agua de condensación elevado que precisan los otros tipos de condensadores.

Constan en esencia de una caja, que en su interior, va alojada la superficie de intercambio de tubos; la cual tiene una entrada de aire, por las partes laterales e inferiores y una salida de aire en el techo.

La parte baja de la caja es una balseta para agua, cuyo nivel se mantiene constante gracias a una válvula a flotador.

El agua es tomada de esta balseta y por medio de una bomba conducida a unas toberas pulverizadoras colocadas sobre las serpentineras de tubos del condensador, tal como puede apreciarse en el esquema.

Sobre las toberas van colocadas unas placas eliminadoras, que impiden que el agua pueda ser arrastrada por el aire.

En el techo de la caja, y en el orificio de salida de aire, hay un electroventilador que provoca una circulación forzada de éste.

El funcionamiento de este tipo de condensación es el siguiente:

El aire que entra por la parte inferior del aparato es aspirado por el ventilador y obligado a atravesar los serpentineros del condensador, para ser expulsado por la parte superior.

El agua bombeada desde el recipiente situado en la parte inferior, cae en forma de lluvia contra el aire que atraviesa los serpentineros.

Separadores de gotas adecuados, impiden que el agua sea arrastrada por el aire.

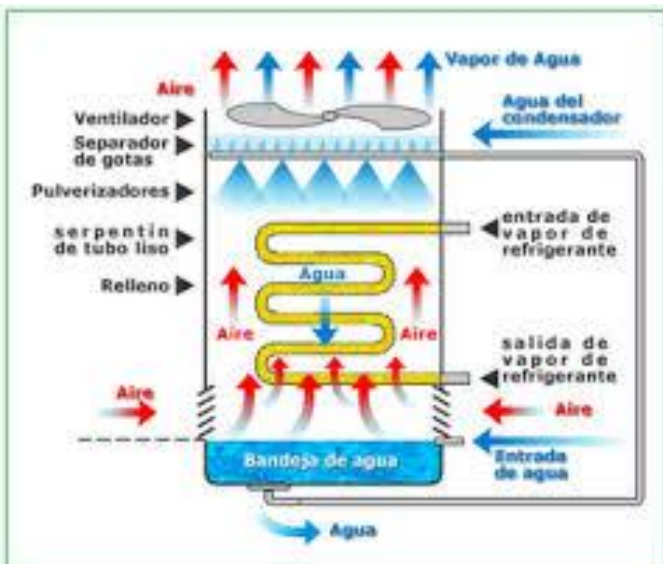
El agua absorbe el calor cedido por el fluido refrigerante a través de serpentinas del condensador, en forma de calor sensible elevando su temperatura y latente.

El aire al atravesar la cortina acuosa, absorbe vapor de agua, elevando el contenido de humedad en la descarga de aire.

Como es lógico, el rendimiento de estos condensadores depende de la temperatura de bulbo húmedo.

Para el cálculo de la superficie de intercambio, ecuación idem a las expuestas, la diferencia de temperatura se toma como la diferencia de temperatura de condensación del refrigerante y la temperatura de bulbo húmedo.

El coeficiente K, varía según el diseño del propio condensador y el tipo de serpentina. Siendo los valores aproximados entre ; $K = 300$ a $800 \text{ Kcal/m}^2/\text{°C}$.



Serpentinas de tubos del condensador, galvanizadas por inmersión en caliente