



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica
de Ingenieros de Minas

GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

CASOS PRÁCTICOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN EN LOS EDIFICIOS

León, Julio de 2014

Autor: Álvaro De La Puente Gil
Tutor: Alberto González Martínez

El presente proyecto ha sido realizado por D. Álvaro De La Puente Gil, alumno de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León para la obtención del título de Graduado en Ingeniería de la Energía.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por D. Alberto González Martínez, profesor del Grado en Ingeniería de la Energía.

Visto Bueno

Fdo.: D. Álvaro De La Puente Gil
El autor del Trabajo Fin de Grado

Fdo.: D. Alberto González Martínez
El Tutor del Trabajo Fin de Grado

RESUMEN

Este documento trata sobre la climatización, los elementos que la componen y sus equipos. El desarrollo del trabajo tiene un acercamiento a la física, pasando por la generación y transferencia de calor y el frío, hasta el uso y aprovechamiento en equipos y sistemas concretos aplicables y disfrutables para la sociedad.

Se desarrolla en diferentes capítulos durante los cuales se van poniendo ejemplos prácticos sobre el tema que se está desarrollando, para poder ver y resolver cuestiones de la vida diaria.

En este trabajo se intenta hacer comprender mejor cuestiones sobre climatización de los edificios y algunas cosas singulares de la vida cotidiana que se ven a menudo y no se comprende su funcionamiento.

La finalidad del trabajo es promover el conocimiento y la aplicación de la tecnología en las diferentes situaciones posibles en un sistema de climatización, utilizando sistemas con la máxima eficiencia energética, este aspecto es muy importante por la presencia que tiene en los reglamentos de instalaciones térmicas en edificios.

Este tipo de documento sirve como manual para tener una introducción a los procesos de climatización, una vez finalizado el documento se podrá empezar a desarrollar ejercicios prácticos de climatización en locales, ya que se han desarrollado y comprendido la parte teórica de todos los componentes que la integran.

ABSTRACT

This paper discusses the climate, the elements that compose it and their teams. The development work is an approach to physics, including the generation and transfer of heat and cold, to the use and development of equipment and systems applicable and enjoyable individual to society.

It develops in different chapters during which practical examples are putting on the topic that is being developed, to see and solve issues in daily life.

This paper tries to better understand issues of air conditioning of buildings and some unique things of everyday life that are often not understood and its operation.

The purpose of the work is to promote the knowledge and application of technology in the different possible situations when an air conditioning system, using systems with high energy efficiency, this aspect is very important for the presence it has on thermal installations in regulations buildings.

This type of document is a manual for an introduction to the processes of climate, once finalized the document may start developing practical exercises climate in local, as they have developed and understood the theoretical part of all the components that integrated.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ÍNDICE.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
1 Fundamentos termodinámicos de la refrigeración.....	1
1.1 Termodinámica de los ciclos de refrigeración	1
1.2 Higrometría.....	15
1.3 Diagrama Psicrométrico.....	19
2 Instalaciones de climatización	28
2.1 Definiciones y clasificaciones de las instalaciones	28
2.2 Partes y elementos constituyentes.....	30
2.3 Análisis funcional.....	31
2.4 Equipos de generación de calor y frío	33
2.4.1 Enfriadoras y bombas de calor	34
2.4.2 Equipos aire-aire	35
2.4.3 Equipos aire-agua	41
2.4.4 Equipos agua-agua	42
2.5 Elementos constituyentes de una bomba de calor	43
2.5.1 Compresor	44
2.5.2 Evaporador.....	48
2.5.3 Condensador.....	51
2.5.4 Válvula de expansión	53
2.6 Grupos autónomos de tratamiento de aire.....	55
2.6.1 Torres de refrigeración	57
2.6.2 Depósitos de inercia	60
2.6.3 Equipos de absorción.....	61
2.6.4 Bombas de calor geotérmicas.....	63
3 Redes de transporte.....	69
3.1 Ventiladores. Tipos y características	69
3.1.1 Ventiladores centrífugos	74
3.1.2 Ventiladores helicoidales.....	75
3.1.3 Curvas de trabajo.....	76

3.2	Redes de conductos.....	82
3.3	Aislamiento térmico de conductos.....	84
3.4	Compuertas. Tipos y características	93
4	Equipos terminales de climatización	99
4.1	Unidades de tratamiento de aire.....	99
4.2	Unidades terminales	110
4.2.1	Fancoils.....	111
4.2.2	Inductores.....	112
4.2.3	Techo radiante	113
4.3	Rejillas y difusores.....	115
5	Regulación y control de instalaciones de calor y frío.....	118
5.1	Control de instalaciones de climatización	119
5.1.1	Tipos de controladores	120
5.1.2	Sensores.....	120
5.1.3	Compuertas de regulación.....	126
5.1.4	Variación de frecuencia en ventiladores.....	128
5.2	Telegestión	128
6	Diseño eficiente de las instalaciones de climatización	130
6.1	Eficiencia en la generación de frío	130
6.2	Eficiencia en la distribución: redes de conductos	134
6.3	Eficiencia en el control de instalaciones.....	134
6.4	Contabilización de consumos	137
6.5	Enfriamiento gratuito.....	138
6.5.1	Enfriamiento gratuito por aire	138
6.5.2	Enfriamiento gratuito por torre de refrigeración	139
6.6	Recuperación de energía.....	140
6.7	Limitaciones en la utilización de la energía convencional	140
6.8	Calidad térmica del ambiente.....	141
6.8.1	Temperatura operativa y humedad relativa.....	142
6.8.2	Velocidad del aire.....	142
6.9	Calidad e higiene del aire interior.....	144
6.9.1	Calidad del aire en viviendas.....	144
6.9.2	Calidad del aire en edificios	147
6.10	Calidad del ambiente acústico	147

7 Rendimiento y eficiencia energética de los elementos de las instalaciones de climatización	150
7.1 Aparatos de medida	150
7.2 Mediciones energéticas	156
7.3 Rendimiento de generadores de frío	157
7.4 Rendimiento y eficiencia energética de ventiladores	159
7.5 Rendimiento y eficiencia energética unidades terminales	161
7.6 Equipo de recuperación de energía	164
7.7 Registro de consumos	166
8 Bibliografía	171

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1.- Esquema básico de un ciclo de refrigeración.</i>	<i>2</i>
<i>Figura 1.2.- Diagrama termodinámico Presión – Vapor de un ciclo de refrigeración.....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 1.3.- Esquema de un psicómetro y su imagen real.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 1.4.- Esquema de un higrómetro de cabello y su imagen real</i>	<i>16</i>
<i>Figura 1.5.- Esquema de higrómetro capacitivo y su imagen real</i>	<i>17</i>
<i>Figura 1.6.- Esquema de un higrómetro de punto de rocío y su imagen real</i>	<i>17</i>
<i>Figura 1.7.- Esquema de un higrómetro espectroscópico y su imagen real</i>	<i>18</i>
<i>Figura 1.8.- Diagrama psicrométrico con situación inicial ejercicio 1</i>	<i>20</i>
<i>Figura 1.9.- Diagrama psicrométrico con situación final ejercicio 1</i>	<i>21</i>
<i>Figura 1.10.- Diagrama psicrométrico con situación inicial ejercicio 2</i>	<i>22</i>
<i>Figura 1.11.- Diagrama psicrométrico con situación final ejercicio 2</i>	<i>23</i>
<i>Figura 1.12.- Diagrama con la resolución de humedad absoluta.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 1.13.- Diagrama con la resolución de humedad relativa</i>	<i>25</i>
<i>Figura 1.14.- Diagrama con la resolución de entalpías de estado inicial y final.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 1.15.- Diagrama con la resolución de temperatura de rocío final ...</i>	<i>27</i>
<i>Figura 2.1.- Esquema de un ciclo de refrigeración por compresión.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 2.2.- Esquema de un ciclo de refrigeración por absorción.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 2.3.- Ciclo frigorífico con recuperación de calor</i>	<i>35</i>
<i>Figura 2.4.- Sistema todo aire</i>	<i>35</i>
<i>Figura 2.5.- Equipo de ventana (aire – aire).....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 2.6.- Equipo verticales (aire – aire).....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 2.7.- Equipo horizontales (aire – aire)</i>	<i>38</i>
<i>Figura 2.8.- Unidades de suelo (aire – aire);.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 2.9.- Unidades de techo (aire – aire)</i>	<i>39</i>
<i>Figura 2.10.- Unidades de empotrar (aire – aire).....</i>	<i>39</i>

Figura 2.11.- Unidades de pared (aire – aire);	39
Figura 2.12.- Sistemas centralizados (aire – aire)	40
Figura 2.13.- Equipo aire – agua	41
Figura 2.14.- Torre de recuperación	42
Figura 2.15.- Esquema de una bomba de calor como aire acondicionado ..	43
Figura 2.16.- Sistema en funcionamiento en modo bomba frío	43
Figura 2.17.- Esquema de una bomba de calor como calefacción	44
Figura 2.18.- Sistema en funcionamiento en modo bomba calor	44
Figura 2.19.- Esquema de funcionamiento de un compresor alternativo ...	45
Figura 2.20.- Esquema de funcionamiento de un compresor de tornillo	46
Figura 2.21.- Esquema de funcionamiento de un compresor de lóbulos	46
Figura 2.22.- Esquema de funcionamiento de un compresor Scroll	47
Figura 2.23.- Esquema de funcionamiento de un compresor centrifugo	48
Figura 2.24.- Imagen real de un evaporador de circulación natural	49
Figura 2.25.- Imagen real de un evaporador de circulación forzada	49
Figura 2.26.- Imagen real de un evaporador de tubos horizontales	50
Figura 2.27.- Imagen real de un evaporador de tubos verticales	50
Figura 2.28.- Esquema de un condensador enfriado por aire	51
Figura 2.29.- Esquema de un condensador evaporativo	52
Figura 2.30.- Esquema de un condensador de coraza y tubos	53
Figura 2.31.- Imagen real de una válvula de expansión	53
Figura 2.32.- Esquema de una válvula termostática	54
Figura 2.33.- Imagen real de una válvula termoeléctrica	55
Figura 2.34.- Grupo autónomo de tratamiento de aire	56
Figura 2.35.- Esquema torre de refrigeración tiro inducido	57
Figura 2.36.- Esquema torre de refrigeración tiro forzado	58
Figura 2.37.- Torre hibrida con circuito cerrado y flujo mixto	58
Figura 2.38.- Esquema de un condensador evaporativo	59
Figura 2.39.- Conexionado de las torres de refrigeración	60

Figura 2.40.- Esquema depósito de inercia estratificado	61
Figura 2.41.- Esquema conexión depósito de inercia	61
Figura 2.42.- Ciclo de absorción.....	62
Figura 2.43.- Esquema de funcionamiento de una bomba de calor geotérmica	64
Figura 2.44.- Tubo horizontal simple	65
Figura 2.45.- Tubo horizontal doble	65
Figura 2.46.- Slinky horizontal.....	66
Figura 2.47.- Tubo coaxial simple “U”	66
Figura 2.48.- Tubo coaxial doble “U”	67
Figura 2.49.- Tubo coaxial	67
Figura 2.50.- Slinky vertical	68
Figura 2.51.- Esquema de conexión en serie y en paralelo	68
Figura 3.1.- Diagrama para seleccionar el tipo de bomba	76
Figura 3.2.- Curva de trabajo de un ventilador Caudal – Perdida de carga	77
Figura 3.3.- Diagrama de curva de trabajo de un ventilador	80
Figura 3.4.- Determinación del punto de trabajo de un ventilador, caso A	80
Figura 3.5.- Determinación del punto de trabajo de un ventilador, caso B	81
Figura 3.6.- Determinación del punto de trabajo de un ventilador, caso C.	81
Figura 3.7.- Tubería circular y rectangular	82
Figura 3.8.- Tubería chapa metálica.....	83
Figura 3.9.- Tubería de fibra de vidrio	83
Figura 3.10.- Placas planas aislantes verticales	86
Figura 3.11.- Placas planas aislantes horizontales.....	86
Figura 3.12.- Placas aislantes tuberías	87
Figura 3.13.- Compuerta de aire motorizada	93
Figura 3.14.- Compuerta de sobrepresión	94
Figura 3.15.- Compuerta de accionamiento manual.....	94
Figura 3.16.- Compuerta de mariposa.....	95

Figura 3.17.- Compuerta de guillotina.....	96
Figura 3.18.- Compuerta de lamas	96
Figura 3.19.- Compuerta de álabes variables	97
Figura 3.20.- Compuerta a la entrada del ventilador	97
Figura 3.21.- Compuerta a la salida del ventilador	98
Figura 4.1.- Esquema UTA	100
Figura 4.2.- Partes de una unidad de tratamiento de aire	100
Figura 4.3.- Ventilador.....	101
Figura 4.4.- Esquema Ventilador	101
Figura 4.5.- Intercambiador.....	104
Figura 4.6.- Interacumulador.....	104
Figura 4.7.- Filtros y prefiltros	105
Figura 4.8.- Filtro electrostático y filtro de carbón activo	106
Figura 4.9.- Humificador evaporativo	107
Figura 4.10.- Humificador por vapor	107
Figura 4.11.- Sección de mezcla.....	110
Figura 4.12.- Fancoil de 4 tubos.....	111
Figura 4.13.- Esquema de un fancoil.....	112
Figura 4.14.- Inductores.....	113
Figura 4.15.- Formas de transmisión de calor	114
Figura 4.16.- Formas de transferencia de calor	114
Figura 4.17.- Techo radiante.....	115
Figura 4.18.- Difusor de techo circular y cuadrado.....	116
Figura 4.19.- Difusor lineal	116
Figura 4.20.- Difusor rotacional.....	117
Figura 4.21.- Rejilla simple y rejilla doble.....	117
Figura 5.1.- Sensor de temperatura y de humedad	119
Figura 5.2.- Sensor bimetálico.....	121
Figura 5.3.- Sensor termopar.....	121

<i>Figura 5.4.- Sensor de presión capacitivo</i>	<i>122</i>
<i>Figura 5.5.- Sensor de presión inductivo</i>	<i>123</i>
<i>Figura 5.6.- Caudalímetro ultrasónico</i>	<i>124</i>
<i>Figura 5.7.- Caudalímetro electromagnético</i>	<i>124</i>
<i>Figura 5.8.- Sensores de humedad mecánicos.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 5.9.- Sensor de humedad capacitivo</i>	<i>125</i>
<i>Figura 5.10.- Sensor de calidad del aire</i>	<i>126</i>
<i>Figura 5.11.- Control por presión dependiente.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 5.12.- Control por presión independiente</i>	<i>127</i>
<i>Figura 5.13.- Imagen del software de telegestión.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 5.14.- Pantalla telegestión</i>	<i>129</i>
<i>Figura 6.1.- Etiqueta eficiencia energética</i>	<i>132</i>
<i>Figura 6.2.- Esquema de climatización de un edificio.....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 6.3.- Esquema de UTA con enfriamiento gratuito</i>	<i>139</i>
<i>Figura 6.4.- Esquema de UTA con enfriamiento con torre de refrigeración</i>	<i>139</i>
<i>Figura 6.5.- Soporte antivibratorio.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 6.6.- Bancadas de inercia</i>	<i>149</i>
<i>Figura 7.1.- Termopar con sonda de contacto.....</i>	<i>151</i>
<i>Figura 7.2.- Termómetro de mercurio</i>	<i>151</i>
<i>Figura 7.3.- Manómetro</i>	<i>152</i>
<i>Figura 7.4.- Puente de manómetros.....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 7.5.- Pinza amperimétrica</i>	<i>153</i>
<i>Figura 7.6.- Anemómetro rotativo</i>	<i>153</i>
<i>Figura 7.7.- Termoanemómetro</i>	<i>154</i>
<i>Figura 7.8.- Termohigrómetro</i>	<i>154</i>
<i>Figura 7.9.- Tubo de Pitot</i>	<i>155</i>
<i>Figura 7.10.- Psicrómetro de matraca</i>	<i>156</i>
<i>Figura 7.11.- Caudalímetro.....</i>	<i>156</i>

Figura 7.12.- Imagen y esquema de recuperador de flujos cruzados 165

Figura 7.13.- Imagen y esquema de recuperador de flujos paralelos 165

Figura 7.14.- Imagen y esquema de recuperador rotativo 166

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.- Ventajas y desventajas de diferentes higrómetros	18
Tabla 3.1.- Descripción y aplicación de ventiladores centrífugos.....	74
Tabla 3.2.- Descripción y aplicación de ventiladores helicoidales.....	75
Tabla 6.1.- Clase energética a partir del COP y del ERR	132
Tabla 6.2.- Clase de estanqueidad.....	136
Tabla 6.3.- Caso 1	142
Tabla 6.4.- Caudales de ventilación mínimos	145
Tabla 7.1.- Tabla saturación R-134a.....	158

1 Fundamentos termodinámicos de la refrigeración

Los sistemas de refrigeración se utilizan para conseguir que un espacio tenga una temperatura adecuada para su uso, esa temperatura puede ser menor o mayor que la del entorno.

Los sistemas de refrigeración se pueden utilizar para diferentes usos. Los usos más normales son:

- 1- Usos industriales, para la refrigeración de máquinas o control de procesos de producción.
- 2- Equipos frigoríficos domésticos, cómo puede ser el frigorífico, el congelador.
- 3- Equipos de refrigeración de edificios, sistemas para tener las condiciones de temperatura y humedad correctas (bombas de calor, ventiladores, ...)

1.1 Termodinámica de los ciclos de refrigeración

La temperatura de un local es una medida del promedio de las energías cinéticas de sus moléculas. La energía cinética es la que corresponde al movimiento. Los tres tipos posibles de movimientos moleculares son: traslación, rotación y vibración. Al elevar la temperatura del sistema se aumenta la energía cinética promedio de sus moléculas.

Las consecuencias del aumento de temperatura son distintas en los distintos compuestos ya que son distintos los posibles movimientos que tienen las distintas moléculas.

Para estudiar la parte de la termodinámica de las máquinas frigoríficas (congeladores, frigoríficos, fancoils,...) se necesita el uso de los diagramas en los que se representa la variación de presión y la variación de volumen en dicho proceso.

También es necesario disponer de un diagrama de la máquina en cuestión, en la cual se va a tener una serie de variables como van a ser la temperatura del foco caliente (en el caso de una máquina frigorífica, la temperatura ambiente de la sala), después se tendrá un foco frío (podría ser la temperatura dentro del congelador) y por lo tanto para poder mantener el congelador a esa temperatura se necesita hacer uso de la energía, para poder desplazar el calor del foco frío al foco caliente y de esa forma obtener una temperatura baja en el congelador. Este es el funcionamiento básico de una máquina de refrigeración.

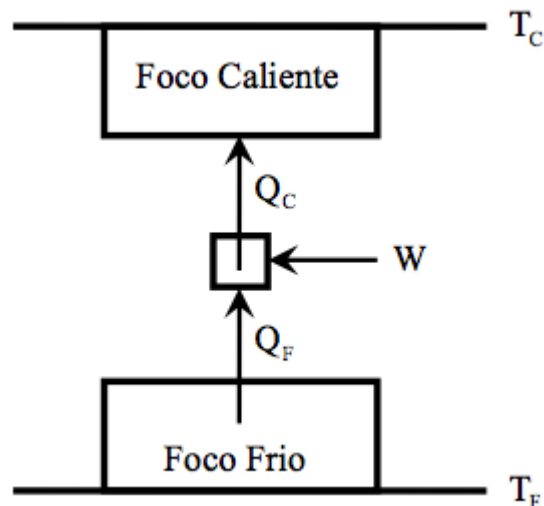


Figura 1.1.- Esquema básico de un ciclo de refrigeración.

Su función es la inversa de en una bomba de calor, ya que una bomba de calor se podría llegar a aumentar la temperatura del local consumiendo energía eléctrica para conseguir aportar calor al foco caliente a partir del foco frío.

Otra máquina básica de la termodinámica son los motores rotativos o turbinas que aprovechan la diferencia de temperatura para generar un movimiento, con lo que ese movimiento es aprovechado para la obtención de energía en forma de trabajo, transmitiendo calor del foco caliente al foco frío.

Los diagramas de presión y volumen ayudan a comprender el proceso y a determinar en qué condiciones se encuentra la máquina en cada momento.

En ellos se puede ver que mediante las curvas isotérmicas e isobáricas, y se obtiene el esquema del proceso en el cuál se puede ver los momentos en los cuáles se extrae el calor del sistema y es el momento en el que hay que aportar energía al sistema para que realice dicho proceso.

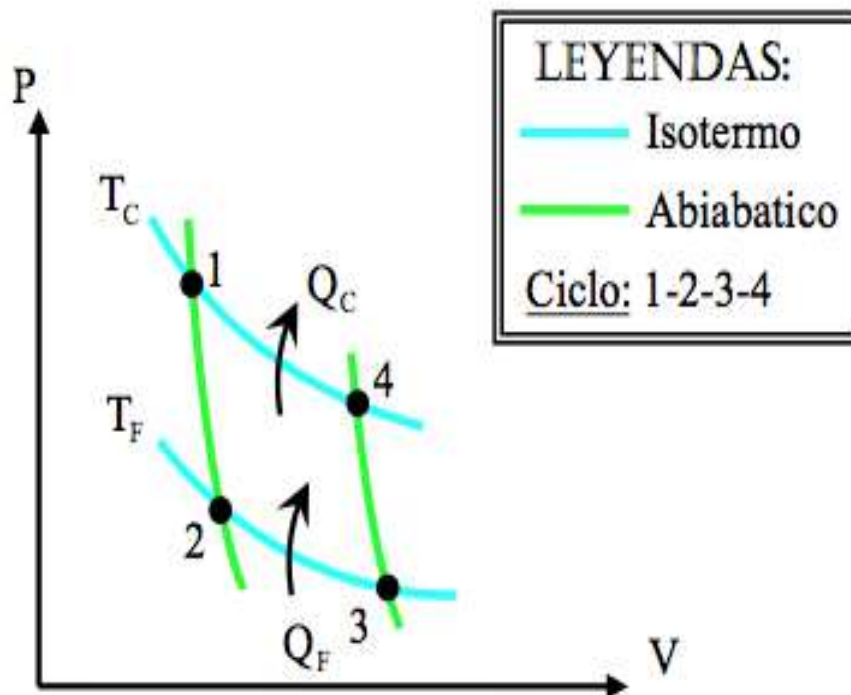


Figura 1.2.- Diagrama termodinámico Presión – Vapor de un ciclo de refrigeración

En este esquema se puede ver como se realizan dos transformaciones isotérmicas y otras dos adiabáticas.

- La primera transformación 3-4 (compresión adiabática): al disminuir el volumen a base de consumo de energía (trabajo) se provoca un aumento de la temperatura inferior a la temperatura superior.
- Transformación 4-1 (compresión isoterma): el fluido cede calor al foco caliente y existe una disminución del volumen. Este proceso se produce en el condensador
- La tercera transformación 1-2 (expansión adiabática): el fluido baja su temperatura hasta la temperatura del foco frío existiendo un aumento de volumen.
- Transformación 2-3 (expansión isotérmica): en la que se completa el ciclo con un aumento de volumen y una temperatura constante. Este proceso se produce en el evaporador

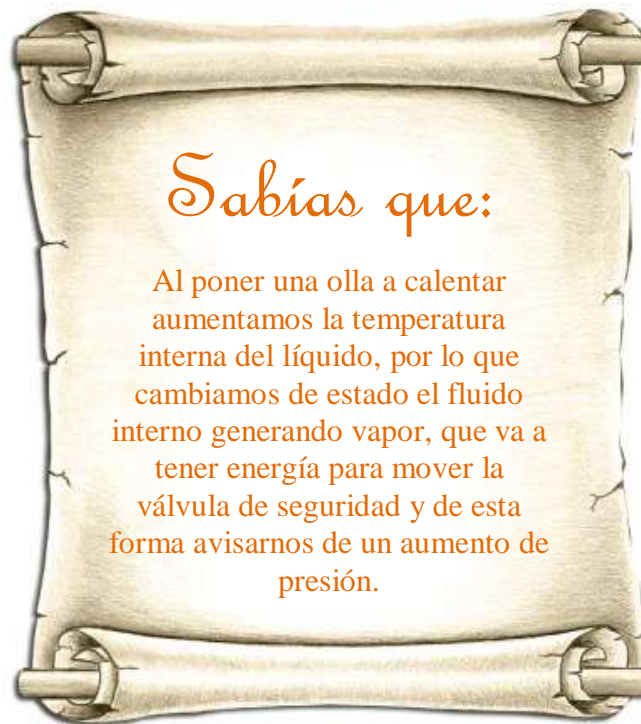
El coeficiente de rendimiento: es una definición del rendimiento de una bomba de calor. Para poder calcular este rendimiento se determina a partir de comparar la salida de calor del condensador y la potencia que se suministra en forma de trabajo.

Ejercicio: Que significa que una maquina frigorífica tiene un COP = 2.

Cuando una maquina frigorífica tiene un $COP = 2$, significa que esa maquina es capaz de generar 2 kW de potencia de refrigeración por cada kW que consume el compresor.

El rendimiento: En el rendimiento se tiene en cuenta el calor que hay que aportar al sistema para que realice el trabajo con el aporte de energía.

La diferencia entre el COP y el rendimiento es la temperatura que hay que elevar por eso con el COP se puede obtener porcentajes por encima del 100 %.



Tipos de máquinas frigoríficas:

- A) Refrigeradores: Enfrían el foco frío (la nevera), el coeficiente de operatividad o funcionamiento también llamado eficiencia viene determinado por:

$$COP_R = \varepsilon = \frac{Q_F}{W} = \frac{Q_F}{|Q_C| - Q_F}$$

$$COP_R = \frac{T_F}{T_C - T_F} \rightarrow \text{Max. Eficiencia}$$

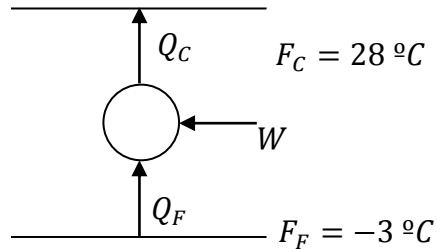
- B) Bomba de calor: Calienta el foco caliente, aumentando la temperatura del sistema.

$$COP_{BC} = \varepsilon = \frac{Q_C}{W} = \frac{|Q_C|}{|Q_C| - |Q_F|}$$

$$COP_{BC} = \frac{T_C}{T_C - T_F} \rightarrow \text{Max. Eficiencia}$$

Ejercicio: Una máquina frigorífica trabaja entre un foco frío a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y un foco caliente a $28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Determina:

A) La eficiencia ideal de la máquina frigorífica

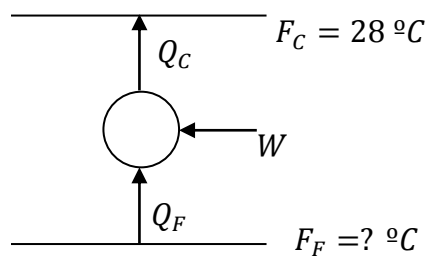


$$COP_R = \varepsilon = \frac{Q_F}{W} = \frac{T_F}{T_C - T_F}$$

$$COP_R = \frac{(273 - 3)}{(273 + 28) - (273 - 3)}$$

$$\boxed{COP_R = 8,71}$$

B) Si la eficiencia es igual a 10, ¿Qué temperatura tiene el foco frío?



$$COP_R = \varepsilon = \frac{Q_F}{W} = \frac{T_F}{T_C - T_F}$$

$$10 = \frac{(x)}{(273 + 28) - (x)}$$

$$\boxed{x = 273,63\text{ K} \cong 0,63\text{ }^{\circ}\text{C}}$$

Sabías que:

¿Rendimiento superior al 100%?

Esto es así porque en la teoría solo tenemos en cuenta el gasto energético del compresor, pero en la realidad también tenemos un gasto energético que nos aporta el ambiente y que en la teoría no lo tenemos en cuenta.

Por eso nunca se puede tener un rendimiento superior al 100 % en la realidad.

Sabías que:

¿Denominación de los refrigerantes?

Todos los refrigerantes están denominados por una letra R seguida de dos o tres dígitos que se obtiene de la siguiente forma a partir de su composición química.



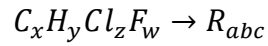
Primera cifra: $a = (x - 1)$

Segunda cifra: $b = (y + 1)$

Tercera cifra: $c = (w)$

Ejercicio: A partir de las siguientes composiciones químicas, determinar la denominación de cada refrigerante.

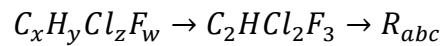
A) $C_2HCl_2F_3$



$$\text{Primera cifra: } a = (x - 1)$$

$$\text{Segunda cifra: } b = (y + 1)$$

$$\text{Tercera cifra: } c = (w)$$



Primera cifra

$$a = (x - 1)$$

$$a = (2 - 1)$$

$$\boxed{a = 1}$$

Segunda cifra

$$b = (y + 1)$$

$$b = (1 + 1)$$

$$\boxed{b = 2}$$

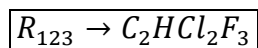
Tercera cifra

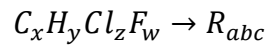
$$c = (w)$$

$$c = (3)$$

$$\boxed{c = 3}$$

Por lo que quedaría el refrigerante siguiente:

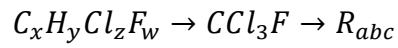


B) CCL_3F 

$$\text{Primera cifra: } a = (x - 1)$$

$$\text{Segunda cifra: } b = (y + 1)$$

$$\text{Tercera cifra: } c = (w)$$



Primera cifra

$$a = (x - 1)$$

$$a = (1 - 1)$$

$$\boxed{a = 0}$$

Segunda cifra

$$b = (y + 1)$$

$$b = (0 + 1)$$

$$\boxed{b = 1}$$

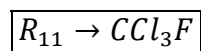
Tercera cifra

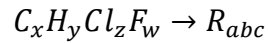
$$c = (w)$$

$$c = (1)$$

$$\boxed{c = 1}$$

Por lo que quedaría el refrigerante siguiente:

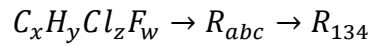


C) R₁₃₄

$$\text{Primera cifra: } a = (x - 1)$$

$$\text{Segunda cifra: } b = (y + 1)$$

$$\text{Tercera cifra: } c = (w)$$



Primera cifra

$$a = (x - 1)$$

$$1 = (x - 1)$$

$$\boxed{x = 2}$$

Segunda cifra

$$b = (y + 1)$$

$$3 = (y + 1)$$

$$\boxed{y = 2}$$

Tercera cifra

$$c = (w)$$

$$\boxed{w = 4}$$

Para sacar el cloro se realizaría la siguiente fórmula

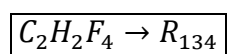
$$y + w + z = (2 \cdot x) + 2$$

$$2 + 4 + z = (2 \cdot 2) + 2$$

$$2 + 4 + z = 4 + 2$$

$$\boxed{z = 0}$$

Por lo que quedaría la composición química siguiente:



D) R_{12}

$$C_xH_yCl_zF_w \rightarrow R_{abc}$$

Primera cifra: $a = (x - 1)$
 Segunda cifra: $b = (y + 1)$
 Tercera cifra: $c = (w)$

$$C_xH_yCl_zF_w \rightarrow R_{abc} \rightarrow R_{12}$$

Primera cifra

$$a = (x - 1)$$

$$0 = (x - 1)$$

$$\boxed{x = 1}$$

Segunda cifra

$$b = (y + 1)$$

$$1 = (y + 1)$$

$$\boxed{y = 0}$$

Tercera cifra

$$c = (w)$$

$$\boxed{w = 2}$$

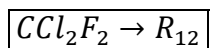
Para sacar el cloro se realizaría la siguiente fórmula

$$y + w + z = (2 \cdot x) + 2$$

$$0 + 2 + z = (2 \cdot 1) + 2$$

$$2 + z = 2 + 2; \boxed{z = 2}$$

Por lo que quedaría la composición química siguiente:



Ejercicio: Una bomba de calor real funciona entre las temperaturas de frontera de 600 y 1100 K. La bomba de calor cede un flujo de calor de $15000 \frac{\text{kJ}}{\text{min}}$ y se le suministra una potencia neta de 120 kW.

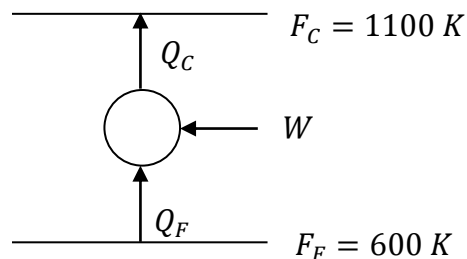
$$F_C = 1100 \text{ K}$$

$$T_F = 600 \text{ K}$$

$$\dot{Q} = 15000 \frac{\text{kJ}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 250 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 250 \text{ kW}$$

$$\dot{W} = 120 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

A) Determínese numéricamente si la bomba de calor real incumple la segunda ley en función de su COP



$$COP_R = \frac{\dot{Q}}{\dot{W}}$$

$$COP_R = \frac{T_C}{T_C - T_F}$$

$$COP_R = \frac{1100}{500}$$

$$\boxed{COP_R = 2,2}$$

$$COP = \frac{\dot{Q}}{\dot{W}}$$

$$COP = \frac{250}{120}$$

$$\boxed{COP = 2,1}$$

Si es posible porque $COP < COP_R$

Si es igual no existe aunque cumple el segundo principio de la termodinámica. Si es negativo no existe.

B) Determinese el flujo de calor suministrado, en kW, a la bomba de calor real y a una bomba de calor internamente reversible que ceda el mismo calor y que funcione entre las mismas temperaturas.

$$COP_R = \frac{\dot{Q}_C}{\dot{Q}_C - \dot{Q}_F}$$

$$2,2 = \frac{250}{250 - \dot{Q}_F}$$

$$250 - \dot{Q}_F = \frac{250}{2,2}$$

$$\boxed{\dot{Q}_F(ideal) = 136 \text{ kW}}$$

$$COP = \frac{\dot{Q}_C}{\dot{W}}$$

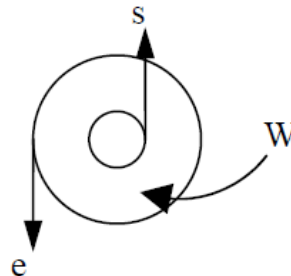
$$2,1 = \frac{250}{250 - \dot{Q}_F}$$

$$250 - \dot{Q}_F = \frac{250}{2,1}$$

$$\boxed{\dot{Q}_F(Real) = 130 \text{ kW}}$$

Ejercicio: En una bomba centrífuga de alimentación de una caldera, entra agua en estado líquido saturado a 90°C y es descargada a 30 bar. Suponiendo que la compresión es adiabática y reversible, calcúlese:

Para líquidos se utilizan las bombas, y para gases se utiliza compresores, en este caso se hace uso de una bomba.



	x	T (°C)	P (bar)
1	0	90 °C	
2			30

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

Cómo es adiabático y reversible es isentrópico, por lo que la fórmula queda:

$$dS = \frac{dQ}{T} = 0 \rightarrow S = cte$$

Para obtener el trabajo por el 1^{er} principio, donde ΔE_c y ΔE_p se pueden despreciar.

$$\dot{Q} = \dot{W} + \dot{m} \cdot [(h_2 - h_1)]$$

$$\dot{Q} = 0$$

$$0 = \dot{W} + \dot{m} \cdot [(h_2 - h_1)]$$

$$\dot{W} = \dot{m} \cdot [(h_1 - h_2)]$$

Se divide entre el flujo másico y queda:

$$W = (h_1 - h_2)$$

Se buscan en las tablas 90°C de líquido saturado y se localiza para $P = 0,7 \text{ bar}$ después se busca la h para el líquido a esa presión y se localiza $h = 376 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, se busca la entropía y da $s_1 = 1,19$.

Como la entropía en los dos puntos es la misma, se busca para una presión de 30 bar y nuestra entalpia habría que intercalarla entre 211,8 y 421,2.

La tabla queda así:

	x	T ($^{\circ}\text{C}$)	P (bar)	h ($\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$)	s ($\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$)
1	0	90 $^{\circ}\text{C}$		376	1,19
2			30		1,19

En vez de todo esto se aplican las leyes de Gibbs.

$$Tds = dh - v \cdot dP$$

En una bomba reversible $Tds = 0$, por lo que queda:

$$dh = v \cdot dP$$

Se integra y queda

$$\int_{h_1}^{h_2} dh = \int_{P_1}^{P_2} v \cdot dP$$

Como se tiene que calcular entre h_1 y h_2 , se hace la integral al revés.

$$\int_{h_2}^{h_1} dh = \int_{P_2}^{P_1} v \cdot dP$$

Como el volumen es contante entre los dos puntos, se puede hacer lo siguiente:

Como es agua y se sabe la densidad del agua, el volumen específico es la inversa de la densidad.

$$\rho = 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; v = 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$W = h_1 - h_2$$

$$W = v \cdot (P_1 - P_2)$$

$$W = 10^{-3} \cdot (0,7 - 30)$$

$$W = -0,0293 \text{ bar} \cdot \frac{10^2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}{1 \text{ bar}} = -293 \frac{\text{kN}\cdot\text{m}}{\text{kg}} = \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

1.2 Higrometría

El objetivo de la higrometría es obtener un valor de la humedad atmosférica del local en un instante determinado, este valor viene determinado por la cantidad de agua presente en el aire (el valor puede venir especificado en peso, volumen, presión parcial,...).

Para determinar este valor se tiene que tener en cuenta diferentes aspectos para poder llegar a obtener un resultado adecuado.

Las variables que se van a utilizar son:

- Humedad absoluta
- Temperatura de punto de rocío
- Relación de mezcla
- Humedad relativa
- Temperatura de bulbo húmedo
- Presión de vapor
- Temperatura virtual

A partir de estas variables existen diferentes elementos que dan una lectura de la humedad que tienen en esa mezcla.

Los diferentes tipos de medidores son:

A) Psicrómetro

Determina la cantidad de vapor de agua que existe en el local medido, esta lectura se realiza a partir de calcular cuál es la cantidad de vapor que se tendría que agregar para que dicho aire quede saturado.

Este equipo está compuesto por dos termómetros idénticos, uno que mide la temperatura del aire y es el llamado termómetro de bulbo seco. El otro termómetro sería el de bulbo húmedo que está tapado con una gasa la cual está humedecida siempre por agua destilada. El elemento mide la disminución de presión del bulbo y determina la diferencia de presión del vapor que existe entre los dos termómetros.

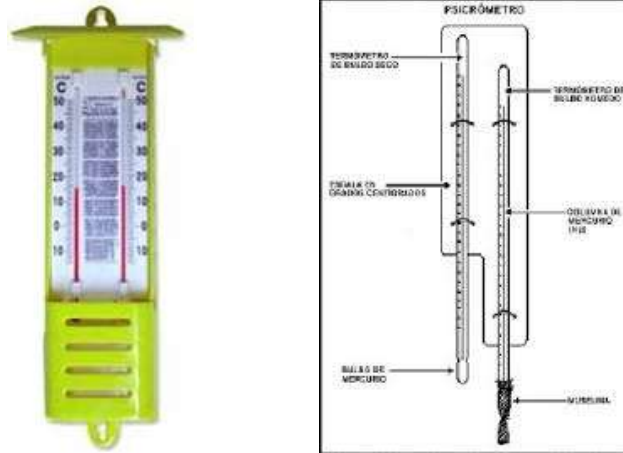


Figura 1.3.- Esquema de un psicrómetro y su imagen real

Fuente: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2008/CORDOBA/1324/trabajo/psicrometro.html>

B) Higrómetro de cabello

Su funcionamiento se basa en la propiedad de algunas sustancias de absorber el vapor de agua disuelto en el aire. El cabello es muy sensible a las variaciones de vapor, por eso se utiliza este material.

Este accesorio consta de un cabello enrollado a una polea y en el otro extremo se encuentra un peso, cuando hay una variación de tamaño de dicho pelo la polea gira y por se establece la medida.



Figura 1.4.- Esquema de un higrómetro de cabello y su imagen real

Fuente: <http://www.casaclima.com/tienda-a/3518H/ficha/Higrómetro-Barigo-3518H.html>

Fuente: <http://asignatura.us.es/pfitotecnia/textosC/practica1.htm>

C) Higrómetro capacitivo

Utilizan las características eléctricas para realizar la medición de la humedad en el medio que les rodea. Están formados por una placa fina de oro y otra de un polímero que tiene una constante dieléctrica muy baja. Por la diferencia de la constante dieléctrica del agua, al tener pequeñas cantidades de agua entre las placas afecta a la capacitancia y de esta forma se obtiene la lectura de la humedad del aire que se quiere realizar la medida.

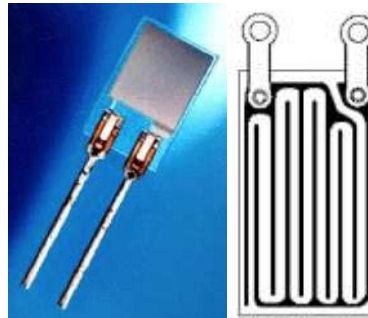


Figura 1.5.- Esquema de higrómetro capacitivo y su imagen real

Fuente: http://cerrmedind.blogspot.com.es/2008/05/17-higrmetros-resistivos-variables_31.html

D) Higrómetro de punto de rocío

Se basa en que se enfría una superficie reflectora hasta la temperatura donde el vapor empieza a ser cubierta por la condensación. La temperatura que existe en ese momento es la temperatura de rocío. A partir de esa temperatura se puede llegar a obtener la cantidad de vapor que se tiene en el aire.

Para intentar minimizar los errores es importante que el sensor de temperatura este lo más cerca posible del espejo, y que el espejo este limpio para que no influya en el comportamiento de este accesorio las partículas de polvo o sal.

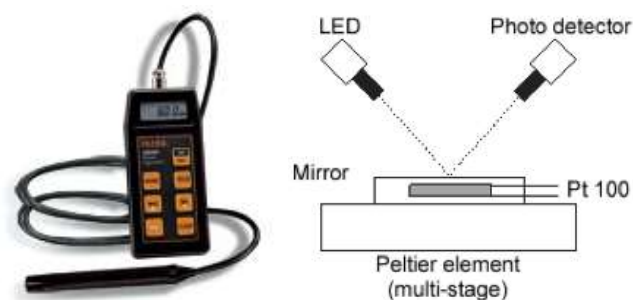


Figura 1.6.- Esquema de un higrómetro de punto de rocío y su imagen real

Fuente: <http://www.hannainst.es/catalogo/index.php?pg=9&Familia=1100&Familia2=37&CodProducto=747>

E) Higrómetros espectroscópicos

Mide la absorción de la radiación del vapor de agua, en diferentes rangos del espectro electromagnético. Los distintos valores de absorción de radiación se relacionan con la cantidad de humedad absorbida del medio que le rodea. Sobre todo se utilizan este tipo de accesorios cuando se necesita mucha precisión.

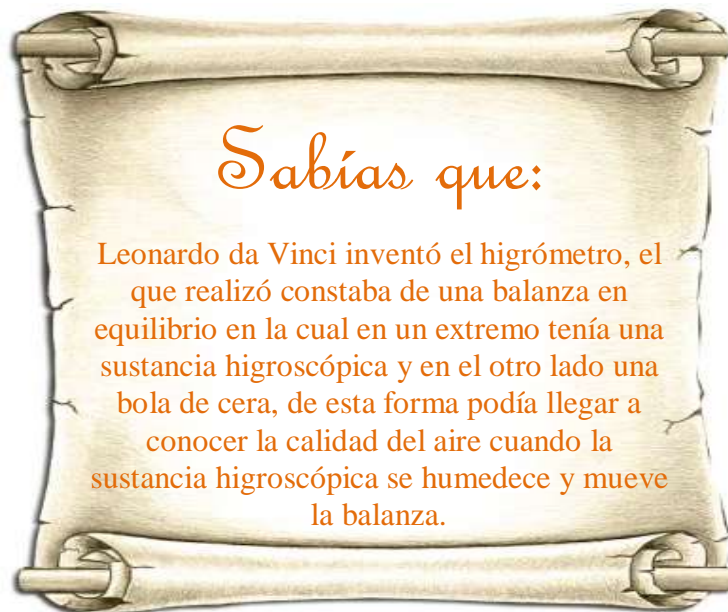


Figura 1.7.- Esquema de un higrómetro espectroscópico y su imagen real

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/img/Higrómetro-digital-para-temperatura-de-ensayo%2C-Humedad-con-Display-LCD-300000185997.html>

Tabla 1.1.- Ventajas y desventajas de diferentes higrómetros

<u>Tipo</u>	<u>Ventajas</u>	<u>Desventajas</u>
<i>Psicrómetro</i>	<ul style="list-style-type: none"> Estabilidad de largo tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de la gasa Errores en la lectura
<i>Higrómetro de cabello</i>	<ul style="list-style-type: none"> Operación simple Baratos 	<ul style="list-style-type: none"> Alto mantenimiento Rango medición limitado
<i>Higrómetro capacitivo</i>	<ul style="list-style-type: none"> Alta precisión Operación simple 	<ul style="list-style-type: none"> Compensación por temperatura del sensor
<i>Higrómetro de punto de rocío</i>	<ul style="list-style-type: none"> Muy alta precisión Tiempo de respuesta pequeño 	<ul style="list-style-type: none"> Alto precio Mantenimiento exhaustivo del espejo
<i>Higrómetros espectroscópicos</i>	<ul style="list-style-type: none"> Bajo tiempo de respuesta Muy alta presión 	<ul style="list-style-type: none"> Alto precio Mantenimiento complicado



1.3 Diagrama Psicrométrico

El diagrama psicrométrico es la herramienta empleada para determinar las características del aire húmedo a partir de una serie de constantes como pueden ser:

- Temperatura de bulbo seco: Es la temperatura media con termómetro ordinario, que sirve para medir la temperatura del aire.
- Temperatura de bulbo húmedo: Es la medida a partir de un termómetro de bulbo húmedo, lo que sirve para obtener la segunda constante del aire que se está analizando.
- Humedad absoluta: Cantidad en peso del agua en la composición total del aire, también conocida como humedad específica.
- Humedad relativa: Relación entre la cantidad de agua que contiene y la que se podría llegar a contener si estuviera completamente saturado, por lo que un valor más próximo al 100 % significaría que se está realizando una medida de un aire más húmedo.
- Temperatura de punto de rocío: Es la temperatura a la cuál en una superficie se condensaría.
- Entalpia: Es la cantidad de energía absorbida o cedida. La variación de dicha constante significa que el sistema absorbe o cede energía al entorno.
- Volumen específico: Es el volumen ocupado por una unidad de masa, independientemente de la cantidad de materia. El volumen específico es la inversa de la densidad, por lo que a partir de esta constante se puede calcular o hallar la densidad.

Con esas características se puede obtener el porcentaje de vapor de agua que se tiene en el aire, ya que se sabe que los componentes principales son oxígeno con un 21 % y nitrógeno con un 78 %.

Ejercicio: A partir del siguiente diagrama psicrométrico determinar todos los parámetros de dicha situación que se expone a continuación.

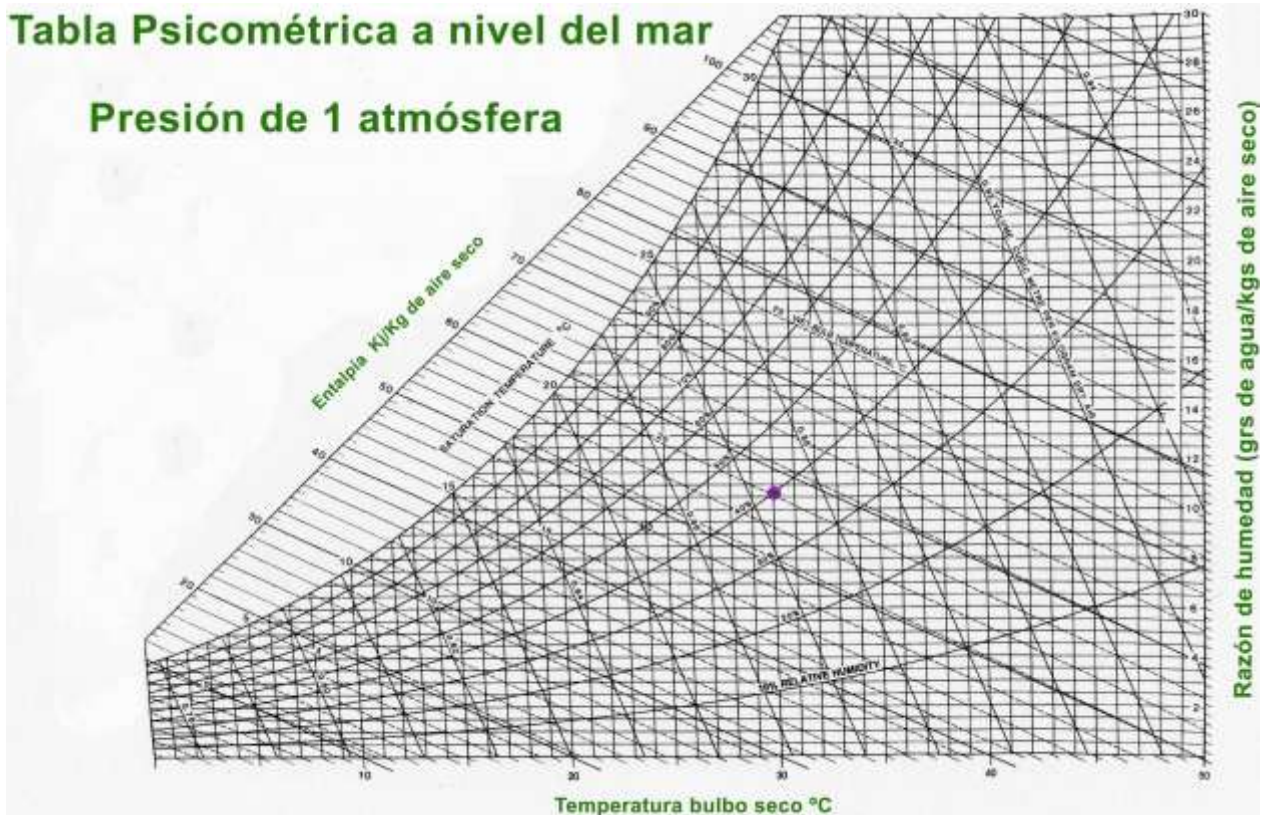


Figura 1.8.- Diagrama psicrométrico con situación inicial ejercicio 1

Determinar:

- A) Humedad absoluta
- B) Humedad relativa
- C) Entalpia
- D) Temperatura de saturación
- E) Temperatura de bulbo seco

Lo primero que se tiene que hacer es construir las líneas paralelas a los ejes de los diferentes parámetros para poder determinar cada medida, en la siguiente imagen aparece realizadas todas las líneas que se necesitan para sacar los diferentes parámetros de dicho punto inicial.

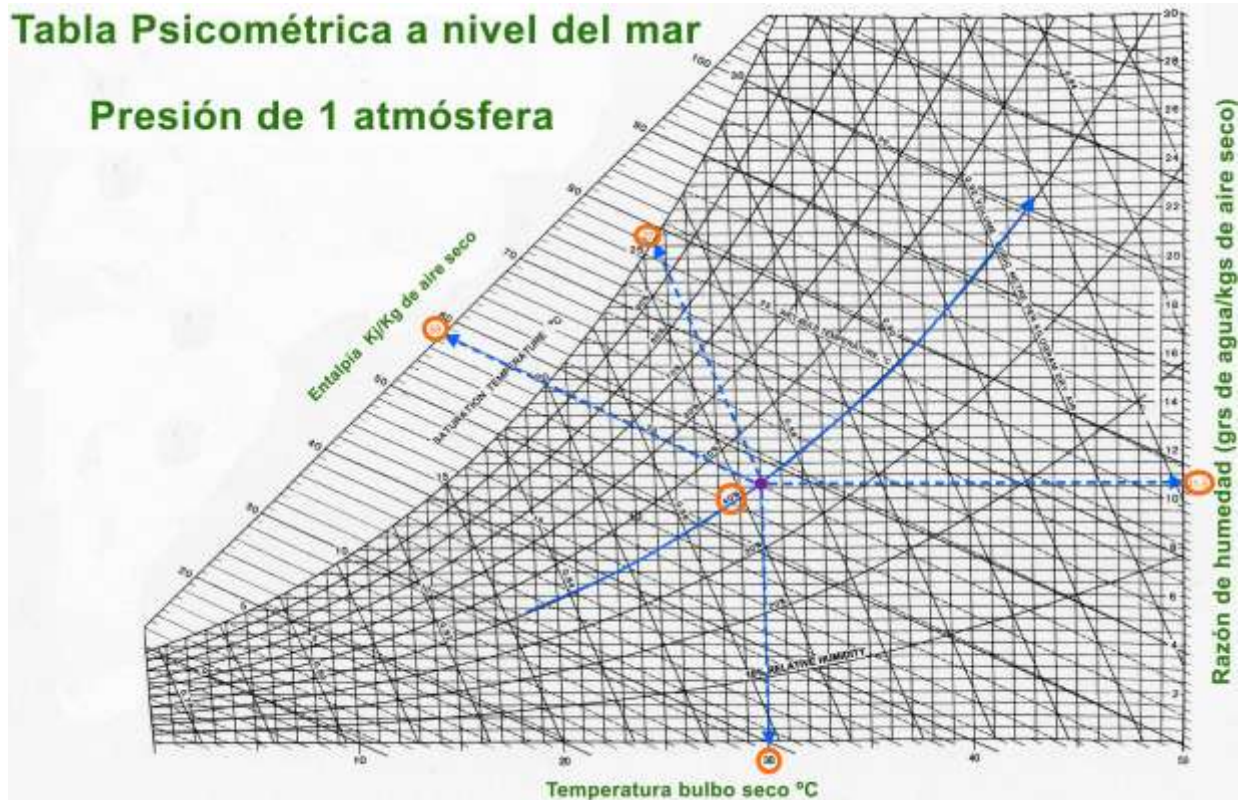


Figura 1.9.- Diagrama psicrométrico con situación final ejercicio 1

Los parámetros de los que tenemos que sacar la información son:

A) Humedad absoluta

$$\omega = 11,5 \frac{gr}{kg \text{ aire seco}}$$

B) Humedad relativa

$$\phi = 40 \%$$

C) Entalpia

$$H = 50 \frac{kJ}{kg \text{ de aire seco}}$$

D) Temperatura de saturación

$$T_{saturacion} = 27^{\circ}C$$

E) Temperatura de bulbo seco

$$T_{bulbo \text{ seco}} = 30^{\circ}C$$

Ejercicio: A partir del siguiente diagrama psicrométrico determinar todos los parámetros de dicha situación que se expone a continuación.

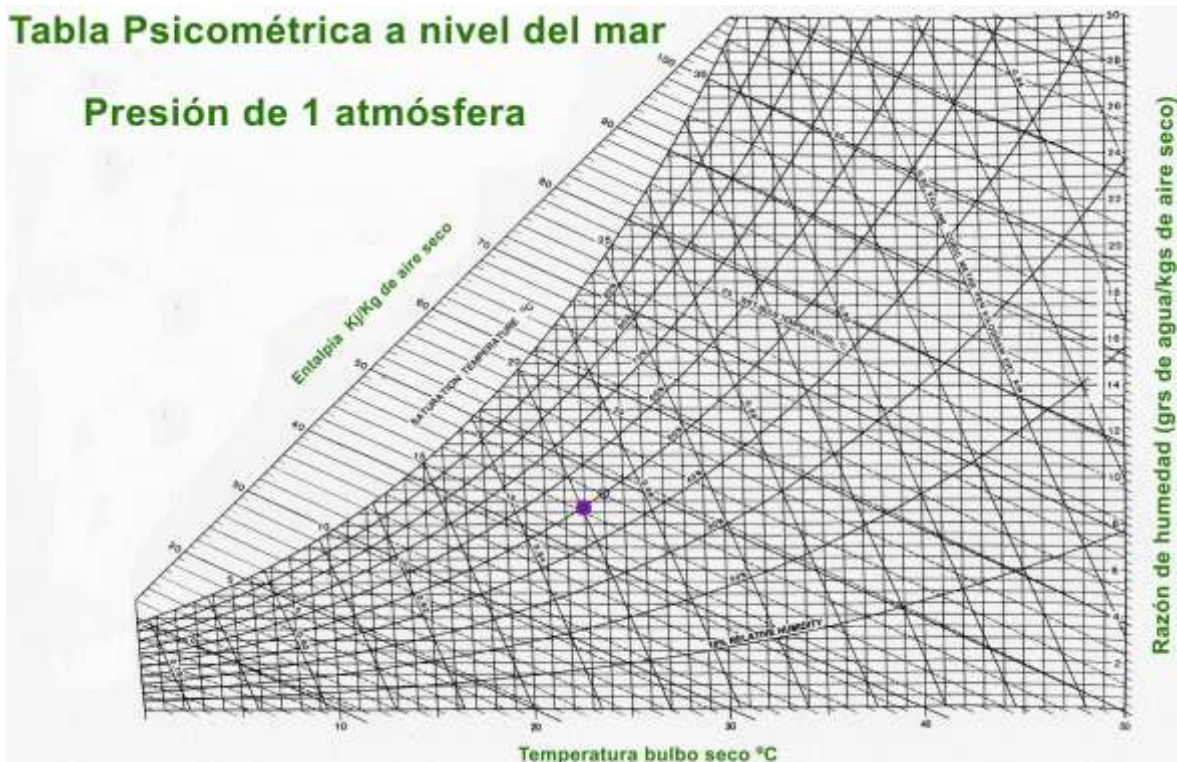


Figura 1.10.- Diagrama psicrométrico con situación inicial ejercicio 2

Determinar:

- A) **Humedad absoluta**
- B) **Humedad relativa**
- C) **Entalpia**
- D) **Temperatura de saturación**
- E) **Temperatura de bulbo seco**

Lo primero que se tiene que hacer es construir las líneas paralelas a los ejes de los diferentes parámetros para poder determinar cada medida, en la siguiente imagen aparece realizadas todas las líneas que se necesitan para sacar los diferentes parámetros de dicho punto inicial.

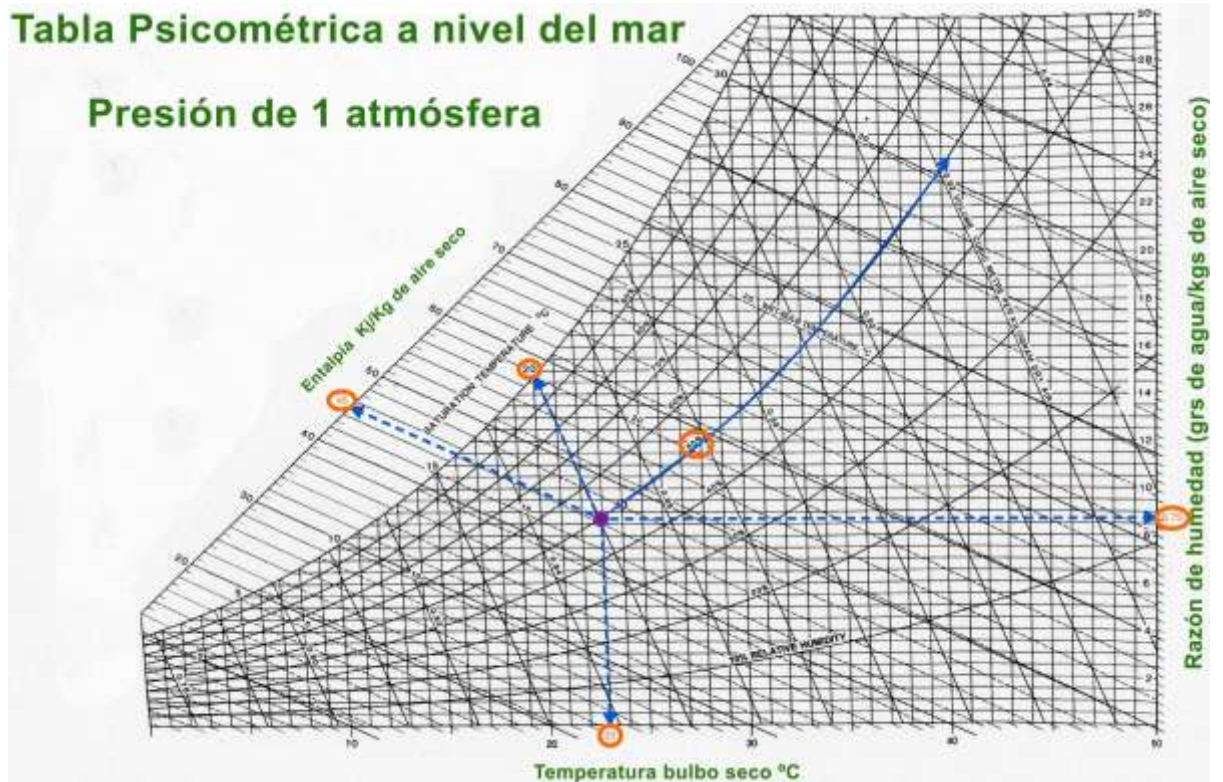


Figura 1.11.- Diagrama psicrométrico con situación final ejercicio 2

Los parámetros de los que tenemos que sacar la información son:

A) Humedad absoluta

$$\omega = 8,75 \frac{gr}{kg \text{ aire seco}}$$

B) Humedad relativa

$$\phi = 50 \%$$

C) Entalpia

$$H = 45 \frac{kJ}{kg \text{ de aire seco}}$$

D) Temperatura de saturación

$$T_{saturacion} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

E) Temperatura de bulbo seco

$$T_{bulbo \text{ seco}} = 23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ejercicio: En invierno el aire exterior de una ciudad, está a una temperatura de 5 °C y una humedad relativa de un 75 %. Se pretende calentar el aire a 20 °C para introducirlo a un espacio habitado, sin alteración de la humedad absoluta.

Determinar:

A) Humedad absoluta

Lo primero que se tiene que realizar es la colocación de la situación inicial en el diagrama, esta situación inicial está representado por el color morado, en el cuál se ha introducido una temperatura de 5 °C y una humedad relativa del 75 %. A partir del punto de intersección de estos dos datos, se desplazan a la situación final que estará a una temperatura de 20 °C, en este ejemplo está representado de color naranja.

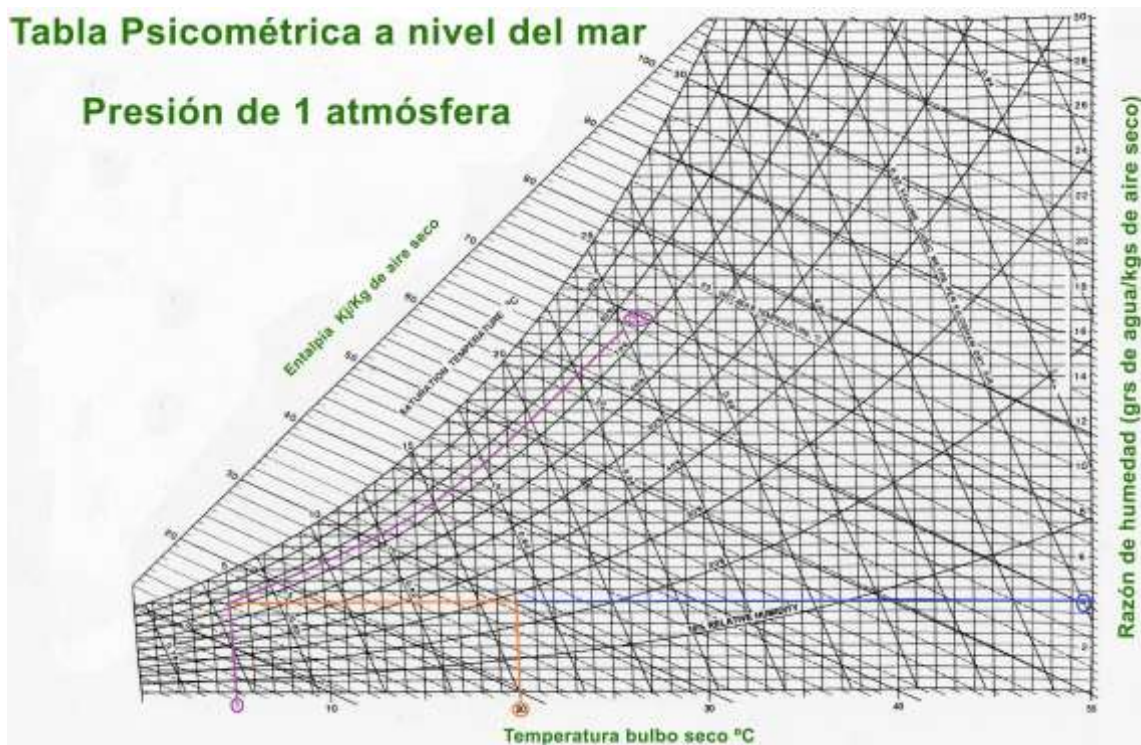


Figura 1.12.- Diagrama con la resolución de humedad absoluta

Una vez situado las condiciones iniciales y finales, se procede a calcular la humedad absoluta, la cual se traza una línea horizontal (línea de color azul) y se obtiene el valor que se tiene en el eje vertical.

$$\omega = 4 \frac{gr}{kg \text{ aire seco}}$$

B) Humedad relativa obtenida al final.

A partir de la colocación de la situación inicial y final se procede a calcular la humedad relativa final.

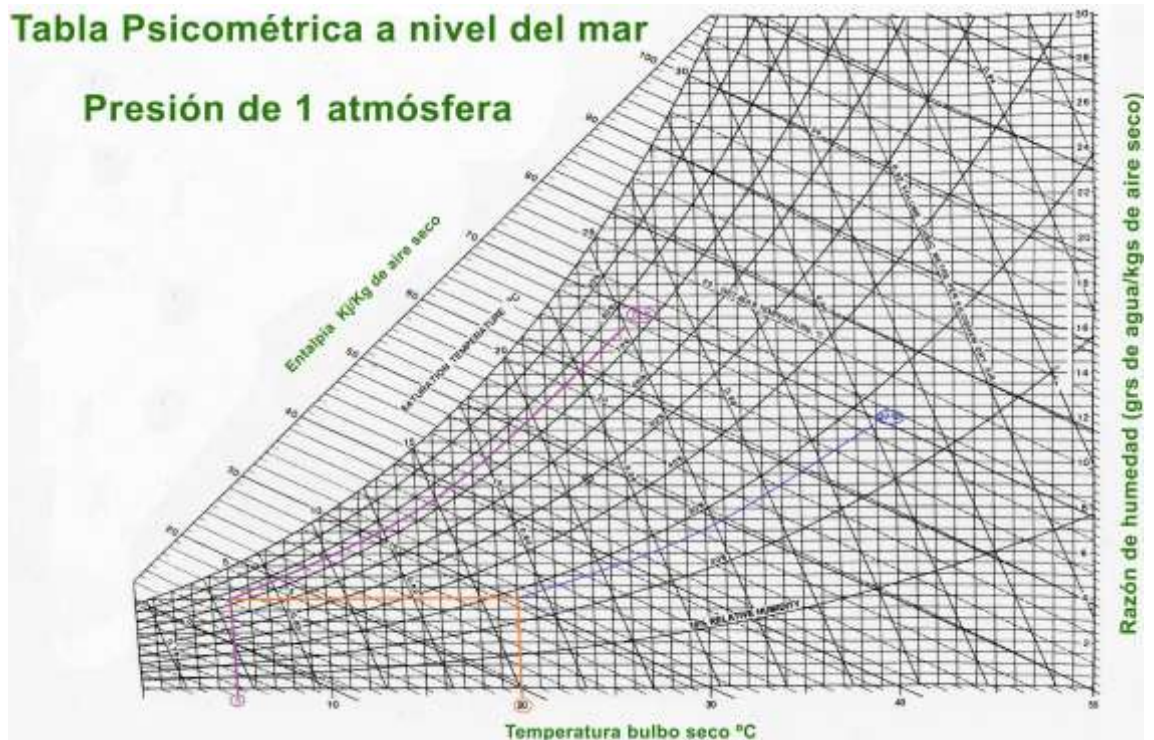


Figura 1.13.- Diagrama con la resolución de humedad relativa

Para realizar la obtención de la humedad relativa final, se tiene que realizar una línea paralela a la curva de humedad relativa (línea azul) en la cual se consigue como resultado:

$$\phi = 27 \%$$

C) Entalpias del estado inicial y del estado final.

Tabla Psicométrica a nivel del mar

Presión de 1 atmósfera

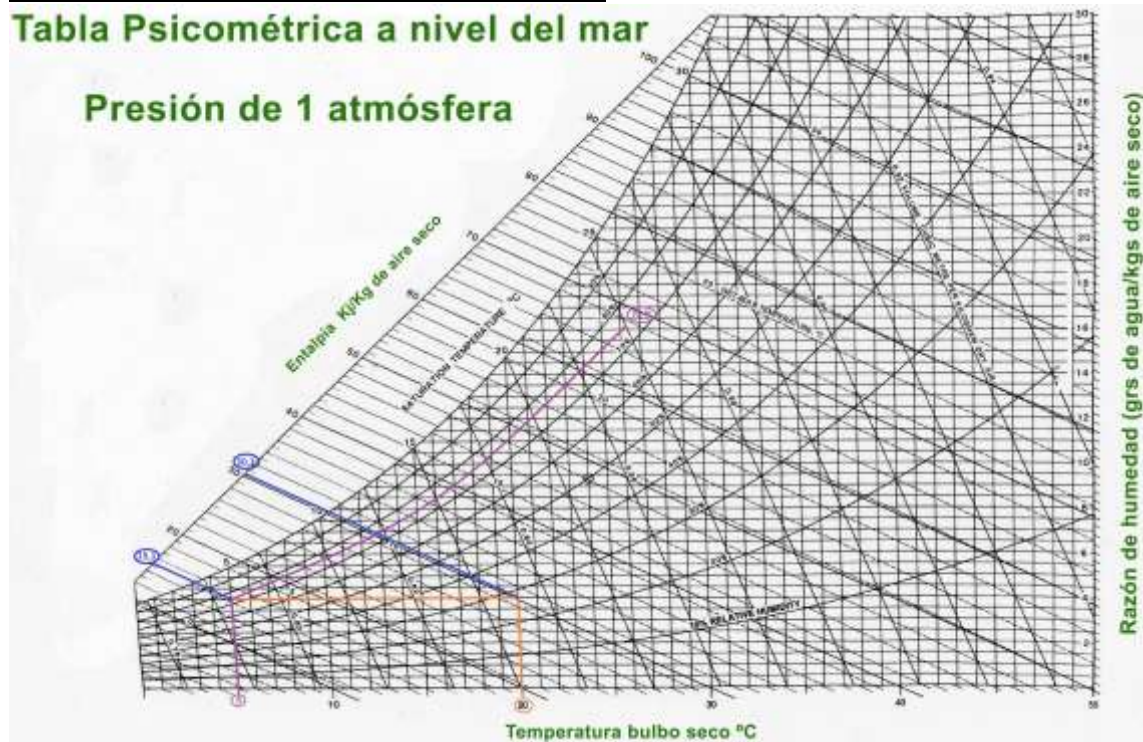


Figura 1.14.- Diagrama con la resolución de entalpias de estado inicial y final

1. Situación inicial:

Para obtener como resultado la entalpia inicial, se va a hacer uso de la situación inicial, y se va a realizar una recta paralela a las de entalpia (línea de color azul). De esta forma se obtiene como resultado:

$$H = 15,1 \frac{kJ}{kg \text{ de aire seco}}$$

2. Situación final

Para obtener como resultado la entalpia final, se va a hacer uso de la situación final, y se realizara una recta paralela a las de entalpia (línea de color azul). De esta forma se obtiene como resultado:

$$H = 30,2 \frac{kJ}{kg \text{ de aire seco}}$$

D) Temperatura de rocío para la situación inicial.

A partir de la colocación de la situación inicial se procederá a calcular la temperatura de rocío.

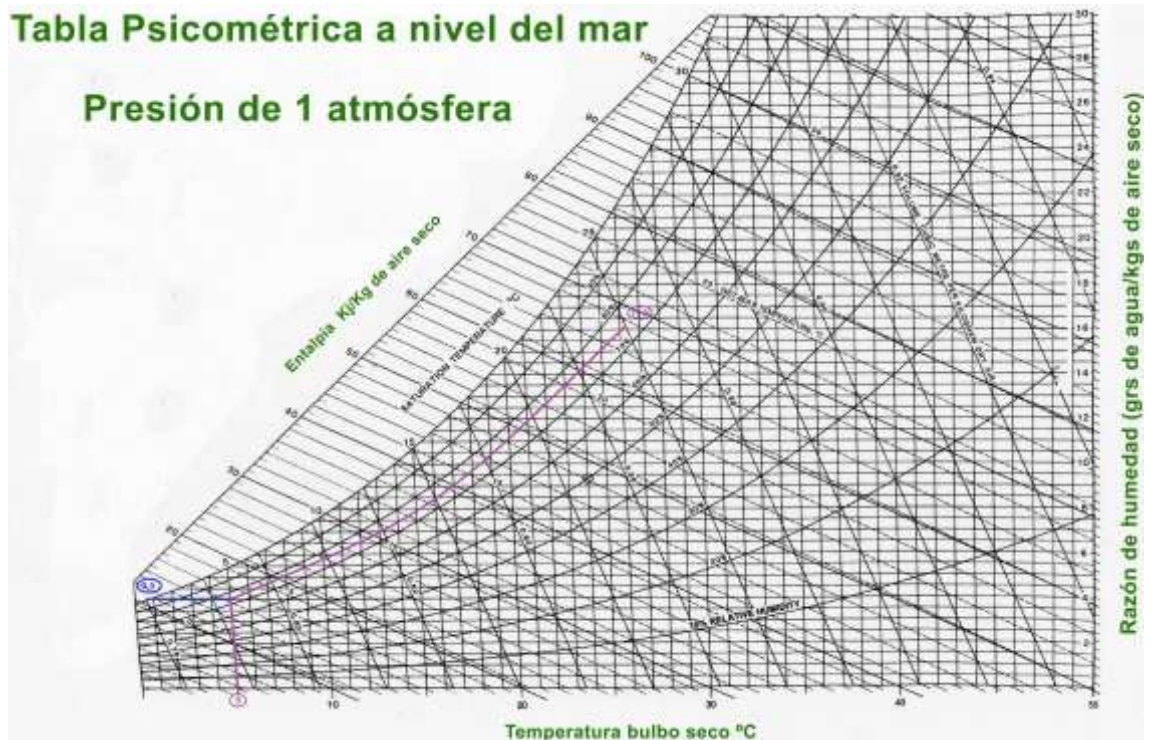


Figura 1.15.- Diagrama con la resolución de temperatura de rocío final

Para realizar la obtención de temperatura de rocío, se va a realizar una recta horizontal hacia el lado de temperatura de saturación, de esta forma se consigue dicha temperatura que en este caso es:

$$T_{rocio} = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2 Instalaciones de climatización

En el anterior capítulo se desarrollan los diferentes ciclos termodinámicos que existen para la generación de frío y calor. Por otra parte, se realizan ejercicios de aplicación de los esquemas propuestos. En el presente capítulo se exponen los equipos que aplican tecnológicamente esos ciclos termodinámicos desarrollados de forma teórica.

La producción de frío o calor por parte de un equipo solo va a depender de como este construido, ya que dependiendo la situación del evaporador y del condensador funcionara de una forma u otra. En muchos casos el mismo equipo puede funcionar de las dos formas, son equipos reversibles que con un simple cambio en el sentido de circulación del fluido refrigerante, permite que el equipo sea de generación de frío o de calor.

Aunque la generación de frío o de calor controlando la temperatura es suficiente, también hay que tener en cuenta en las condiciones que se genera dicho calor o frío, porque habrá que asegurar unas condiciones de calidad del aire adecuadas para el consumidor y también en la parte de refrigeración del equipo para generar dichos ciclos termodinámicos. A partir de estos parámetros se puede tener la construcción de diferentes equipos, dependiendo como sea la zona de refrigeración, la zona de obtención de dicha temperatura, los controles de calidad del aire, etc.

Las partes de las que constan las instalaciones de climatización son las siguientes:

- Generación de energía térmica
- Transporte primario
- Uso de la energía térmica (climatizadores y unidades terminales)
- Transporte secundario
- Emisión en los locales

2.1 Definiciones y clasificaciones de las instalaciones

La definición más importante para saber el fin que se busca es la de climatización.

Climatización: Es la acción de dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad del aire y a veces también de presión, necesarias para la salud o la comodidad de quienes lo ocupan.

También para poder comprender las instalaciones de refrigeración, se tienen que tener conocimientos sobre dicho tema, por lo que se exponen conceptos relacionados con este tema.

- Aire de expulsión: Es el aire tratado en uno o varios locales y que es enviado al exterior.
- Aire de extracción: Es el aire tratado que es enviado al exterior.
- Aire exterior: Es el aire que procede del exterior para ser tratado en el sistema.

- Aire de impulsión: Es el aire que una vez tratado se utiliza para climatizar el local.
- Aire interior: Es el aire que se encuentra en el local que se climatiza.
- Caldera: Es el equipo encargado de transferir la energía térmica al circuito de climatización. En esta definición no se incluye la bomba de calor o la cogeneración.
- Calefacción: Es el proceso por el que se controla solo la temperatura del aire del local con carga térmica.

Por lo que se podría resumir en que climatizar es llevar a un espacio a las condiciones de confort para que los usuarios de ella se encuentren cómodas. Las condiciones de confort dependen de diferentes parámetros como pueden ser:

- Factor humano: Depende de la cantidad de gente existente en un recinto, la vestimenta de dichas personas, la actividad física o el tiempo que permanezcan en dicho local, este factor no puede modificarse, se tiene que adecuar la climatización a su uso.
- Aire: Depende de las personas que habiten el local, ya que pueden llegar a variar las condiciones del aire como pueden ser la temperatura, la humedad y las impurezas. Por lo que los propios sistemas de climatización ya tienen parámetros para controlar estas características y modificarlas.
- Espacio: Este factor es muy importante porque depende de como este construido dicho espacio se necesitaran unas condiciones de climatización u otras.
- La temperatura exterior: Es la temperatura a la que está expuesto el edificio o lugar a climatizar.
- La ventilación: Los sistemas de ventilación que exista en la envolvente pueden modificar la temperatura interna.
- La ocupación: Este factor no se puede despreciar sobre todo cuando se tiene que poner refrigeración al edificio, ya que cada individuo que este en el edificio va a generar entre 80 y 150 W de calor.
- La iluminación: Los equipos de iluminación tienen también mucha importancia por el calor generado cuando estas están encendidas, por lo que dependiendo del tipo de iluminaria que se tenga, se obtiene un valor que estará entre 15 y 25 $\frac{W}{m^2}$.

Ejercicio: Se desea conseguir estimar la climatización de una biblioteca de 350 m², cuyo sala suele estar ocupada de media por unas 100 personas. ¿Cuál será el calor generado por la ocupación y la iluminación?

Lo primero que se tiene que tener en cuenta es escoger dichos valores utilizados para calcular la parte de la iluminación y la parte de la ocupación.

Como en el enunciado ponen que es una biblioteca, la actividad va a ser relativamente baja, por lo que para la parte de ocupación se va a estimar que es el valor más bajo por cada persona, por lo que se determina 80 W por persona

$$Q_{ocupacion} = (N^{\circ} \text{ Personas}) \cdot (Q_{persona})$$

$$Q_{ocupacion} = (100) \cdot (80)$$

$$\boxed{Q_{ocupacion} = 8000 \text{ W}}$$

Ahora se tiene que estimar el calor generado por la iluminación, al ser una biblioteca se va a necesitar tener una buena iluminación, por lo que se va a tener más unidades por m^2 y se supondrá que serán iluminación de bajo consumo, por lo que se va a coger un valor intermedio de $20 \frac{W}{m^2}$.

$$Q_{iluminacion} = (\text{Area del recinto}) \cdot (Q_{luminaria})$$

$$Q_{iluminacion} = (350) \cdot (20)$$

$$\boxed{Q_{iluminacion} = 7000 \text{ W}}$$

Como se puede comprobar ninguna de los calores generados es despreciable, por lo que se tienen que tener muy en cuenta, sobre todo cuando sea necesario refrigerar esa cantidad de calor, para instalar el equipo adecuado.

$$Q_{Total} = Q_{ocupacion} + Q_{iluminacion}$$

$$Q_{Total} = (8000) + (7000)$$

$$\boxed{Q_{Total} = 15000 \text{ W}}$$

2.2 Partes y elementos constituyentes

Los sistemas de climatización están compuestos por diferentes etapas:

- Generación de energía térmica: Hay una etapa que genera frío o calor, en función de las necesidades a satisfacer.
- Transporte primario: Es la etapa encargada de transportar la energía térmica generada en la etapa anterior al lugar de utilización. Como fluido que transporta la energía (fluido caloportador) se suele utilizar agua, aunque en algún sistema de climatización se utilizaran anticongelantes.
- Uso de la energía térmica: Es la utilización de la energía térmica en los lugares que hay climatizar, esta energía se puede utilizar de diferentes formas:
 - *En climatizadores:* Son los sistemas de tratamiento de aire, en estos sistemas se junta el aire que se quiere climatizar (del exterior o del interior) y por otro lado el fluido que viene del transporte primario.
 - *En unidades terminales:* Son los Fancoils, la utilidad de estos sistemas es transportar el aire a través de ellos. Por lo que en este caso solo se puede refrigerar el aire de dentro de la sala y por lo tanto no realiza ventilación del aire.

- Transporte secundario: Una vez realizado el intercambio de la energía, ese aire es transportado a través de estos conductos hasta el local a climatizar.
- Emisión en los locales: Una vez transportado por los conductos secundarios, se expulsa ese aire a la sala a climatizar.

2.3 Análisis funcional

En este apartado se hará referencia a los equipos de ciclo de refrigeración por compresión y el ciclo de refrigeración por absorción. La calefacción es el sistema de generación básico para la elevación de temperatura. Se utiliza en la mayor parte de las viviendas por su simplicidad y economía. En zonas donde no es necesaria la generación de frío, al no existir demanda del mismo, se hace necesario solamente el sistema de calefacción. En las ciudades del norte de España es muy frecuente que solo dispongan de sistema de calefacción ya que la demanda de refrigeración es pequeña. Mientras que en las ciudades del sur, se suele disponer de un equipo para satisfacer la demanda de refrigeración.

- Ciclos de refrigeración por compresión

Estos ciclos están formados por cuatro partes principales (compresor, condensador, válvula de expansión y el evaporador).

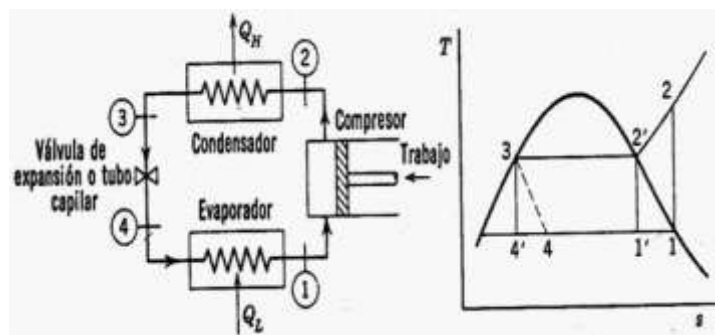


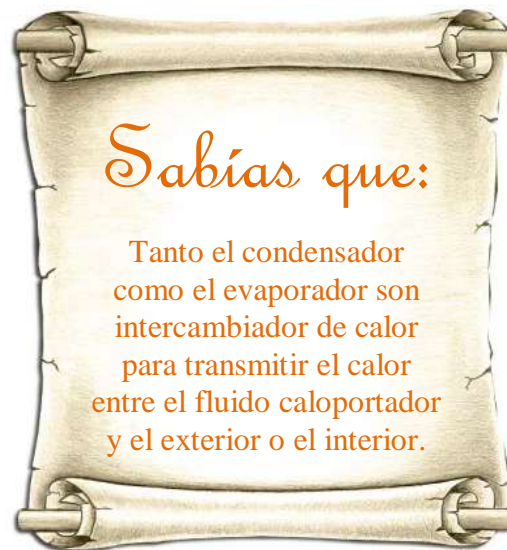
Figura 2.1.- Esquema de un ciclo de refrigeración por compresión

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos31/capacidad-calorifera/capacidad-calorifera.shtml>

Como se puede apreciar en la anterior imagen el fluido refrigerante, va cambiando de estado y de temperatura según va pasando por los diferentes elementos del climatizador.

El refrigerante se encuentra en forma de gas a la entrada del compresor, en él lo que va a suceder es que dicho gas se va a comprimir y por lo tanto va a aumentar la temperatura y también su presión. Una vez que se tiene esas condiciones pasa al condensador, lo que sucede en el condensador es intercambio de calor en el cuál lo que se hace es que el refrigerante disminuya la temperatura (cuando un gas se enfría pasa a estado líquido), por lo que a la entrada de la válvula de expansión lo que se tiene en forma líquida y en este elemento se pulveriza (teniendo una composición de vapor y líquido) y también disminuyendo la temperatura. De esta forma se consigue que el fluido refrigerante tenga las

condiciones adecuadas para llegar al evaporador (que es un intercambiador) que va a absorber el calor de la sala que se va a refrigerar. A la salida del evaporador se encuentra en las condiciones iniciales para volver a repetir el ciclo.



Como se desarrolló en los anteriores capítulos, los refrigerantes utilizados son compuestos químicos que tienen un punto de ebullición muy bajo. Con las nuevas normativas medioambientales los refrigerantes utilizados antes, mas contaminantes, han sido prohibidos y han sido sustituidos por los refrigerantes mas respetuosos con el medio ambiente.

- Ciclos de refrigeración por absorción

En este tipo de ciclos se aprovechan las características de absorber a otra sustancia en estado vapor (estos compuestos son el amoniaco o el bromuro de litio).

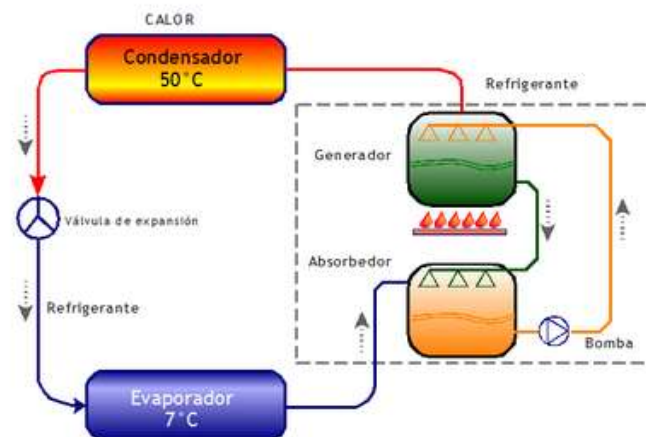


Figura 2.2.- Esquema de un ciclo de refrigeración por absorción

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Refrigeración_por_absorción

El funcionamiento con amoníaco sería el siguiente. En el generador se tiene una mezcla compuesta por amoníaco y agua. Se consigue la ebullición de esta mezcla a partir de un quemador (aportación calorífica). De este modo se consigue que el amoníaco se evapore y se separe del agua. Y de esta forma el amoníaco pasa por el condensador, la válvula de expansión y el evaporador (sucediendo lo mismo que en un ciclo de refrigeración por compresión). A la salida del evaporador se tiene el amoníaco evaporado que va a pasar al absorbedor donde se va a mezclar con el agua que se separa en el generador, para así conseguir otra vez la mezcla que se va a impulsar mediante una bomba para comenzar de nuevo el ciclo.

En el caso de utilizar bromuro de litio, el ciclo se realizaría de la misma forma, pero el amoníaco que era la sustancia refrigerante será sustituido por agua. Y el agua que era la sustancia absorbente será sustituida por bromuro de litio. Con esta situación de estos compuestos se puede conseguir el funcionamiento en modo calefacción o en modo refrigeración.

2.4 Equipos de generación de calor y frío

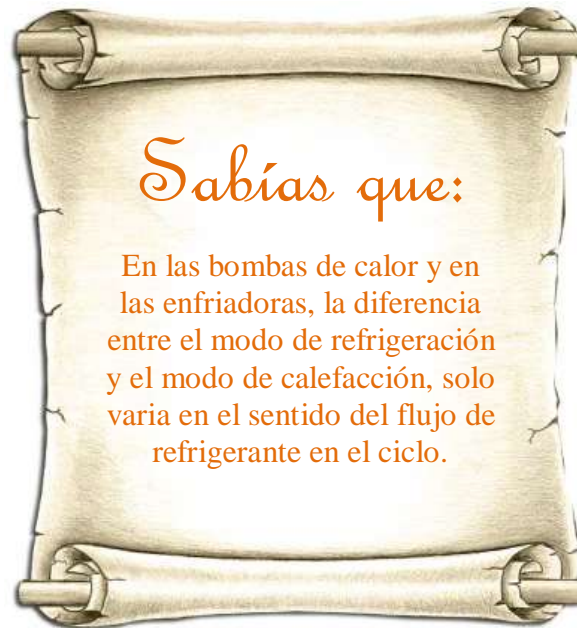
La transferencia de calor se realiza mediante el contacto de dos fluidos caloportadores en contacto por una superficie que transmita el calor y por lo tanto tiene que tener un coeficiente de conductividad lo mayor posible y con las menores pérdidas posibles para tener un rendimiento muy alto.

El fluido que circula por el circuito primario o principal que sería el de la sala a aclimatar no tiene porque ser el mismo fluido que va a transportar la energía térmica hasta el intercambio de energía.

El fluido en el circuito principal suele ser siempre aire porque se suele climatizar con dicho gas, pero en el circuito secundario se puede tener agua, aire o un fluido refrigerante que tenga mejores características de transferencia de energía el cuál mejoraría el rendimiento.

Cuando se utilizan diferentes fluidos en el primario y en el secundario se tiene que asegurar que no haya transferencia de materia entre ellos, porque podría ocasionar averías en los accesorios y elementos del circuito opuesto.

De esta forma y dependiendo el tipo de fluido que se tenga por el circuito primario y por el circuito secundario hay diferentes tipos y clasificaciones de sistemas de climatización.



2.4.1 Enfriadoras y bombas de calor

Son sistemas dedicados al intercambio de energía y sirven para climatizar diferentes instalaciones de diversos tipos (salas habitadas, polideportivos, sitios públicos,...), de esta forma es muy importante saber de qué elementos consta como se puede ver en el siguiente capítulo.

También habría que hacer un dimensionamiento correcto de la tubería para que no haya pérdidas de cargas excesivas y que el fluido no llegue en las condiciones adecuadas, por lo que todos los elementos que se introduzcan a lo largo de esa conducción van a producir una pérdida de carga y se tendrá que contabilizar en cálculo.

También se tendrá que tener en cuenta cuáles son las condiciones de confort de nuestra sala, que es a la temperatura que se tiene que obtener para que quede climatizada dicha instalación.

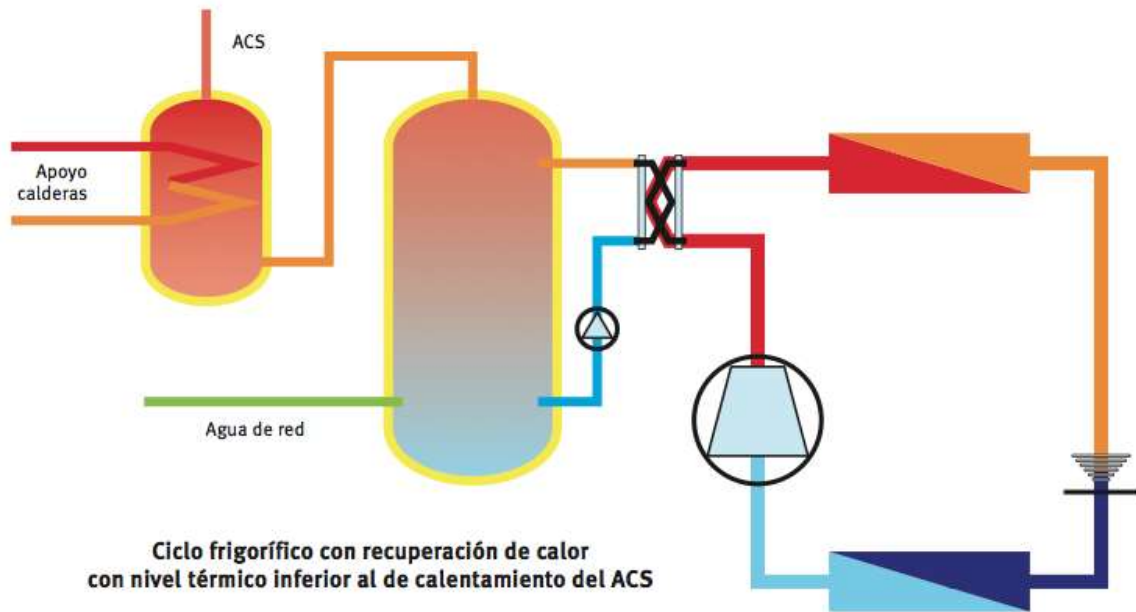


Figura 2.3.- Ciclo frigorífico con recuperación de calor

Fuente: IDAE – Agua caliente sanitaria central

2.4.2 Equipos aire-aire

Son equipos que en el circuito primario y secundario tienen como fluido caloportador aire, de esta forma emplean un caudal de aire frío o caliente dependiendo de la situación a la que se quiere llegar y las condiciones que se quiere obtener.

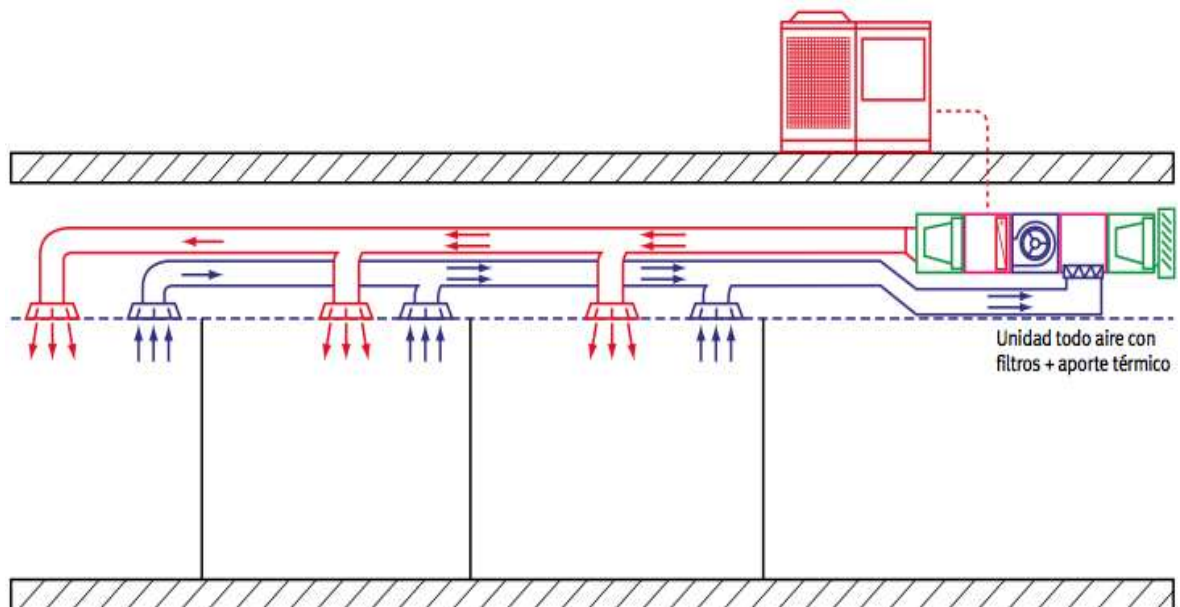


Figura 2.4.- Sistema todo aire

Fuente: IDAE – Instalaciones de climatización

Estos equipos tienen capacidad de renovar el aire y la humedad existente en la instalación a climatizar.

Todos los equipos de aire-aire, están compuestos por:

- Circuito frigorífico: Es la parte por la que circula el fluido caloportador. A su vez está compuesto por los siguientes accesorios.
 - *Compresor*
 - *Condensador*
 - *Evaporador*
 - *Válvula inversora*: Válvula de cuatro vías, que es la que tiene que cambiar el modo de generación de frío o de calor.
 - *Filtro deshidratador*: Es la parte encargada de eliminar la humedad y las pequeñas partículas.
 - *Válvula de expansión*
 - *Tomas de presión o de interconexión*

- Ventiladores: Son elementos que mejoran la transmisión de calor en los intercambiadores. Están compuestos por los siguientes elementos.
 - *Ventiladores del condensador*: Son los encargados de circular aire por el condensador.
 - *Ventiladores del evaporador*: Los encargados de que circule el aire por el evaporador. Pueden funcionar a diferentes velocidades.
 - *Carcasas y envolventes*: Son elementos para controlar el flujo y para proteger el equipo.

- Equipo electrónico y de control: Son elementos de control y conexión.
 - *Termostatos*
 - *Resistencias eléctricas*
 - *Fusibles*
 - *Placas de circuitos*

Los equipos de aire – aire se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- Equipos autónomos compactos

Son los equipos que los elementos anteriormente vistos están dentro del mismo bloque, los modelos que se pueden tener son:

- *Equipos de ventana*



Figura 2.5.- Equipo de ventana (aire – aire)

Fuente: <http://www.friofreshindustrial.com/productos/equipos>

- *Equipos verticales*



Figura 2.6.- Equipo verticales (aire – aire)

Fuente: http://blogs.hoy.es/QUIERO_SER_UTIL

- *Equipos horizontales*



Figura 2.7.- Equipo horizontales (aire – aire)

Fuente: <http://www.acproductsperu.com/ventas.php?categoria=1&producto=2>

- *Equipos autónomos partidos*

Este tipo de equipos va dividido en dos grupos, una parte externa y otra interna. Esto tiene como ventaja principal el ahorro de espacio en el interior. Como inconveniente principal, la interconexión eléctrica y por tuberías que tiene que existir entre el interior y el exterior. Los tipos de equipos que existen pueden ser:

- Unidades de suelo o consola



Figura 2.8.- Unidades de suelo (aire – aire);

Fuente: <http://www.gasfríocalor.com/aire-acondicionado-samsung-suelo-techo-ac052fbcdeh-eu-ac052fcadeh-eu>

- Unidades de techo



Figura 2.9.- Unidades de techo (aire – aire)

Fuente: <http://www.gasfríocalor.com/aire-acondicionado-haier-unidad-interior-suelo-techo-ac28es1era>

- Unidades de empotrar



Figura 2.10.- Unidades de empotrar (aire – aire)

Fuente: <http://www.lennoxemeia.com/es/product/terminals-fancoils/armonia>

- Unidades de pared



Figura 2.11.- Unidades de pared (aire – aire);

Fuente: <http://www.tstservicios.com/equipos/Aire-Acondicionado/equipos-de-aire-acondicionado.php>

- Sistemas centralizados aire – aire

Son similares a los equipos compactos, porque solo existe una unidad en la que están todos los componentes. Son equipos que están diseñados para instalar en falsos techos o en terrazas. Suelen desempeñar la climatización de varias salas o la climatización de espacios amplios.

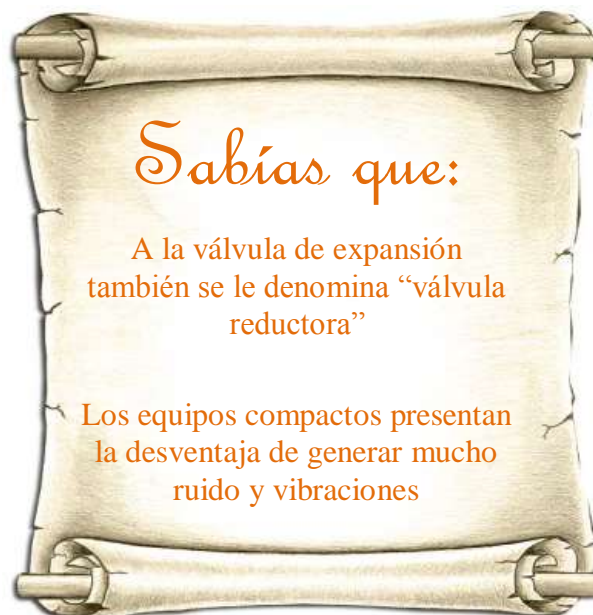


Figura 2.12.- Sistemas centralizados (aire – aire)

Fuente: <http://www.instaladoresinteligentes.com/>

Para ello se tienen dos tipos:

- *Volumen de aire variable*: Se va a regular el caudal de aire que entra en cada local, incluso se puede hasta cerrar la entrada de aire.
- *Temperatura de aire variable*: Del equipo primario se va a tratar en un equipo secundario para conseguir las condiciones de climatización adecuadas que se quiere tener para dicha zona.



2.4.3 Equipos aire-agua

Este tipo de equipos utilizan como fluidos agua y aire. Se les denomina comúnmente enfriadoras de agua (ya que si disponen de un bomba de calor) pueden producir agua caliente o agua fría. El agua se transporta a las unidades terminales (fancoils).

En los equipos que utilizan un enfriador de agua, esta parte del equipo es colocado en el exterior. Este equipo (equipo compacto) incluye todo el equipo frigorífico, hidráulico y de control. Solo precisa de corriente y de red de transporte primario.

Si el equipo está en modo refrigeración, su funcionamiento es el siguiente. El calor que tiene el circuito de agua lo cede al exterior. Si fuera en modo calefacción sería a la inversa, cogería el calor del exterior.

Además del módulo frigorífico, está compuesto por:

- Intercambiadores de aire – refrigerante: Es el encargado de transmitir calor o frío, dependiendo en el modo que funcione, al refrigerante. Este elemento funciona como el condensador o el evaporador en el ciclo de una bomba de calor.
- Ventiladores: Sirven para mejorar el intercambio de calor. Se instalan en la parte superior del equipo para transmitir el aire en sentido vertical ascendente.
- Compresores: Suele estar compuesto de más de un compresor.
- Intercambiador refrigerante – agua: Su misión es transmitir el calor del refrigerante al agua del circuito primario. Es muy importante el aislante térmico para que no haya intercambio con el aire y también que no haya fugas porque podría estropear los equipos anteriores.
- Sistemas de inversión de ciclo: Permiten invertir el sentido del equipo y que funcionen en modo calor o en modo frío.

Además de todos estos elementos estos equipos suelen contar con un sistema de control en los cuáles tendría (temporizadores, termostatos, mandos, etc.).



Figura 2.13.- Equipo aire – agua

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_de_calor/

2.4.4 Equipos agua-agua

Este tipo de equipos utilizan tanto agua para la parte de la evaporación como para la condensación, por lo que por los dos circuitos va a contener agua. Se basan en el mismo principio que los equipos de aire – agua. Enfriando el agua de la parte del transporte primario y se envía a las unidades terminales. La condensación por agua permite dos posibilidades:

- Equipos sin recuperación: El agua utilizada para la condensación viene de la red, una vez que ha pasado por el condensador, esa agua no es reutilizada y se la envía al desagüe.
- Equipos con recuperación: El agua utilizada que pasa por el condensador, se lleva a una torre de recuperación (donde se enfría) y se podría volver a utilizar en el condensador, por lo que se tendría un circuito cerrado (cuando se tiene este tipo de circuitos se requiere el uso de agua sin impurezas para mejorar el rendimiento).

Los equipos que tienen una parte de recuperación de agua, se tienen que regir por una normativa de mantenimiento para evitar la propagación de legionelosis (bacterias formadas en unas condiciones de temperatura y presión en la torre de recuperación).

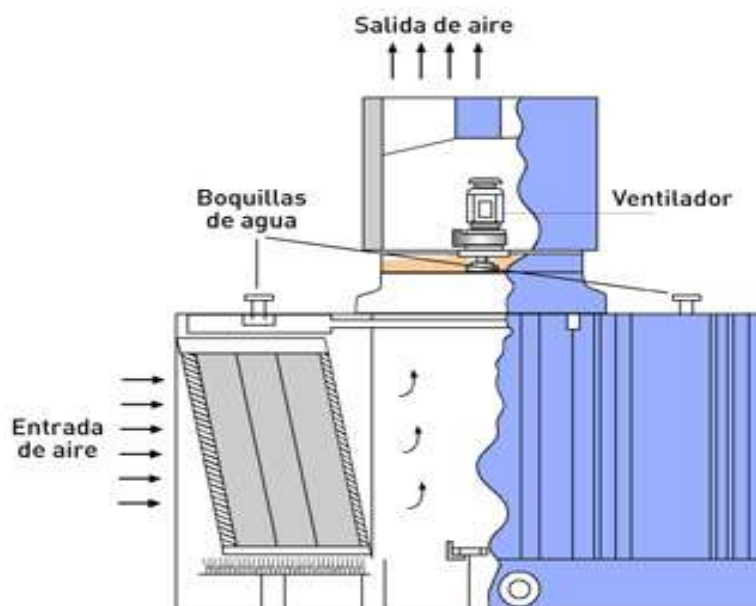


Figura 2.14.- Torre de recuperación

Fuente: <http://www.empresaeficiente.com/es/catalogo-de-tecnologias/torres-de-refrigeracion/>

2.5 Elementos constituyentes de una bomba de calor

Las bombas de calor utilizan los mismos elementos que un sistema de refrigeración, en el cuál su objetivo es la recuperación de calor residual.

El calor residual se absorbe en el evaporador, y en el compresor con aporte de energía eléctrica se consigue aumentar la presión de dicho gas para aumentar su entalpia (por lo tanto su temperatura), dicho gas pasa al condensador el cuál cede calor al foco caliente y pasa de estado gaseoso a estado líquido, después se va a la válvula de expansión que va a realizar una caída de presión y por lo tanto a esa presión el fluido refrigerante empieza a evaporarse. Esto hace que en el intercambiador de calor o evaporador como explique antes se absorba calor residual.

Las bombas de calor pueden tener doble funcionamiento, en verano se utilizan como aire acondicionado y en invierno como calefacción, por eso el sistema se puede invertir y cambiar de función cada parte de la bomba de calor.

El esquema de bomba de calor como aire acondicionado es:

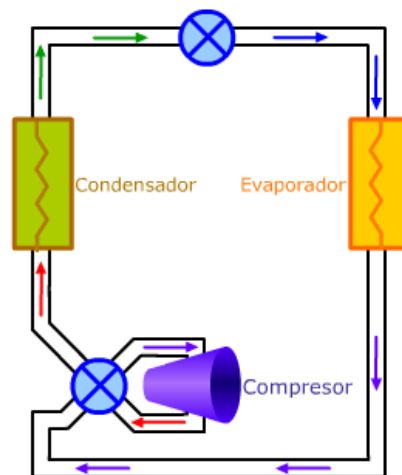


Figura 2.15.- Esquema de una bomba de calor como aire acondicionado

Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/eure/6/inicio.html>

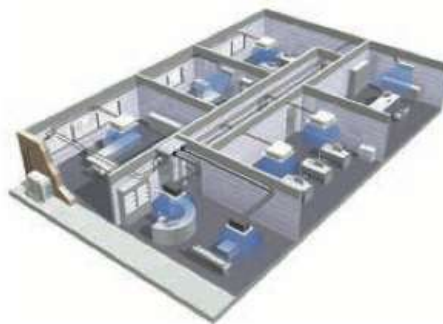


Figura 2.16.- Sistema en funcionamiento en modo bomba frío

Fuente: IDAE - Ahorro y recuperación de energía

El esquema de bomba de calor como calefacción es:

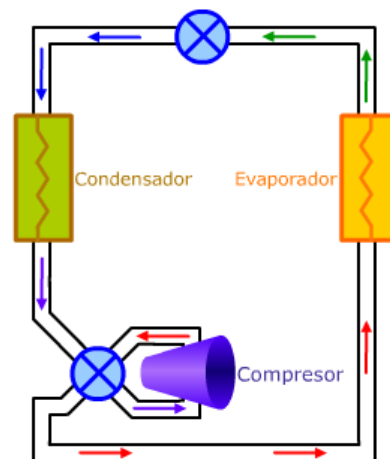


Figura 2.17.- Esquema de una bomba de calor como calefacción

Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/eure/6/inicio.html>

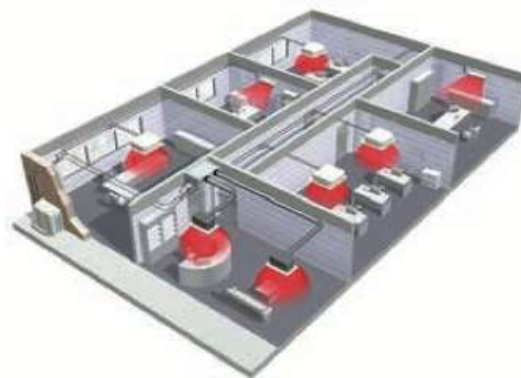


Figura 2.18.- Sistema en funcionamiento en modo bomba calor

Fuente: IDAE - Ahorro y recuperación de energía

2.5.1 Compresor

Este dispositivo es el más importante en el sistema, ya que de él depende el funcionamiento del sistema y es el que transforma energía eléctrica en una variación de entalpía y también de presión, manteniéndolo dentro de los valores adecuados para que funcione correctamente. En dicho sistema gracias al compresor existen dos niveles de presión, el primero que sería una presión donde se evapora el refrigerante y otro nivel de presión donde dicho refrigerante se condensaría.

El compresor lo que realiza es un aumento de presión y también un aumento de energía cinética que lo que va a hacer es que el gas fluya y tenga una presión alta. El fluido se va a desplazar por todo el circuito. Un compresor tendría el mismo funcionamiento que un ventilador, lo que sucede es que en un compresor, al aumentar la presión se consigue aumentar la densidad y por lo tanto la temperatura, mientras que en un ventilador habría un aumento de velocidad.

Tipos de compresores

- A) *Compresor alternativo*: Está formado por pistones que aspiran el aire cuando se abren las válvulas, después se cerraría la válvula y empezaría el proceso de aumento de presión. Este tipo de compresores son utilizados para potencias pequeñas por su estructura. Pueden ser de diferentes tipos dependiendo la capacidad a ser reparados, los abiertos y los semiherméticos pueden ser reparados mientras que los herméticos no pueden ser reparados.

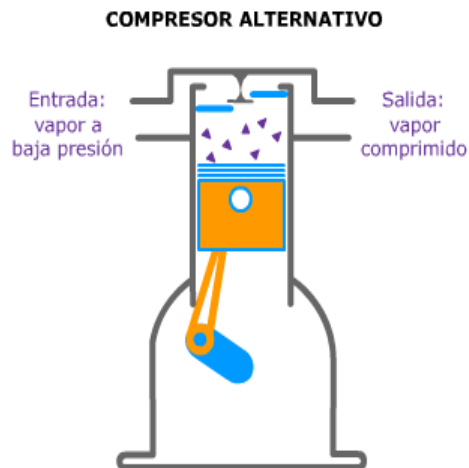


Figura 2.19.- Esquema de funcionamiento de un compresor alternativo

Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/eure/6/inicio.html>

El funcionamiento sería que el gas entra a baja presión por la válvula de entrada, al tener un movimiento del embolo que desciende y asciende, haría que el gas se comprimiera y por lo tanto se obtiene por la salida el gas comprimido. Esto funciona así porque cuando el embolo está en la posición más baja la válvula de entrada está abierta y la de salida estaría cerrada, y al revés cuando el embolo está ejerciendo presión sobre el gas, la válvula de entrada estaría cerrada y saldría el gas comprimido por la válvula de salida.

- B) *Compresor de tornillo*: Contiene dos tornillos giratorios complementarios (lo que significa que engranan uno en el otro), el gas entraría por succión y con el giro rotatorio de los tornillos se produciría la compresión del gas. Este tipo de compresores necesitan hacer uso de aceite para que no se produzca un desgaste de dichos tornillos, por lo que a posterior del proceso de compresión del gas se necesita un sistema de separación de dicho aceite con el gas. En ese proceso se consigue la separación del aceite con el gas, el aceite se enfriaría y se volvería a utilizar, el gas seguiría por el conducto para el uso que le se quiera dar.

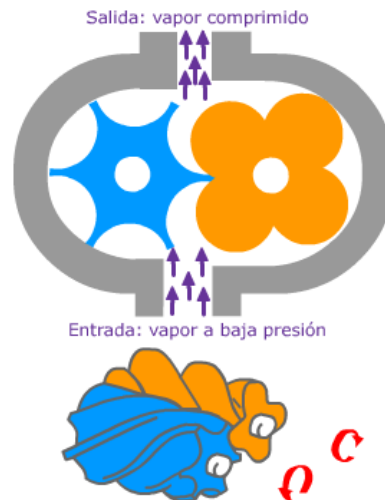


Figura 2.20.- Esquema de funcionamiento de un compresor de tornillo

Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/eure/6/inicio.html>

C) Compresor de lóbulos: Formado por dos piezas iguales que tienen forma de “ocho” aunque pueden existir de más piezas y de distinta forma. No comprimen el gas internamente, solo lo impulsan por lo que muchas veces en vez de considerarlo compresor se le considera sopladores.

Su rendimiento no es muy alto y encima tienen el problema de que con el movimiento el gas eleva la temperatura.

Se utilizan en motores diesel o sopladores de gases de media presión, ya que al no poder elevar la presión quedan un poco limitados este tipo de compresores. La ventaja es que con la holgura que tienen entre los dos motores hacen innecesaria su lubricación.

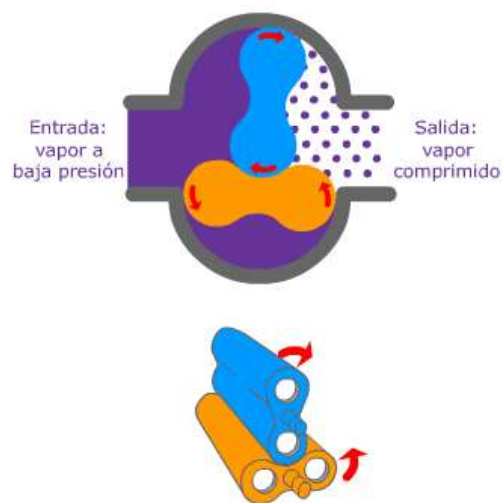


Figura 2.21.- Esquema de funcionamiento de un compresor de lóbulos

Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/eure/6/inicio.html>

- D) *Compresor Scroll*: Es un tipo de compresor generalmente eficiente y es el más común en el uso de compresores para refrigeración. Este tipo de compresores reducen mucho el riesgo de fugas y por lo tanto aumenta la eficiencia.



Figura 2.22.- Esquema de funcionamiento de un compresor Scroll

Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/eure/6/inicio.html>

Este tipo de compresores tienen una entrada del gas, por el sistema interno que tiene que es un rolo estacionario el cuál no se mueve y otro rolo que tendría un movimiento rotatorio, el gas se puede ir por dos caminos (uno de los circuitos sería el naranja, y el otro el azul). Al ir girando el rolo interno se crean zonas o bolsas donde se produciría la compresión del gas y de esta forma el gas fluye hasta llegar a las dos posibles salidas del compresor, una salida la del circuito azul y otra salida la del circuito naranja.

- E) *Compresor centrífugo*: Formado por una o varias ruedas que serían las encargadas de impulsar el gas y por lo tanto aumentar su presión, las ruedas impulsoras estarían engranadas en un eje y cubiertas. Depende de la presión que se quiera alcanzar tendrán más número de ruedas impulsoras o me. Se utilizan sobre todo para la industria porque el desgaste de las piezas es mucho menor que los anteriores.



Figura 2.23.- Esquema de funcionamiento de un compresor centrífugo

Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/eure/6/inicio.html>

El funcionamiento sería que entra aire por el centro de la rueda impulsora, la rueda al estar formada por pequeños alabes crean una fuerza centrífuga que hace que el gas se comprima y salga por la parte exterior. La zona donde estaría se situaría una presión menor sería en el centro de la rueda impulsora que haría que entrara más cantidad de gas, mientras que al aumentar la presión hacia el exterior sería la zona por donde saldría el gas comprimido.

2.5.2 Evaporador

Es el dispositivo que permite un intercambio de energía térmica produciéndose cambios de fase. Eventualmente pueden darse otros fenómenos, como la formación de sólidos o la descomposición de sustancias.

Los evaporadores se fabrican de diferentes tipos y de diferentes tamaños dependiendo la construcción se clasifican en diferentes tipos como desarrollarse a continuación

Tipos de evaporadores por su circulación

- A) *Evaporador de circulación natural*: Están formados por una serie de tubos cortos verticales dentro de un recubrimiento por donde circula el vapor. Cuando se calienta el fluido de dentro de los tubos al evaporarse hace que vaya ascendiendo, mientras que por la parte exterior hace que se condense el vapor que se quiere enfriar y que se ha introducido.

El vapor que se ha enfriado pasaría al condensador en una bomba de calor, y el fluido que va por dentro de los tubos se enfriaría y volvería a utilizarse como alimentación.



Figura 2.24.- Imagen real de un evaporador de circulación natural

Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/eure/6/inicio.html>

Dentro de este tipo de evaporadores de circulación natural hay diferentes categorías dependiendo de como sea la construcción interior; si tienen tubos de mayor longitud o de menor longitud.

B) *Evaporador de circulación forzada*: necesario cuando los productos a refrigerar tienen propiedades incrustantes, altas viscosidades, cristalizaciones, etc.

Si en esos casos se utilizara circulación natural se tendría problemas como las propias incrustaciones y se perdería rendimiento además de necesitar un mayor mantenimiento. Por eso aunque tengan un menor rendimiento este tipo de evaporadores por utilizar ventiladores para forzar la circulación del aire, es necesario en este tipo de casos.



Figura 2.25.- Imagen real de un evaporador de circulación forzada

Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/eure/6/inicio.html>

Tipos de evaporadores por su configuración

A) *De tubos horizontales:* Son más baratos que los de tubos verticales, requieren poca altura, proporcionan altos rendimientos por su buena transmisión de calor, aunque circule poco caudal. Como ventaja tienen su fácil instalación, pero como desventaja tienen que no se puede utilizar con materiales viscosos o materiales que cristalicen.

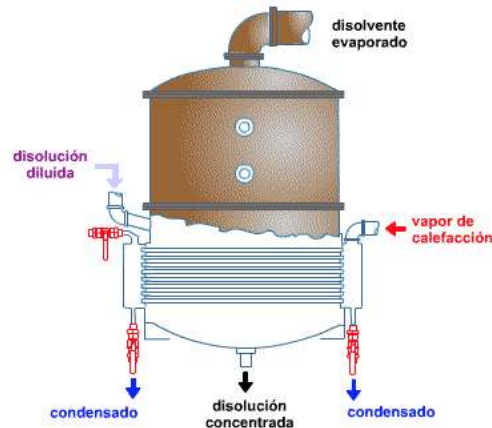


Figura 2.26.- Imagen real de un evaporador de tubos horizontales

Fuente: <http://epsem.upc.edu/~intercanviadorsdecalor/castella/evaporadors.html>

B) *De tubos verticales:* Los hay de diferente tamaño de los tubos y pueden tener circulación forzada cuando se utilizan materiales viscosos (mejorando el índice de transmisión de calor). Constan de un cambiador tubular por el que circula el líquido refrigerante y por la parte exterior circula el gas que se quiere enfriar. Suelen tener mejores rendimientos que los de tubos horizontales porque suelen usar circulación forzada. Sin embargo hay veces que no son rentables. Dependen del fluido que se quiera obtener a una temperatura menor.

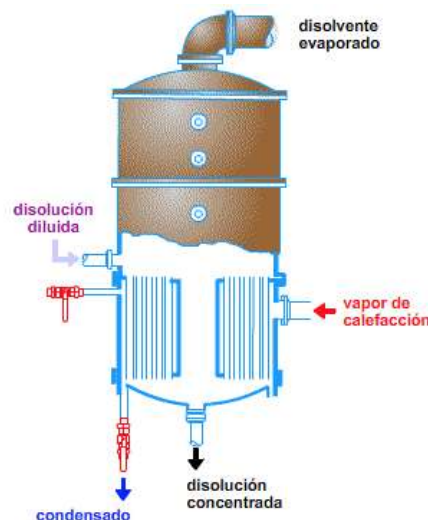


Figura 2.27.- Imagen real de un evaporador de tubos verticales

Fuente: <http://epsem.upc.edu/~intercanviadorsdecalor/castella/evaporadors.html>

2.5.3 Condensador

Es el intercambiador de calor por donde se va a refrigerar el fluido interno del circuito, por lo que el fluido se enfría y se condensa, expulsando el calor hacia el exterior que normalmente suele ser aire o agua y de esta forma se ha eliminado el calor que tenía el sistema.

Los condensadores enfriados por agua suelen tener un rendimiento mayor que los condensadores de aire, pero los de agua tiene como problema la formación de incrustaciones y por lo tanto una pérdida de rendimiento del condensador, por lo que se tendría que utilizar un agua sin impurezas y tratada.

Como el rendimiento varia con respecto a si son de agua o de aire, los de aire son utilizados para procesos en los cuáles se necesita una menor potencia por la sencillez del proceso y no necesitar de un tratamiento de aguas para eliminar las impurezas. Cuando se quiere o se necesita aumentar el rendimiento y obtener unos caudales de refrigeración mayores se hace uso de los de agua con un tratamiento de dicho fluido.

Tipos de condensadores

- A) *Condensador enfriado por aire:* Este tipo de condensadores se basan en introducir un volumen de aire fresco hacia el serpentín por donde circula dicho fluido, y de esta forma al forzar grandes cantidades de aire se consigue que absorba dicho calor y por lo tanto que disminuya la temperatura. Para forzar gran caudal de aire, se hace uso del ventilador. Dependiendo la necesidad de transmitir temperatura al aire se pueden fabricar con un solo serpentín o con varios serpentines. La ventaja de este tipo de condensador es la fácil instalación y bajo coste de mantenimiento porque no se formaran incrustaciones.

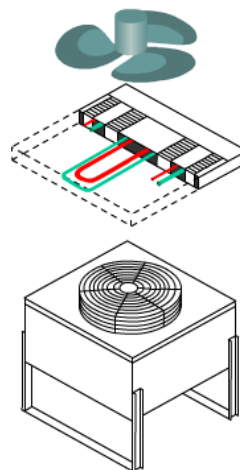


Figura 2.28.- Esquema de un condensador enfriado por aire

Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/eure/6/inicio.html>

- B) *Condensador evaporativo*: En este tipo de condensadores el exceso de calor se elimina evaporando el agua que se inyecta en la parte superior, de esta forma se absorbe el calor que se tiene por el circuito refrigerante (circuito naranja), para aumentar el rendimiento y que sea más eficaz este proceso, se utilizan ventiladores.

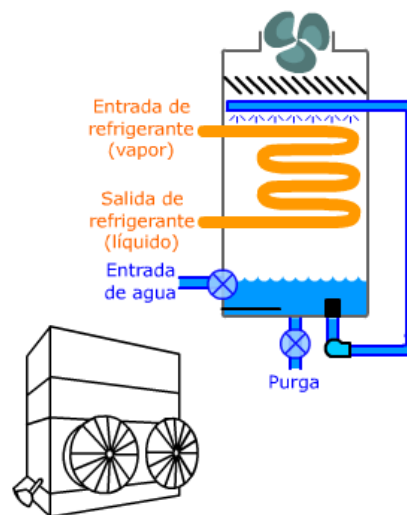


Figura 2.29.- Esquema de un condensador evaporativo

Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/eure/6/inicio.html>

Son equipos muy similares a las torres de refrigeración que se ven en las centrales térmicas. En este tipo de condensadores por normativa es obligatorio realizar limpiezas de este elemento dependiendo el uso que se dé, si se usa una parte del año con una revisión valdría, mientras que si es un uso continuo a lo largo del año habría que realizar dos limpiezas anuales.

- C) *Condensador de coraza y tubos*: Está compuesto por un recubrimiento y muchos tubos en el interior. Se nombra por el número de veces que pasa el fluido por los tubos y por el recubrimiento.

Por uno circula el aire que se quiere enfriar y por el otro circuito el agua que va a ser el fluido que absorba el calor del aire.

Normalmente para mejorar la eficiencia por el interior circula el aire y por el exterior circula el agua. Es el más utilizado en la industria y el que mejor rendimientos tiene. La problemática que tiene es la formación de incrustaciones como se ha indicado en la introducción de este apartado. Habría que realizar un tratamiento para disminuir la formación de incrustaciones en dicho fluido.

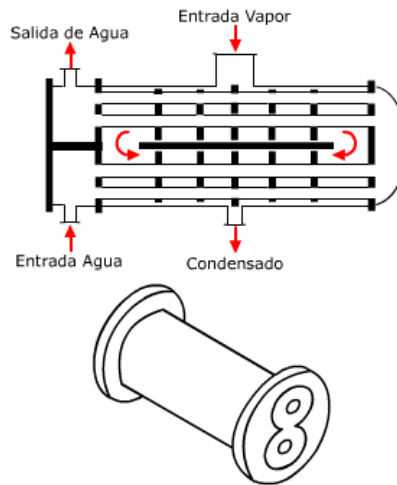


Figura 2.30.- Esquema de un condensador de coraza y tubos

Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/eure/6/inicio.html>

2.5.4 Válvula de expansión

Es un tipo utilizado para la expansión del gas, en el cuál la expansión se puede hacer manualmente o automáticamente dependiendo el sistema utilizado.

Tipo de válvulas de expansión

- A) *Manual*: Cuando la regulación se hace mediante un dispositivo como puede ser un tornillo, al ser manual siempre va a ser un valor fijo y constante y no va a depender de las condiciones de operación como puede ser en otros tipos de válvulas que dependiendo de las condiciones tendrá mayor apertura o menor. En este tipo siempre va a ser constante la apertura a no ser que se varía manualmente, por eso tienen menores rendimientos, pero es mucho más simplificado su instalación. Se suele utilizar en equipos donde las condiciones de operación suelen ser constantes.



Figura 2.31.- Imagen real de una válvula de expansión

Fuente: <http://profedaza.wordpress.com/componentes-sistema-de-refrigeracion/dispositivos-de-expansion/>

B) *Termostática*: Se genera una caída de presión necesaria en el sistema entre el condensador y el evaporador. Su misión es controlar el caudal en estado líquido y la de mantener un sobrecalentamiento a la salida. Para ello hace uso de una válvula que abre o cierra para permitir el ingreso del fluido refrigerante o no permitir y por lo tanto operar en las condiciones adecuadas siempre.

Este sistema permite aumentar el rendimiento de las bombas de calor o equipos refrigerantes, ya que dependiendo de las condiciones que se necesiten se abre o se cierra la válvula y con eso se controla el flujo del refrigerante.

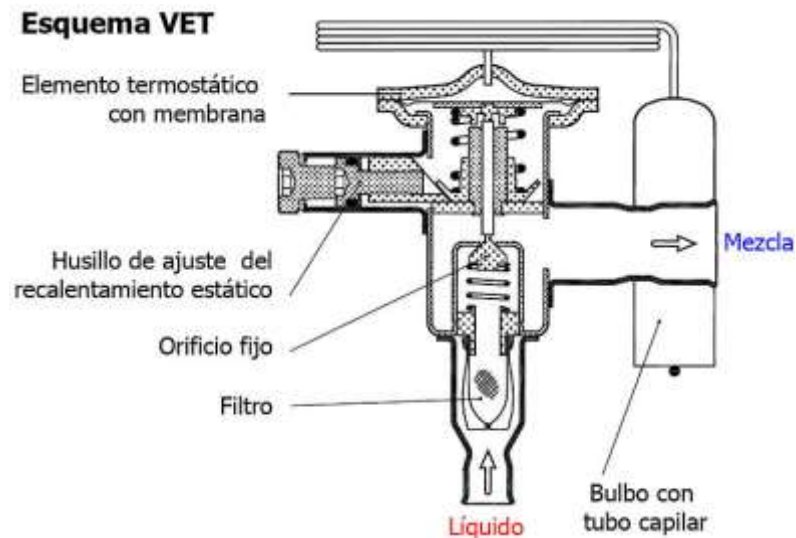


Figura 2.32.- Esquema de una válvula termostática

Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/eure/6/inicio.html>

C) *Termoeléctrica*: Trabajan mediante el control electrónico, para ello utilizan una serie de sensores que describen la situación de temperatura mediante una serie de sensores que se tiene a lo largo del circuito, se tiene un control sobre dicha temperatura y se puede actuar para que se efectúe un sobrecalentamiento dentro de lo permitido para que dicho sistema tenga mejores rendimientos y mejor eficacia. Al ser modulante permite un rango amplio de funcionamiento.

Son las únicas válvulas que permiten el funcionamiento ideal del evaporador, manteniéndolo lleno de líquido y gas refrigerante y dejando que solo salga el gas sobrecalentado para no dañar al compresor.

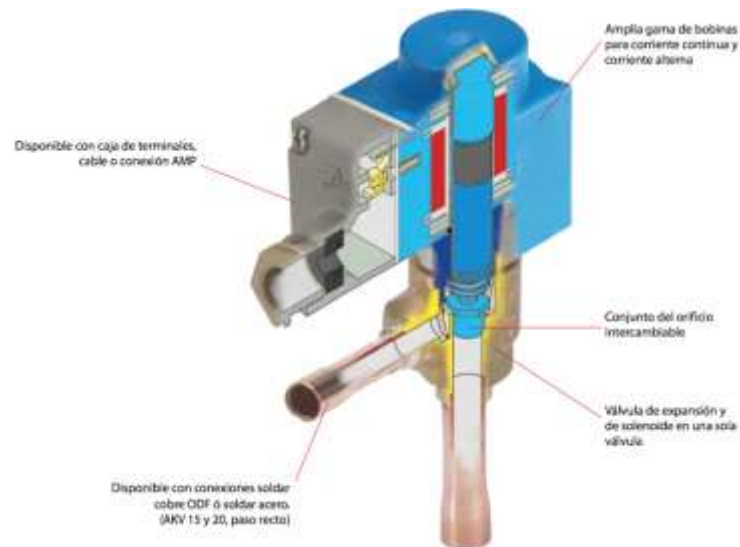


Figura 2.33.- Imagen real de una válvula termoeléctrica

Fuente: http://www.indubel.com.ar/pdf/repuestos/valvulas_filtros_controles/danfoss/valvulas_exp-elec.pdf?PHPSESSID=25bc44fb8af4a6dc3ab93c68b795b60a

2.6 Grupos autónomos de tratamiento de aire

Son elementos que en lugares donde se necesite climatizar un espacio grande o se necesite obtener unas condiciones adecuadas para dicho espacio, en vez de utilizar equipos autónomos se utilizan estos grupos autónomos de tratamiento de aire (UTA).

Estos grupos autónomos de tratamiento de aire son aparatos muy complejos destinados especialmente a obtener unas condiciones de climatización adecuadas (presión, temperatura, humedad, etc.) Estos grupos autónomos no son grupos independientes ya que ellos solos no son capaces de producir frío ni calor, por lo que estos elementos solo sirven para regular las condiciones, haciendo uso de otros elementos externos.

Los grupos autónomos de tratamiento de aire, son elementos de grandes dimensiones que requieren suficiente espacio, por lo que se suelen realizar a medida del cliente. Además estos grupos pueden ser creados con diferentes características dependiendo el uso que le vaya a dar el consumidor. Es muy importante ya que se habla de que es un elemento que trata el frío y el calor de que este bien aislado térmicamente para tener las menores pérdidas posibles, ya que a través de él va a pasar dichos fluidos para climatizar la instalación.

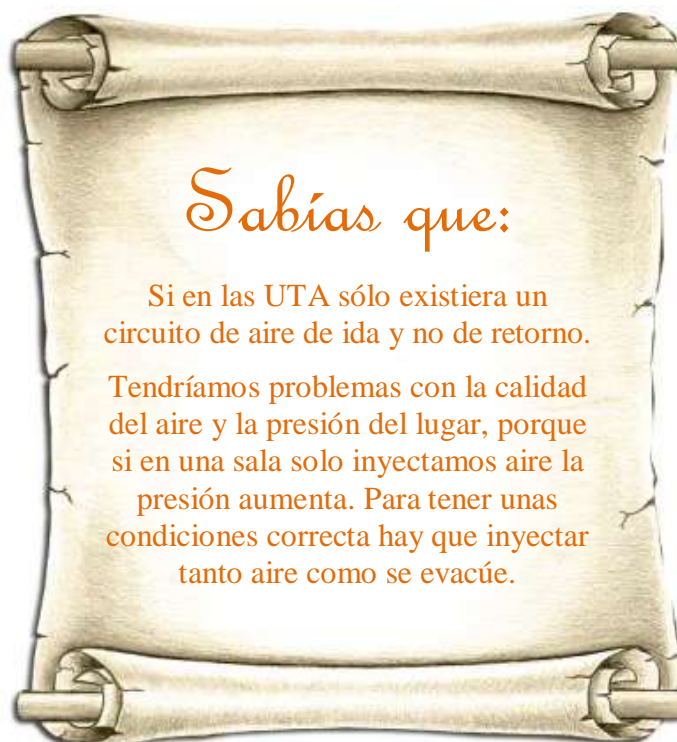


Figura 2.34.- Grupo autónomo de tratamiento de aire

Fuente: <http://www.evair.es/es/index>

Como anteriormente se ha indicado los UTA dependiendo de las necesidades del cliente constan de unos elementos u otros, esos elementos se clasifican por secciones, por lo que no todos los grupos autónomos de tratamiento de aire tienen que llevar todas las secciones. La clasificación de las secciones es la siguiente:

- Sección de ventiladores: Como objetivo tienen impulsar el aire.
- Sección de filtros: Es la parte encargada de purificar el aire y de eliminar las posibles partículas que existan.
- Sección de humidificación: Modifican la humedad del aire a la deseada.
- Sección de mezcla: Como objetivo tiene el controlar el aire que se expulsa y el aire que entra, para tener controlado el caudal de la UTA.
- Sección de recuperación: Recupera el calor del aire de retorno para mejorar la eficiencia del sistema y la usa para calentar el aire impulsado.



2.6.1 Torres de refrigeración

Como se vio en el apartado de equipos agua – agua que existía una torre de recuperación, pues este equipo es el encargado de recuperar dicho fluido.

Si se decide que dicho equipo recupere el agua, hay que enfriarla para que después pueda tener la capacidad de volver a absorber calor. De esta forma se hace circular dicho agua por la torre de refrigeración.

El funcionamiento de estas torres de refrigeración o torres de recuperación, se basa en introducir el agua caliente pulverizada por un entramado por el que circula aire que fluye en sentido contrario, de esta forma, al ponerse en contacto estos dos fluidos lo que va a suceder es la transmisión de calor y por lo tanto el enfriamiento de dicha agua que irá descendiendo a la parte inferior de nuestra torre de refrigeración. Para mejorar la eficiencia de estos equipos lo que se introducen son ventiladores para forzar que el aire circule en sentido ascendente. El agua que se tiene en la parte inferior se recirculara al condensador para volver a comenzar el ciclo.

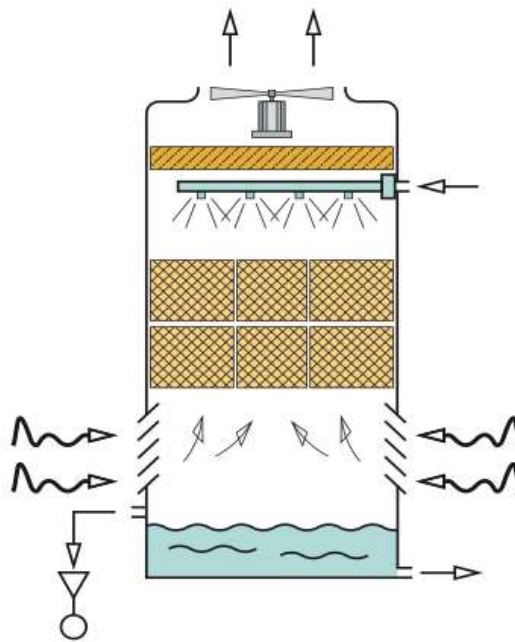


Figura 2.35.- Esquema torre de refrigeración tiro inducido

Fuente: IDAE - Torres refrigeración

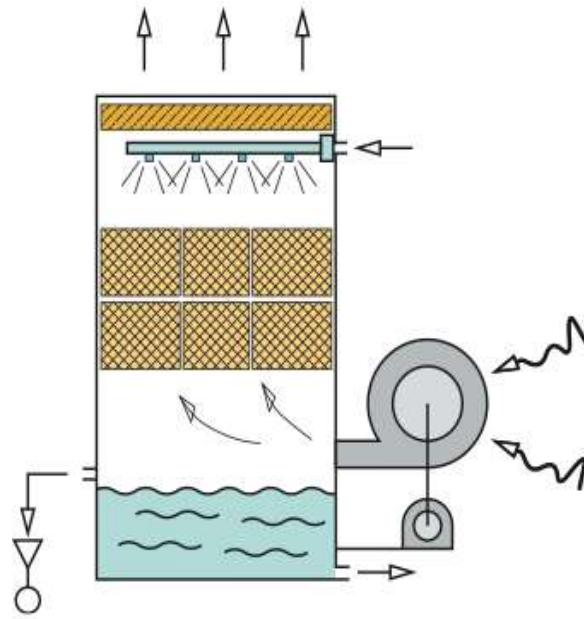


Figura 2.36.- Esquema torre de refrigeración tiro forzado

Fuente: IDAE - Torres refrigeración

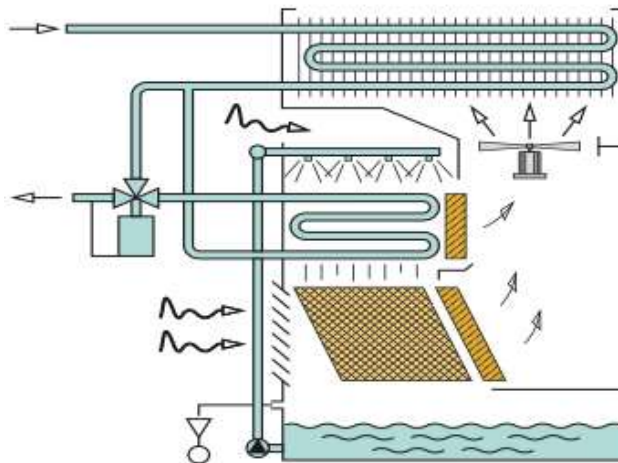
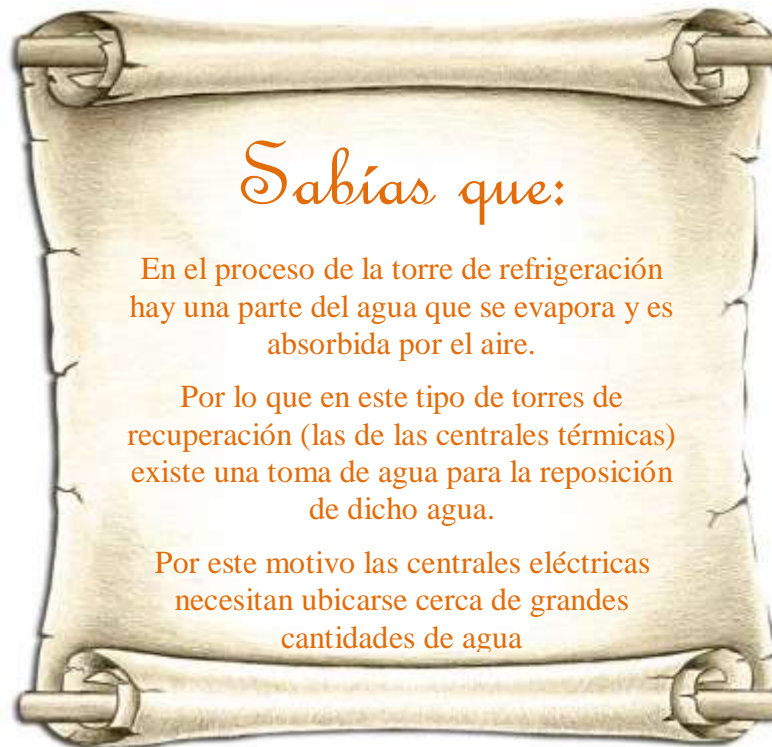


Figura 2.37.- Torre híbrida con circuito cerrado y flujo mixto

Fuente: IDAE - Torres refrigeración



En la actualidad existen equipos que en un solo módulo está el condensador y la torre de refrigeración, se les denomina condensadores evaporativos. El equipo está compuesto por un serpentín que es por donde va a circular dicho refrigerante con el calor absorbido y que tiene que ceder. Para ello se pone en contacto con aire como se hacía en la torre de refrigeración, también se tiene un ventilador para forzar la circulación del aire.

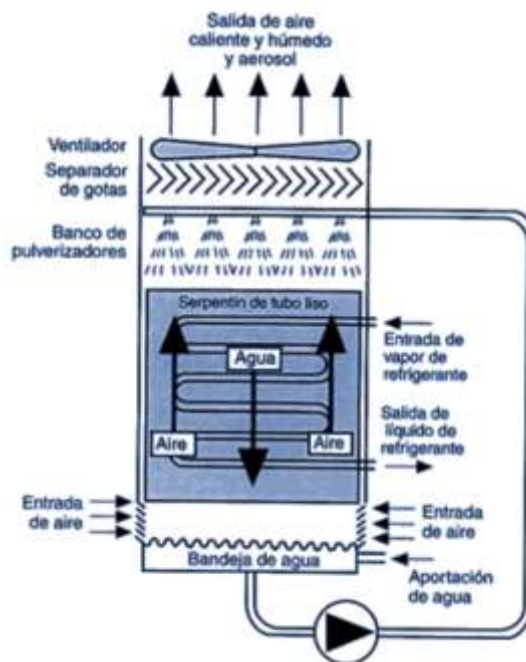


Figura 2.38.- Esquema de un condensador evaporativo

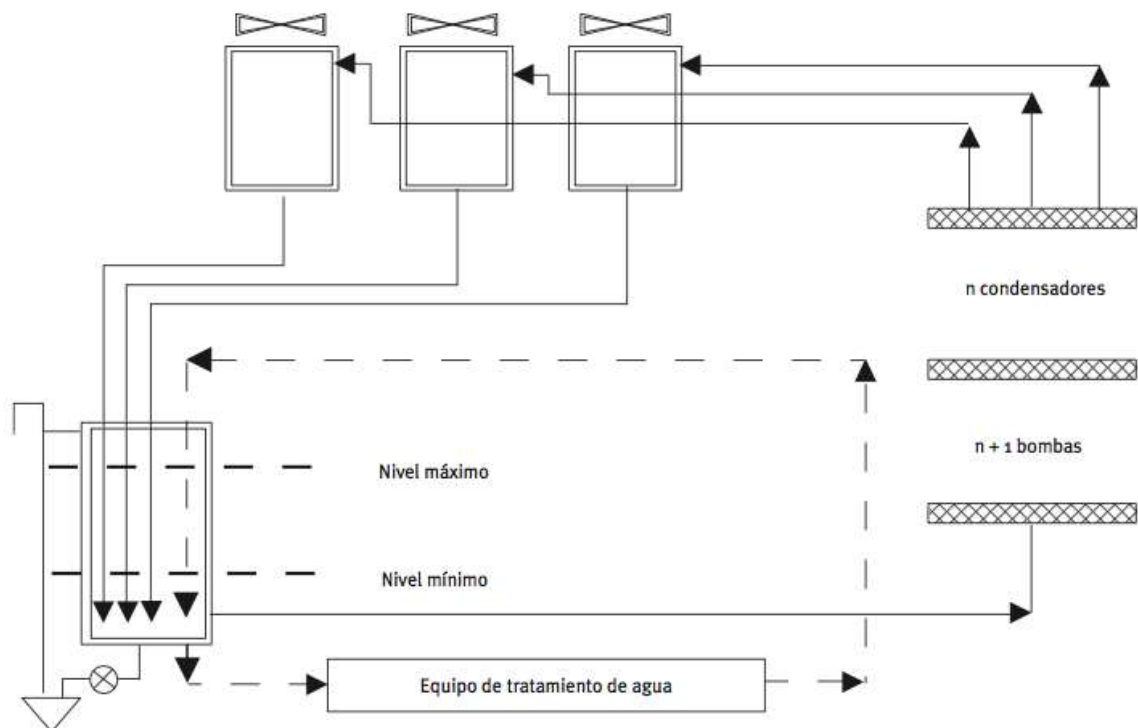


Figura 2.39.- Conexión de las torres de refrigeración

Fuente: IDAE - Reglamento de instalaciones térmicas

2.6.2 Depósitos de inercia

Este tipo de equipos son un depósito donde se acumula el agua fría que se va a utilizar posteriormente en el circuito primario para evitar los continuos arranques y paradas que se tiene de la enfriadora si no existiera este tipo de accesorios.

El funcionamiento normal sin el depósito de inercia, es que la enfriadora entraría en funcionamiento continuamente para enfriar el agua que se tiene en el circuito primario, al ser poca agua se calentaría rápidamente y tendría que volver a entrar el equipo para volverla a enfriar.

Cuando el sistema dispone del depósito de inercia, lo que hace es enfriar una cantidad determinada que contiene dicho depósito. El equipo entrara en funcionamiento más tiempo seguido, pero se evitara que entre en funcionamiento y pare a los pocos minutos. De esta forma al evitar ese suceso se consigue evitar el deterioro de dichos equipos. Estos equipos están equipados con termostatos en la parte superior y en la parte inferior para saber la situación del equipo en cada momento.

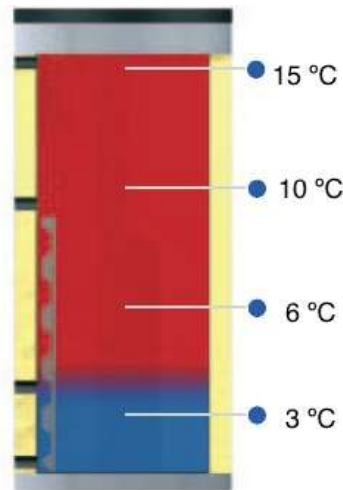


Figura 2.40.- Esquema depósito de inercia estratificado

Fuente: <http://www.solarweb.net/forosolar/general-biomasa/27171-deposito-inercia-estratificado-normal-2.html/>

También existen depósitos de inercia, para cuando se tiene una instalación de generación de calor, como podría ser una caldera de biomasa, o cualquier otro generador de calor, en esos casos para que dicho generador no entre y pare cada poco periodo de tiempo, se instala el depósito de inercia con una bomba para recircular el agua o mandarlo al depósito si está en las condiciones adecuadas.

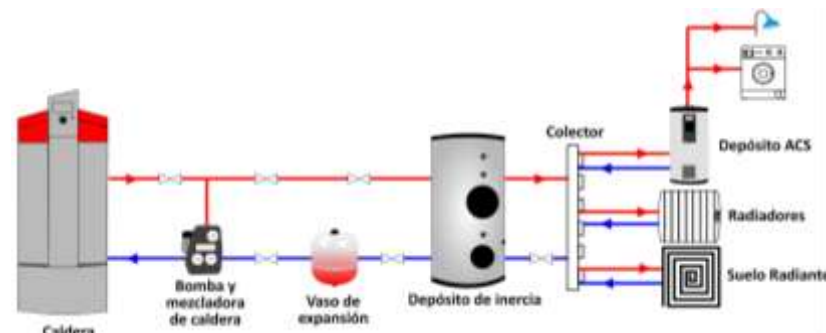


Figura 2.41.- Esquema conexasión depósito de inercia

Fuente: http://www.cenitsolar.com/biomasa_esquema.php/

2.6.3 Equipos de absorción

En los ciclos de refrigeración por absorción se utiliza una compresión térmica para efectuar el intercambio de energía. Como se explicó en los capítulos anteriores, se aprovecha la propiedad de algunas sustancias de absorber otras en estado vapor, este tipo de sustancias se les denomina absorbente – refrigerante.

El funcionamiento es el siguiente, se tiene un intercambiador de calor en contacto con una presión casi la de vacío. Al introducir gotas de agua y ponerse en contacto con el intercambiador, absorben el calor del agua y se evaporan. De esta forma se consigue

disminuir la temperatura del agua del intercambiador para refrigerar. Y las gotas de agua evaporadas en contacto con el bromuro de litio son absorbidas y quedan en la parte inferior del recipiente.

Posteriormente la mezcla formada por bromuro de litio – agua tiene que ser separada para recuperar el bromuro de litio. Esta mezcla se transporta a un generador que por transferencia de calor lleva a la mezcla al estado de ebullición, generando vapor de agua y en la parte inferior queda el bromuro de litio para su recuperación. Como generadores para esta operación se suelen utilizar quemadores de gas natural, biomasa o gasoil. También se puede utilizar vapor de agua o agua caliente de otros procesos.

Por ultimo faltaría enfriar el vapor de agua obtenido para su posterior utilización en el proceso, para ello se lleva a un condensador, que efectuara el cambio de fase de estado vapor a estado líquido.

El proceso anteriormente descrito es en modo refrigeración, si se realizara en modo calefacción se necesitaría insertar una válvula de cuatro vías para que el vapor que viene del generador no llegue al condensador.

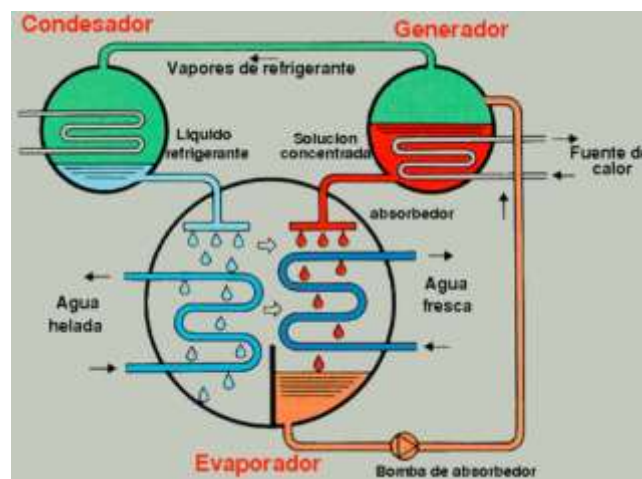


Figura 2.42.- Ciclo de absorción

Fuente: <http://energiasolarve.jimdo.com/refrigeración-solar/>

Los elementos más importantes de un equipo de absorción son los siguientes:

- **Evaporador:** En su interior contiene un serpentín que normalmente suele ser de cobre por el que circula el agua que se quiere refrigerar. Al estar en una envolvente de baja presión y ponerse en contacto con el agua que viene del condensador, se extrae el calor del agua que viene por el serpentín.
- **Absorbedor:** Esta en el mismo modulo que el evaporador. En este apartado se encuentra la solución de bromuro de litio donde absorbe el vapor formado. Para eliminar el calor que contiene el bromuro de litio, se instala

un intercambiador de tubos por el que circula agua fría. El agua utilizada se suele enfriar en torres de refrigeración.

- **Generador de alta temperatura:** En el interior del equipo contiene un serpentín por el que circula la solución de bromuro de litio – agua. Se eleva la temperatura hasta alcanzar el punto de ebullición. De esta forma se consigue la separación del vapor de agua que se dirigirá al condensador y del bromuro de litio para recircularlo. El aporte energético para llevarlo al punto de ebullición se realiza desde un generador externo al sistema.
- **Generador de baja temperatura:** Es como el equipo anterior, pero para mejorar la recuperación que se puede tener en el sistema, de esta forma al realizar otra vez la operación se recupera una parte de la fracción de bromuro de litio que quedaba contenida en la mezcla anterior.
- **Condensador:** Este elemento recibe como corriente de entrada el vapor de agua que proviene de los generadores anteriores. Consigue convertirlo de vapor a fase líquida. Para llevar a cabo este proceso se utiliza agua externa que se enfriara en una torre de refrigeración.

Ejercicio: Una instalación de climatización está formada por una enfriadora de agua sin depósito de inercia. La enfriadora tarda en cubrir la demanda 4 minutos, pero pasados 2 minutos el agua se calienta. Calcúlese el número de arranques que tiene que realizar la máquina enfriadora. Propón una solución para disminuir dicho número de arranques.

Como se puede razonar, la máquina frigorífica entraría en funcionamiento cada 6 minutos (4 minutos de funcionamiento, más 2 minutos que tarda el agua en calentarse). El sistema como se ha visto en los apartados anteriores tiene un termostato que ordena encender la máquina frigorífica. Haciendo el siguiente cálculo, se obtiene cuantas veces se pone en funcionamiento dicha máquina:

$$\frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{6 \frac{\text{minutos}}{\text{arranque}}} = \boxed{10 \frac{\text{arranque}}{\text{hora}}}$$

Como se puede comprobar es una cifra muy alta (ya que suele ser un valor entre 2 y 4 veces a la hora), por lo que la solución a proponer es la instalación de un depósito de inercia, de esta forma se conseguiría disminuir las veces de arranque, mejorando la vida útil de dichos equipos.

2.6.4 Bombas de calor geotérmicas

Esta tecnología está basada en la geotermia, aprovechar la temperatura que contiene el suelo. La temperatura que suele tener el suelo a lo largo de un año entero varía entre los valores de 7 °C y 14 ° en los primeros metros de la corteza terrestre.

Las bombas de calor geotérmicas aprovechan estas características del subsuelo para climatizar los edificios. Se tiene que dar unas condiciones adecuadas para poder climatizar los edificios, no en todos los lugares se puede instalar la geotermia.

El funcionamiento es exactamente igual que la de una bomba de calor convencional. La única diferencia es que en la geotermia no se utiliza un condensador de aire o agua, si no que se encuentran u tubos enterrados en el suelo que actuaran como el propio condensador. A la conexión de los tubos enterrados se le va a denominar intercambiador. Este intercambiador, para no tener problemas de problemas fugas, es una tubería de plástico de alta resistencia sin juntas.

Este sistema de climatización puede funcionar de modo calefacción o de modo refrigeración, ya que se puede conseguir el propósito de enfriar nuestra sala cediendo calor al terreno, o en el caso contrario, en el modo calefacción absorber calor para cederlo en nuestra sala climatizada.

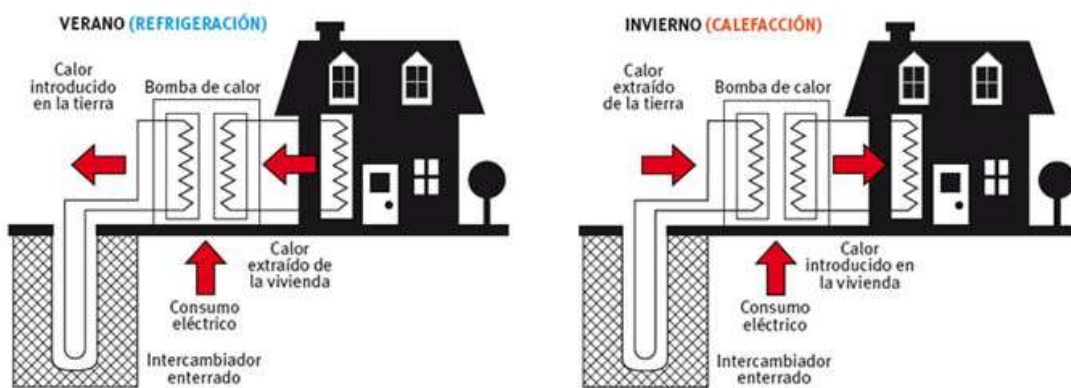


Figura 2.43.- Esquema de funcionamiento de una bomba de calor geotérmica

Fuente: <http://www.certificadosenergeticos.com/geotermia-energia-renovable-sector-residencial>

Intercambiador enterrado o tubería

La instalación geotérmica contiene el intercambiador enterrado en el suelo. Este intercambiador se clasifica en dos tipos:

- **Red horizontal:** El intercambiador se coloca horizontalmente por el terreno. Para climatizar una superficie hay que colocar entre 1,5 y 2 veces dicha superficie enterrada en el suelo. Las condiciones de climatización pueden variar la profundidad a la que este enterrada dicha tubería, pero lo normal es que este enterrada a una profundidad de 1 m para conseguir las condiciones de climatización adecuadas. A veces en vez de colocar tubería lineal se coloca tubería en espiral (slinky) en la que se reducirá el área a cubrir por dicha tubería. La tubería utilizada suele estar compuesta por polipropileno reticulado, polietileno rígido o polietileno de baja densidad.

Dependiendo del esquema de colocación puede existir:

- Simple: Se coloca una única tubería por zanja que se realiza.

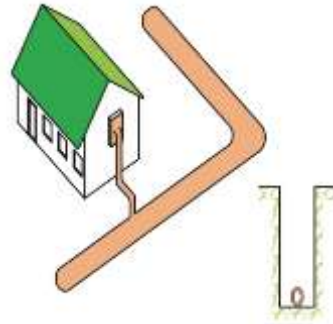


Figura 2.44.- Tubo horizontal simple

Fuente: Guía Técnica IDAE. Diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica

- Doble: Se colocan dos tuberías por cada zanja que se realice, en este caso hay que tener cuidado con la distancia que hay entre ellas, para que puedan absorber las dos la máxima energía, y no haya deficiencia por colocar doble tubería.

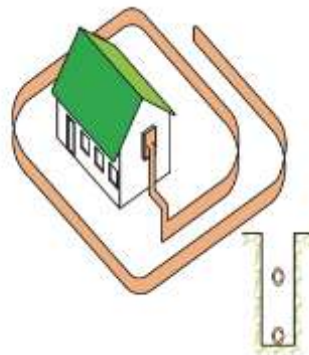


Figura 2.45.- Tubo horizontal doble

Fuente: Guía Técnica IDAE. Diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica

- Slinky: La tubería se coloca formando espirales, en este caso la instalación de esas espirales es en el plano horizontal.



Figura 2.46.- Slinky horizontal

Fuente: <http://www.rinnovabili.it/energia/geotermia/la-grande-scommessa-della-geotermia/>

- *Red vertical:* El intercambiador se encuentra en posición vertical en el terreno. En dichas zanjas verticales realizadas se pueden instalar una o varias tuberías en forma de “U”, también como se verá existe el método coaxial por la que por la parte central va el refrigerante y por la parte externa sube.
 - Simple U: Es una tubería doblada en la parte inferior en forma de “U”.

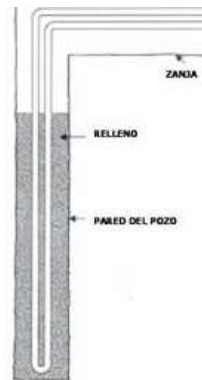


Figura 2.47.- Tubo coaxial simple “U”

Fuente: <http://www.urcheguia.com/apartados/02-geotermia/lageotermia.html/>

- Doble U: La misma filosofía que la anterior, pero en vez una tubería por zanja, en este caso dos.

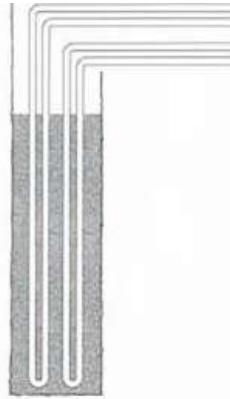


Figura 2.48.- Tubo coaxial doble "U"

Fuente: <http://www.urchueguia.com/apartados/02-geotermia/lageotermia.html/>

- Coaxial: Tiene la ventaja de que se puede reducir la superficie, porque al tener más profundidad (150 m) se llegan a mayores temperaturas y su rendimiento es mayor.



Figura 2.49.- Tubo coaxial

Fuente: http://www.rehau.com/AT_de/bau/hausinstallation/industrierohrsysteme/

- Slinky: La tubería se coloca formando espirales, antes se desarrolló la colocación en forma horizontal, en este caso sería en forma vertical.

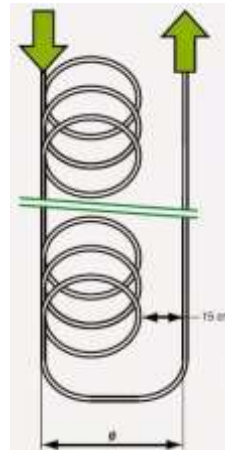


Figura 2.50.- Slinky vertical

Fuente: <http://vgatec.blogspot.com.es/2014/03/bombas-de-calor-geotermicas-iii.html/>

Esquema de conexionado del intercambiador enterrado

La configuración en serie tiene la ventaja de la eliminación de aire atrapado en el tubo, además mejora su rendimiento porque se necesita mayor diámetro de tubo. En contraposición la conexión en serie al necesitar mayor diámetro es de mayor coste, también los equipos que están relacionados con este sistema son de mayores dimensiones.

En cambio la conexión en forma paralela, suele conllevar menores costes por la reducción del diámetro de la tubería. Al contrario que el otro sistema la purga de aire es más complicada.

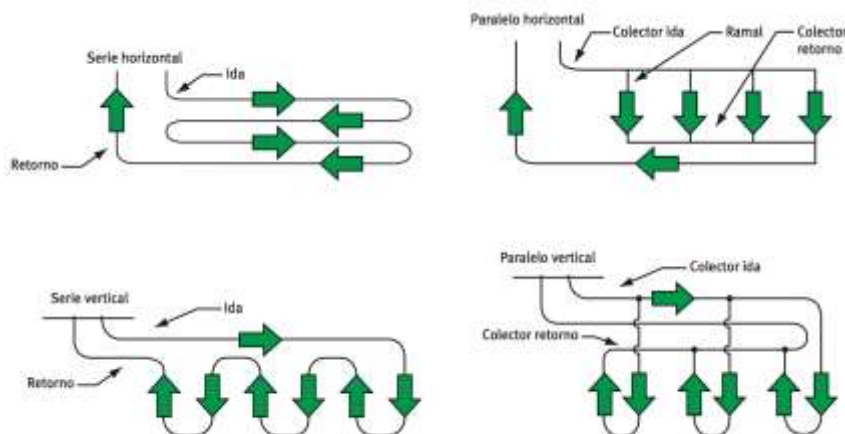


Figura 2.51.- Esquema de conexionado en serie y en paralelo

Fuente: Guía Técnica IDAE. Diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica

3 Redes de transporte

En los capítulos anteriores se desarrolló solamente los diferentes métodos de llegar a obtener frío o calor, como pueden ser las calderas, los fancoils o los sistemas de geotermia.

Todas las instalaciones necesitan tener una circulación de aire mediante ventiladores para poder obtener la climatización de los locales. El aire tratado puede ser directamente enviado a los locales o también puede ser transportado por conductos hasta unos equipos centralizados que posteriormente realizara la distribución.

Para ello en este capítulo se va a desarrollar los diferentes equipos utilizados para el transporte del aire y de los conductos por los que se va a realizar el transporte.

También se procurara comprender como se realiza el transporte y como se pueden disminuir las pérdidas de temperatura y también las pérdidas de velocidad en los conductos de transporte. De esta forma se conseguirá tener en las condiciones adecuadas el aire para climatizar el local correspondiente.

En este capítulo se van a desarrollar los ventiladores y sus diferentes tipos que existen, se realizara una explicación de los conceptos teóricos y también se va a hacer ejercicios prácticos para comprender de mejor forma dichos conceptos.

A continuación se desarrollara los diferentes métodos de transporte teniendo en cuenta las pérdidas de carga al realizar el transporte del fluido y las perdidas térmicas. También se realizaran ejercicios prácticos para su mayor comprensión.

Al final del capítulo se explicara los diferentes métodos de expulsión del aire hacia el local que se desea climatizar.

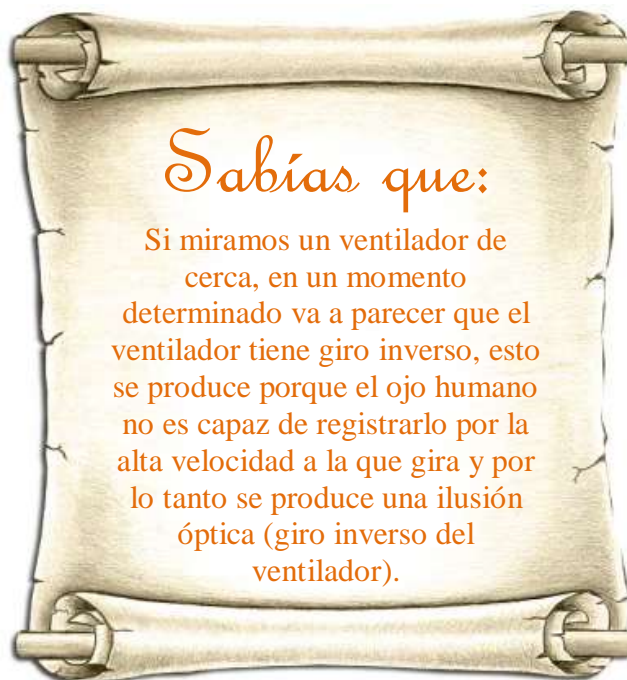
3.1 Ventiladores. Tipos y características

Un ventilador es un accesorio el cual pone en movimiento al aire o a un gas. Este tipo de máquinas al aportar una energía del exterior va a generar una presión adecuada para las características que se deseen, al tener dicha presión también se va a poder llegar a determinar un caudal suficiente para nuestra instalación.

Un ventilador consta de varias partes que describiré en las siguientes líneas:

- ***Motor eléctrico:*** Es el encargado de transformar la energía eléctrica en energía mecánica para poder enviarla a la hélice y así conseguir el movimiento giratorio de esta. La conversión de energía eléctrica a energía mecánica se hace a través de interacciones electromagnéticas.
- ***Bobina:*** es un elemento formado por enrollamientos (cables enrollados a un núcleo) en el cuál al circular una corriente por esos cables se va a producir un campo magnético para el funcionamiento correcto del ventilador.

- Hélice: es la parte encargada de producir una corriente del aire que se introduce, dependiendo la velocidad de rotación de esta hélice se tiene un mayor caudal o un menor caudal. Hay que tener en cuenta que la construcción de este tipo de elementos tiene que ser resistente a diferentes presiones y diferentes temperaturas.
- Cojinetes: estos elementos tienen como función mantener el eje del ventilador en una posición correcta para que no haya problemas cuando se produzca el movimiento rotatorio.
- Controlador: es el elemento encargado de determinar la velocidad y de controlar dicha velocidad. Para ello actúa sobre la corriente que le llega a la bobina y de esta forma se controlaría el giro y por lo tanto la velocidad de dicho ventilador.



En un ventilador si se mantiene constante la densidad del aire, cumple con:

La primera fórmula que se tiene es para sacar el caudal a partir de la velocidad de giro que tenga nuestra máquina.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Q_i : caudal
 n_i : velocidad de giro (rpm)

La siguiente fórmula que se tiene es para sacar la presión que se va a tener si se modifican dichos ventiladores y funcionan a otra velocidad diferente.

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

P_i : Presión estática
 n_i : velocidad de giro (rpm)

Por último se tiene la fórmula para obtener la potencia a partir de la nueva velocidad de giro en la que va a trabajar dicho ventilador.

$$\frac{P_{t_1}}{P_{t_2}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

P_{t_i} : Potencia absorbida
 n_i : velocidad de giro (rpm)

Ejercicio: Un ventilador gira a $1250 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$ y da un caudal de $1350 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ a una presión de 20 mm c. d. a. La potencia absorbida por dicho ventilador es de 1350 W . Determinar:

A) El caudal, la presión y la potencia si girara a $1700 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$

El caudal

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

$$Q_2 = (1350) \cdot \left(\frac{1700}{1250}\right)$$

$$Q_2 = 1836 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

La presión

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

$$P_2 = (20) \cdot \left(\frac{1700}{1250}\right)^2$$

$$P_2 = 36,99 \text{ mm c. d. a}$$

La potencia

$$\frac{P_{t_1}}{P_{t_2}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

$$P_{t_2} = P_{t_1} \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$$

$$P_{t_2} = (1350) \cdot \left(\frac{1700}{1250}\right)^3$$

$$\boxed{P_{t_2} = 3395,86 \text{ W}}$$

B) El caudal, la presión y la potencia si girara a 1000 $\frac{rev}{min}$

El caudal

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

$$Q_2 = (1350) \cdot \left(\frac{1000}{1250}\right)$$

$$\boxed{Q_2 = 1080 \frac{m^3}{h}}$$

La presión

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

$$P_2 = (20) \cdot \left(\frac{1000}{1250}\right)^2$$

$$\boxed{P_2 = 12,8 \text{ mm c. d. a}}$$

La potencia

$$\frac{P_{t_1}}{P_{t_2}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

$$P_{t_2} = P_{t_1} \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$$

$$P_{t_2} = (1350) \cdot \left(\frac{1000}{1250}\right)^3$$

$$\boxed{P_{t_2} = 691,2 \text{ W}}$$

C) El caudal, la presión y la potencia si girara a 1500 $\frac{\text{rev}}{\text{min}}$

El caudal

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

$$Q_2 = (1350) \cdot \left(\frac{1500}{1250}\right)$$

$$\boxed{Q_2 = 1620 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

La presión

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

$$P_2 = (20) \cdot \left(\frac{1500}{1250}\right)^2$$

$$\boxed{P_2 = 28,8 \text{ mm c. d. a}}$$

La potencia

$$\frac{P_{t_1}}{P_{t_2}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

$$P_{t_2} = P_{t_1} \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$$

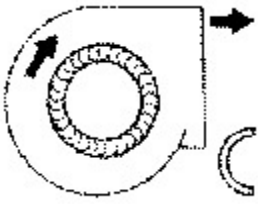
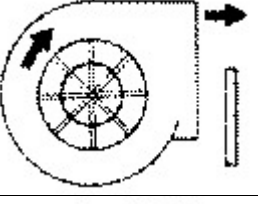


$$P_{t_2} = (1350) \cdot \left(\frac{1500}{1250}\right)^3$$

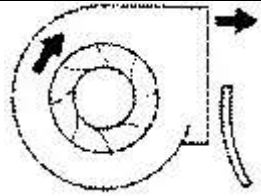
$$P_{t_2} = 2332,8 \text{ W}$$

3.1.1 Ventiladores centrífugos

Se clasifican por ser ventiladores que no tienen la misma dirección de salida que de entrada, por lo que existe una diferencia de un ángulo de 90 ° entre la entrada y la salida, la clasificación que suelen adoptar es la siguiente:

Tabla 3.1.- Descripción y aplicación de ventiladores centrífugos

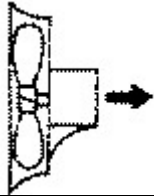
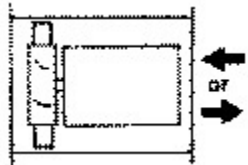
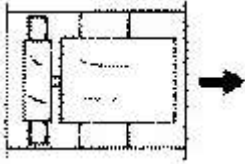
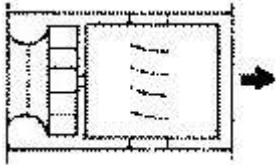
<u>Tipo</u>	<u>Descripción</u>	<u>Aplicación</u>	<u>Imagen</u>
Curvada hacia adelante	<ul style="list-style-type: none"> • Caudales altos y baja presión. • Regulable las condiciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilación, calefacción y aire acondicionado. 	
Palas radiales	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño sencillo. • Rendimiento bajo. • Fácil mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones industriales por el fácil mantenimiento. 	
Inclinadas hacia atrás	<ul style="list-style-type: none"> • Alto rendimiento. • Velocidades altas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilación, calefacción e industrias con poco polvo. 	
Airfoil	<ul style="list-style-type: none"> • Similar al anterior pero con palas con perfil aerodinámico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza en zonas con aire muy limpio. 	

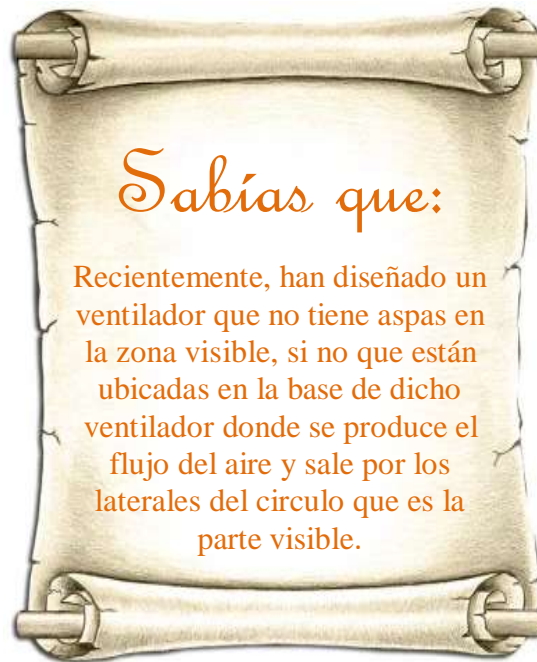
Radial Tip	<ul style="list-style-type: none"> Son parecido a los radiales pero con mayor rendimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Industrias con materiales abrasivos. 	
------------	---	--	---

3.1.2 Ventiladores helicoidales

Estos ventiladores se caracterizan porque la corriente de aire sigue la misma dirección que tiene el eje del ventilador. Se utilizan para mover caudales altos a baja presión, tiene el problema de que a velocidades altas el nivel sonoro es muy alto, existen diferentes tipos dentro de este concepto a partir de su forma y la aplicación que se les va a dar:

Tabla 3.2.- Descripción y aplicación de ventiladores helicoidales

<u>Tipo</u>	<u>Descripción</u>	<u>Aplicación</u>	<u>Imagen</u>
Helicoidal	<ul style="list-style-type: none"> Aptos para mover gran caudal con baja presión. Rendimiento bajo. 	<ul style="list-style-type: none"> Para circulación y extracción en naves industriales. 	
Tube axial	<ul style="list-style-type: none"> Rendimiento superior. Pueden trabajar a una presión mayor. 	<ul style="list-style-type: none"> En ventilación, calefacción y aire acondicionado. 	
Vane axial	<ul style="list-style-type: none"> Presiones medias y altas con buenos rendimientos. 	<ul style="list-style-type: none"> Lugares con menor espacio que los Tube axial. 	
Centrifoil	<ul style="list-style-type: none"> Ahorro de espacio por su construcción intermedia entre un centrífugo y un axial. 	<ul style="list-style-type: none"> Las mismas que el Vane axial. 	



3.1.3 Curvas de trabajo

La curva característica de un ventilador es aquella que representa las características que se van a tener en un momento determinado, esas características vienen proporcionadas por una caída de presión y un caudal que el ventilador tiene que generar. El mismo ventilador a mayor caudal que se quiera obtener menor va a ser la caída de presión que puede conseguir y a la inversa, a menor caudal mayor es la caída de presión que puede generar.

Antes de ir a la curva de trabajo específica de una bomba determinada, para ver si se cumple con las características de presión y caudal que se desean, se tiene que comprobar primero donde se sitúan dichas condiciones y saber qué tipo de ventilador se va a tener, después de haber seleccionado el tipo de ventilador, se irán a los diferentes modelos construidos de dicho tipo, con diferentes curvas de trabajo para seleccionar el ventilador que interesa.

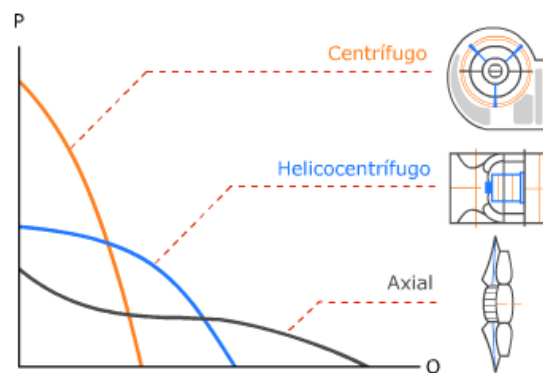


Figura 3.1.- Diagrama para seleccionar el tipo de bomba

Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/eure/6/inicio.html>

Como se puede ver hay como tres categorías de ventiladores, en las cuáles en las páginas antes se ha estudiado y se saben las ventajas y las desventajas de cada tipo.

Ahora se van a explicar una curva característica de un modelo y un tipo de ventilador.

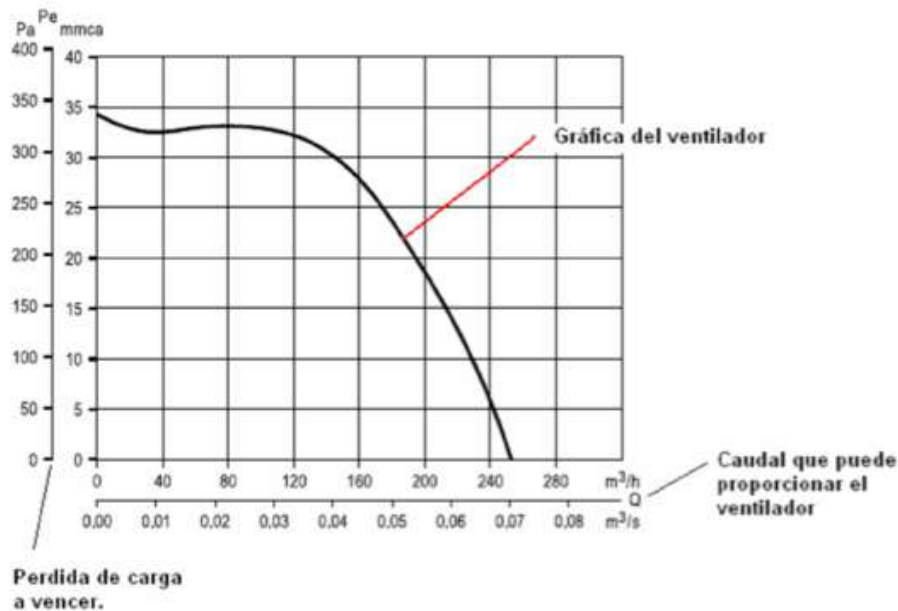


Figura 3.2.- Curva de trabajo de un ventilador Caudal – Pérdida de carga

Fuente: <http://www.si3ea.gov.co/eure/6/inicio.html>

En este tipo de diagramas o curvas de trabajo de un ventilador se puede ver que la pérdida de carga de una instalación varía proporcionalmente con el cuadrado del caudal, con la siguiente expresión:

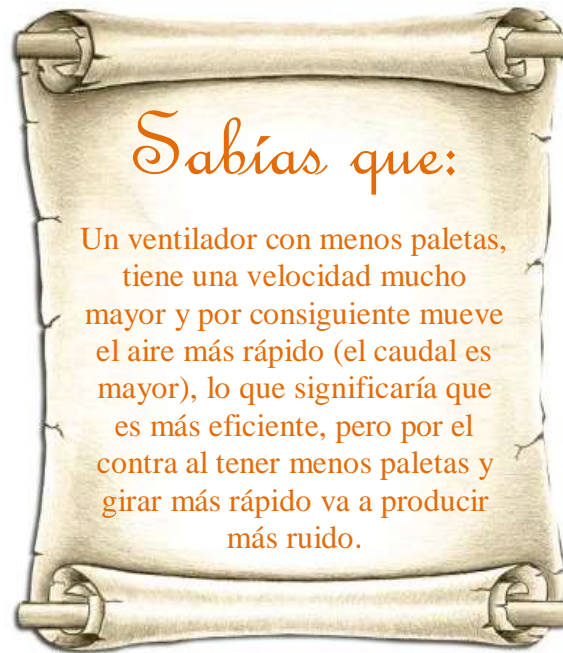
$$P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2$$

P_i : Pérdida de carga
 Q_i : Caudal

Normalmente se darán las gráficas de la curva de trabajo en función de la presión y del caudal, pero también podría darse curvas características teniendo en cuenta la potencia o el rendimiento.

$$W = \frac{\Delta P \cdot Q}{\eta}$$

W : Potencia
 ΔP : Diferencia de presión
 Q : Caudal
 η : Rendimiento



Ejercicio: En una instalación tenemos que circula por ella un caudal de aire de $5000 \frac{m^3}{h}$, dicho caudal origina una pérdida de carga en dicha instalación de 3 mm c. d. a, calcular la pérdida de carga que tendríamos en las siguientes situaciones:

A) Si el caudal es de $7000 \frac{m^3}{h}$

$$P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2$$

$$P_2 = (3) \cdot \left(\frac{7000}{5000}\right)^2$$

$$P_2 = (3) \cdot (1,4)$$

$$P_2 = 4,2 \text{ mm c. d. a}$$

B) Si el caudal es de $10000 \frac{m^3}{h}$

$$P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2$$

$$P_2 = (3) \cdot \left(\frac{10000}{5000}\right)^2$$

$$P_2 = (3) \cdot (4)$$

$$P_2 = 12 \text{ mm c. d. a}$$

c) Si el caudal es de $3000 \frac{m^3}{h}$

$$P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2$$

$$P_2 = (3) \cdot \left(\frac{3000}{5000}\right)^2$$

$$P_2 = (3) \cdot (0,36)$$

$$\boxed{P_2 = 1,08 \text{ mm c. d. a}}$$

Ejercicio: En una instalación tenemos una presión en la succión de 10 Pa y en la zona de descarga tenemos una presión de 30 Pa, si tenemos un caudal de $1000 \frac{m^3}{h}$ y un rendimiento del 80 %, calcular la potencia del ventilador.

$$W = \frac{\Delta P \cdot Q}{\eta}$$

$$W = \frac{(P_{final} - P_{inicial}) \cdot Q}{\eta}$$

$$W = \frac{(30 - 10) \cdot (1000)}{0,8}$$

$$\boxed{W = 25000 \text{ W}}$$

Ejercicio: En una instalación tenemos una presión en la succión de 15 Pa y en la zona de descarga tenemos una presión de 25 Pa, si tenemos un caudal de $5000 \frac{m^3}{h}$ y una potencia de 60000 W, calcular el rendimiento del ventilador.

$$W = \frac{\Delta P \cdot Q}{\eta}$$

$$\eta = \frac{\Delta P \cdot Q}{W}$$

$$\eta = \frac{(P_{final} - P_{inicial}) \cdot Q}{W}$$

$$\eta = \frac{(25 - 15) \cdot (5000)}{(60000)}$$

$$\boxed{\eta = 0,8333 \rightarrow 83 \%}$$

Ejercicio: Determinar el punto de trabajo de un ventilador a partir de la siguiente gráfica, en los siguientes casos.

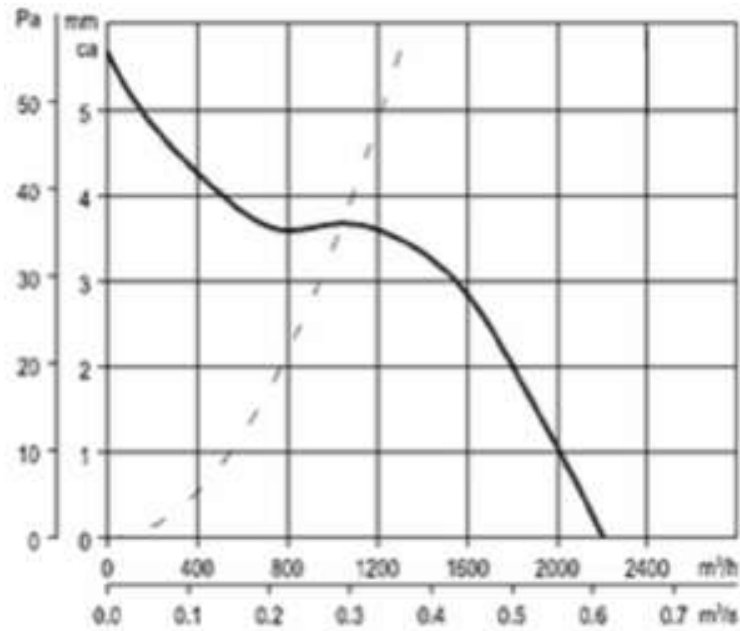


Figura 3.3.- Diagrama de curva de trabajo de un ventilador

A) **Si la caída de presión es de 4 mm c. d. a y un caudal de $0,15 \frac{m^3}{h}$.**

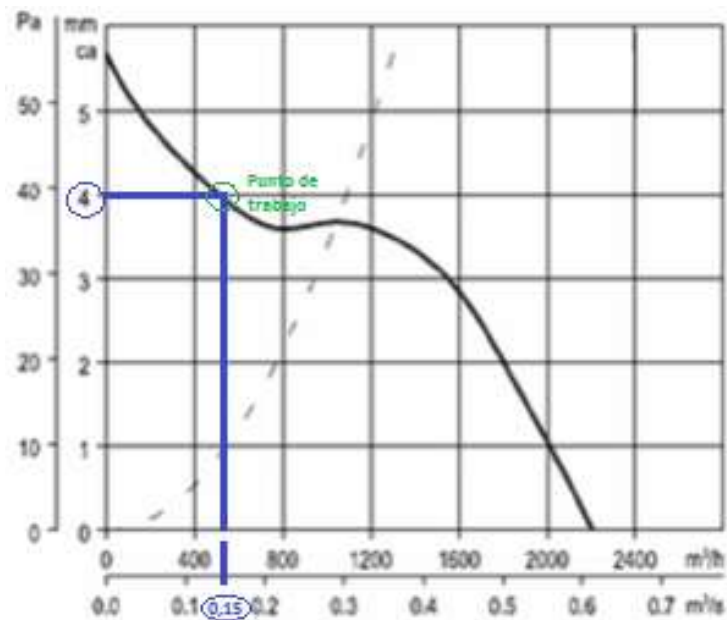


Figura 3.4.- Determinación del punto de trabajo de un ventilador, caso A

Como se puede ver en este caso las condiciones de trabajo que existen son las correctas para este ventilador, ya que el punto intersección está sobre la curva de trabajo del ventilador.

B) Si la caída de presión es de 3 mm c. d. a y un caudal de $0,6 \frac{m^3}{h}$.

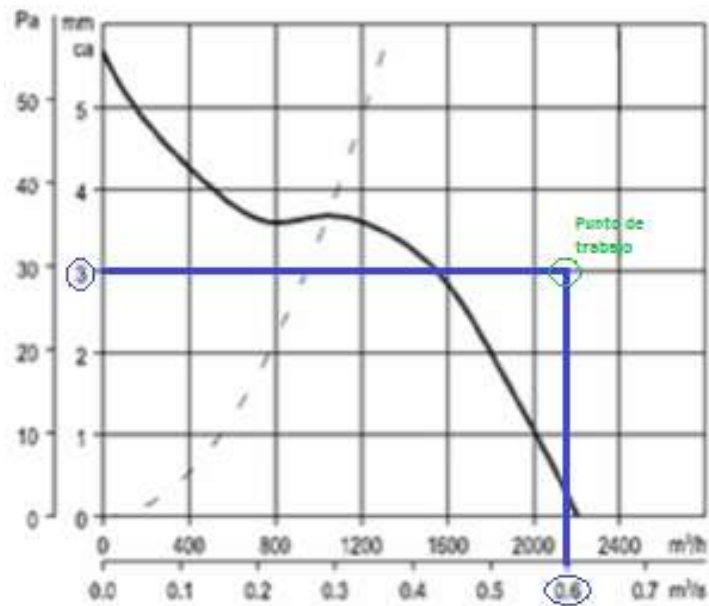


Figura 3.5.- Determinación del punto de trabajo de un ventilador, caso B

Como se puede ver en este caso es que con las condiciones que existen la intersección de las dos curvas no queda encima de la curva de trabajo y por lo tanto este tipo de ventilador no valdría, se tendría que seleccionar otro tipo de ventilador que pudiera trabajar en esas características.

C) Si la caída de presión es de 10 Pa y un caudal de $0,55 \frac{m^3}{h}$.

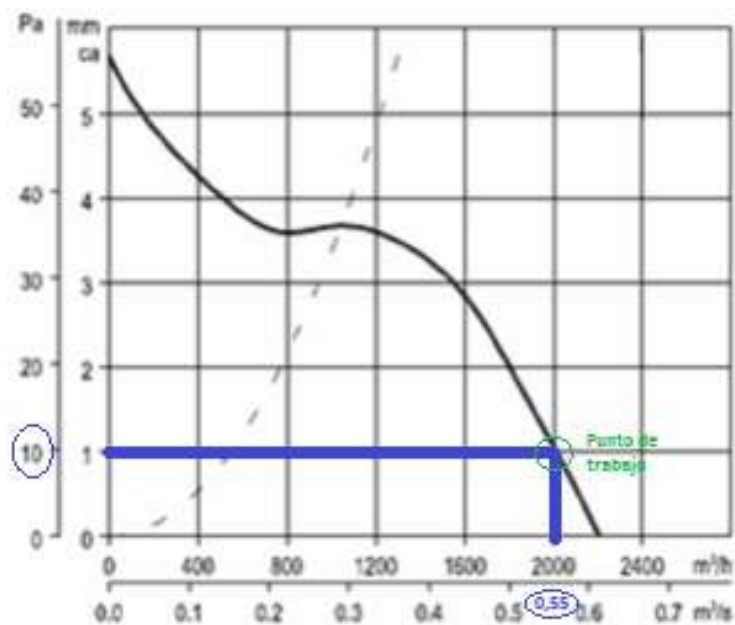


Figura 3.6.- Determinación del punto de trabajo de un ventilador, caso C

Como se puede ver en este caso las condiciones de trabajo que existen son las correctas para este ventilador, ya que el punto intersección esta sobre la curva de trabajo del ventilador.

3.2 Redes de conductos

Son los elementos encargados de distribuir el aire por el local climatizado (aire tratado, airea de retorno,...). Dependiendo como sean estos conductos influyen en la calidad de la instalación porque puede modificar el aprovechamiento energético o el nivel sonoro.

En la instalación existe un caudal generado por un ventilador que es transportado por un conducto principal aunque se puede dividir por diferentes conductos para obtener diferentes salidas para climatizar el espacio que se desea.

Tipos de conductos

Se pueden clasificar en diferentes métodos:

- *Según la forma:* Los más utilizados suelen ser de forma circular o rectangular.



Figura 3.7.- Tubería circular y rectangular

Fuente:

<http://www.rockwool.es/productos+y+soluciones/u/2011.construction/1345/instalaciones/cond uctos-ventilacion-y-climatizacion>

- *Según el material:* Se construyen en diferentes materiales. Los materiales más utilizados son de acero y de fibra de vidrio.

Los conductos de acero están contruidos a partir de planchas de varios metales. En cuando a su sección puede ser circular o rectangular. La ventaja de estos conductos es ser incombustibles y resistentes al fuego.



Figura 3.8.- Tubería chapa metálica

Fuente: <http://irimac.es/ventilacion-y-climatizacion/>

Los conductos de fibra de vidrio están prefabricados a partir de planchas de lana de vidrio de alta densidad. Estas tuberías están compuestas por dos capas, la capa externa está compuesta por aluminio reforzado. Y la parte interna depende de la utilización, puede ser aluminio o tejido de vidrio.

Existe la opción de realizar el montaje en el momento o ya traerlos prefabricados. Suelen ser de sección rectangular y la ventaja principal es que no necesitan aislamiento extra.



Figura 3.9.- Tubería de fibra de vidrio

Fuente: <http://curso-talavera-climatizacion.blogspot.com.es/2013/07/conductos-de-fibra-de-vidrio.html>

- *Según la presión de trabajo:* Se puede dar el caso de conductos de baja, media y alta presión. De esto depende también el diámetro de la tubería.
- *Según la construcción:* Los conductos pueden ser fabricados

Parámetros para definir un conducto

Anteriormente se desarrolló la pérdida de carga, que es una característica muy importante de la instalación, pero sobre todo es utilizada para escoger bien el ventilador, en cambio esa característica se va a tener en cuenta en los conductos pero para conseguir una menor pérdida de carga, para ello se va a analizar todos los parámetros que la crean:

- *Sección de paso:* Es el área comprendida en la tubería, por la que se va a tener paso de aire, este parámetro es medido en m^2 .
- *Rugosidad:* Cuando existe circulación de un fluido va a existir unas turbulencias formadas por la rugosidad de la tubería, cuanto más lisa sea esa tubería menor va a ser rugosidad y menor las turbulencias y al contrario cuanto más rugosa sea una tubería mayor va a ser su rugosidad. Lo mismo sucede con la pérdida de carga, que va a ser mayor cuanto más rugosidad tenga nuestra tubería.
- *Velocidad del aire:* Este parámetro también influye en la pérdida de carga, cuanto mayor sea esta velocidad más nivel sonoro se tendrá y más pérdida de carga.
- *Presión del aire:* La presión que suele existir dentro de los conductos es un valor muy pequeño, para realizar dicha medida se realiza con un manómetro diferencial, que va a comparar la del exterior con la de dentro de la tubería.
- *Caudal del aire:* Es el volumen de aire que circula por unidad de tiempo. Para medir el caudal se suele simplificar recurriendo a la siguiente fórmula.

$$Q = S \cdot V$$

Q : Caudal $\left(\frac{m^3}{s}\right)$
 S : Sección o Área (m^2)
 V : Velocidad de paso $\left(\frac{m}{s}\right)$

3.3 Aislamiento térmico de conductos

El aislamiento térmico en los conductos es una característica muy importante a considerar porque se tiene que mantener las condiciones de temperatura del fluido por dentro de la tubería, por lo que no puede existir intercambio de calor hacia el exterior y por lo tanto se tiene que utilizar un aislamiento térmico adecuado en el cuál permita una seguridad y unas condiciones de trabajo adecuadas.

El intercambio de calor es un proceso que se produce cuando se tiene dos cuerpos a distinta temperatura, por lo que siempre se produce este fenómeno, cediendo calor del foco caliente al foco frío. Cuando sucede esto se tiene que buscar una solución que sería el recubrimiento de dicha tubería con un material aislante (un material que impide o reduce significativamente la transferencia de calor), para eso se utiliza el material llamado poliuretano (por su eficiencia y por su durabilidad).

Siempre que exista una variación de temperatura va a existir una variación de longitud, por lo que este fenómeno lo se tendrá que tener en cuenta sobre todo cuando

se va a realizar instalaciones de tuberías en las cuáles va a existir uniones, por lo que se puede llegar a dilatar el diámetro del tubo y también la longitud del mismo.

$$\Delta L = L_o \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

ΔL : Variación de longitud
 L_o : Longitud inicial del elemento
 α : Coeficiente de dilatación lineal
 ΔT : Variación de temperatura

También se tendrá que tener en cuenta la transferencia de calor que se va a tener por los diferentes materiales y el aislamiento que se va a necesitar para que no exista una pérdida de calor excesiva y se tengan unas condiciones del fluido adecuadas.

$$Q = \frac{\Delta T}{\frac{e}{k \cdot A}} = \frac{\Delta T}{R} = \frac{\text{Fuerza impulsora}}{\text{Resistencia}}$$

e : espesor
 A : Area
 k : conductividad térmica
 R : Resistencia térmica $\left(\frac{e}{k \cdot A}\right)$

Para calcular el aislamiento que se tiene que instalar a una superficie, va a depender de la conductividad de dicho material, también la fórmula a aplicar va a depender de como sea la superficie.

En superficies planas:

$$d = d_{ref} \cdot \frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$$

d : Espesor mínimo del material empleado (mm)
 d_{ref} : Espesor mínimo de referencia (50 mm)
 λ : Conductividad térmica del material empleado $\left(\frac{W}{mK}\right)$
 λ_{ref} : Conductividad térmica de referencia $\left(0,04 \frac{W}{mK}\right)$

Placas planas verticales

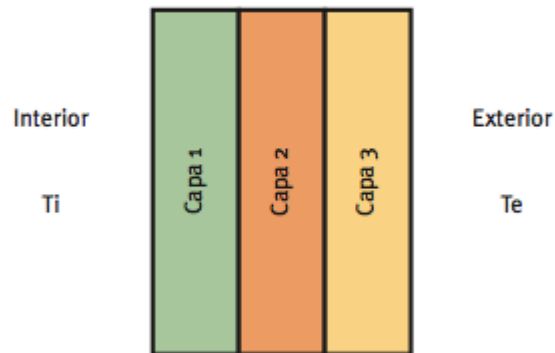


Figura 3.10.- Placas planas aislantes verticales

Fuente: IDAE - Diseño y cálculos aislamiento

Placas planas horizontales

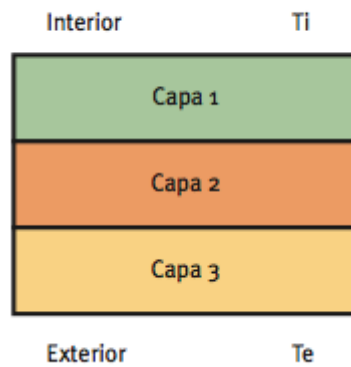


Figura 3.11.- Placas planas aislantes horizontales

Fuente: IDAE - Diseño y cálculos aislamiento

En superficies circulares:

$$d = \frac{D}{2} \cdot \left[e^{\left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D+2d_{ref}}{D} \right)} - 1 \right]$$

d : Espesor mínimo del material empleado (mm)

d_{ref} : Espesor mínimo de referencia (50 mm)

λ : Conductividad térmica del material empleado $\left(\frac{W}{mK} \right)$

λ_{ref} : Conductividad térmica de referencia $\left(0,04 \frac{W}{mK} \right)$

D : Diámetro exterior del conducto (mm)

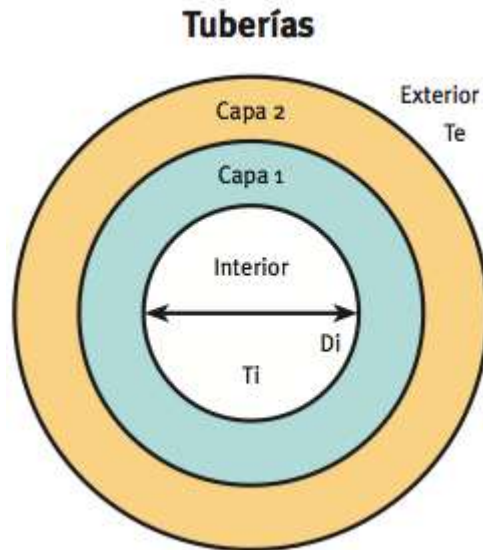


Figura 3.12.- Placas aislantes tuberías

Fuente: IDAE - Diseño y cálculos aislamiento

Ejercicio: ¿En cuánto varía la longitud de una barra de hierro de 50 m de largo cuando su temperatura aumenta de 5 °C a 20 °C? $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

$$\text{Condiciones iniciales} \left\{ \begin{array}{l} L_0 = 50 \text{ m} \\ \alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \\ T_{\text{inicial}} = 5 \text{ } ^\circ\text{C} \\ T_{\text{final}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C} \end{array} \right.$$

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}})$$

$$\Delta L = (50) \cdot (1,2 \cdot 10^{-5}) \cdot (20 - 5)$$

$$\boxed{\Delta L = 0,009 \text{ m}}$$

Por lo que la longitud final en esas condiciones es:

$$L_f = L_0 + \Delta L$$

$$L_f = (50) + (0,009)$$

$$\boxed{L_f = 50,009 \text{ m}}$$

Ejercicio: ¿En cuánto varia la longitud de una barra de hierro de 60 m de largo cuando su temperatura aumenta de 10 °C a -5 °C? $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

$$\text{Condiciones iniciales} \begin{cases} L_0 = 60 \text{ m} \\ \alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \\ T_{\text{inicial}} = 10 \text{ } ^\circ\text{C} \\ T_{\text{final}} = -5 \text{ } ^\circ\text{C} \end{cases}$$

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}})$$

$$\Delta L = (60) \cdot (1,2 \cdot 10^{-5}) \cdot (-5 - 10)$$

$$\boxed{\Delta L = -0,0108 \text{ m}}$$

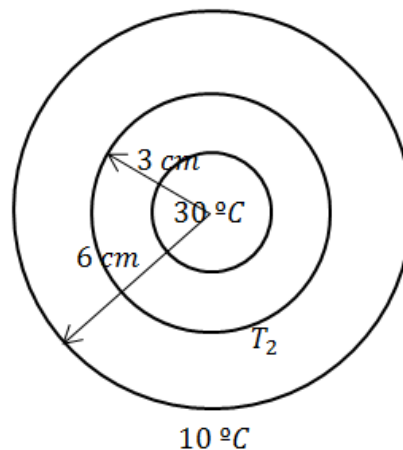
Como se puede ver, en este caso la tubería disminuiría su longitud porque al pasar de una temperatura mayor a una menor se comprime. Por lo que la longitud final en esas condiciones es:

$$L_f = L_0 + \Delta L$$

$$L_f = (60) + (-0,0108)$$

$$\boxed{L_f = 59,9892 \text{ m}}$$

Ejercicio: Para evitar las pérdidas de calor de una conducción cilíndrica de acero inoxidable, por cuyo interior circula un fluido caliente, se recubre la conducción de una capa de material aislante cuya conductividad térmica es $k = 0,07 \frac{W}{m.K}$. Suponiendo que la temperatura de la pared interior de la conducción es de $30^\circ C$ y la de la pared exterior del aislante de $10^\circ C$ ¿cuál será la pérdida de calor al exterior por unidad de longitud?. ¿Cuál será la temperatura en la superficie de contacto metal-aislante?. Tómese para los diámetros interior y exterior de la conducción 4 y 6 cm respectivamente y para el espesor del aislante 3 cm; conductividad del acero $k = 16 \frac{W}{m.^{\circ}C}$.



$$Q = \frac{\Delta T}{R_1 + R_2}$$

Una vez desarrollado el denominador, poniendo las dos resistencias que se va a utilizar, queda la fórmula desarrollada así:

$$Q = \frac{\Delta T}{\left(\frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k_1 \cdot L} \right) + \left(\frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k_a \cdot L} \right)}$$

Se sustituye por los valores que da el ejercicio, teniendo en cuenta que la diferencia de temperatura es inicial me la final y queda:

$$Q = \frac{30 - 10^\circ C}{\left(\frac{\ln\left(\frac{3}{2}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 16.1} \right) + \left(\frac{\ln\left(\frac{6}{3}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 0,07.1} \right)}$$

$$Q = 12,65 \frac{W}{m}$$

Ahora como el ejercicio pregunta cuál es la temperatura que se va a tener en dicho punto se calculara de la siguiente manera, con la misma fórmula pero solo teniendo en cuenta el aislante que se ve afectado y como incógnita en vez de tener el calor perdido se va a tener la temperatura final.

$$Q = \frac{\Delta T_1}{R_1}$$

$$Q = \frac{(T_1 - T_2)}{\left(\frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k_1 \cdot L} \right)}$$

$$12,65 = \frac{(30 - T_2)}{\left(\frac{\ln\left(\frac{3}{2}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 16.1} \right)}$$

$$\boxed{T_2 = 29,95 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Como se puede ver la caída de temperatura se produce después de la capa de espesor del aislante, sobre todo el intercambio de calor se produce en la capa exterior de acero.

Ejercicio: Se quiere aislar un conducto de 40 cm de diámetro exterior de un polideportivo. Se tiene para elegir entre 3 aislantes térmicos de los siguientes valores: $\lambda_1 = 0,030 \frac{W}{mK}$, $\lambda_2 = 0,040 \frac{W}{mK}$, $\lambda_3 = 0,050 \frac{W}{mK}$. Pero con la condición de que el espesor que obtengamos como resultado no sea mayor de 50 mm.

Se va a realizar el ejercicio dividiéndolo en 3 apartados, un apartado por cada aislante diferente que se puede colocar y después se realizara la comprobación de si el espesor supera dicho valor límite o no.

Aislante 1

La fórmula a utilizar por ser un conducto de superficie circular es:

$$d_1 = \frac{D}{2} \cdot \left[e^{\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D+2d_{ref}}{D} \right)} - 1 \right]$$

Ahora se van a introducir los datos dados y los datos de referencia que da la fórmula.

$$d_1 = \frac{400}{2} \cdot \left[e^{\left(\frac{0,030}{0,040} \cdot \ln \frac{400+(2.50)}{400} \right)} - 1 \right]$$

$$d_1 = \frac{400}{2} \cdot [1,18 - 1]$$

$$\boxed{d_1 = 36,44 \text{ mm}}$$

Aislante 2

La fórmula a utilizar por ser un conducto de superficie circular es:

$$d_2 = \frac{D}{2} \cdot \left[e^{\left(\frac{\lambda_2}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D+2d_{ref}}{D} \right)} - 1 \right]$$

Ahora se van a introducir los datos dados y los datos de referencia que da la fórmula.

$$d_2 = \frac{400}{2} \cdot \left[e^{\left(\frac{0,040}{0,040} \cdot \ln \frac{400+(2.50)}{400} \right)} - 1 \right]$$

$$d_2 = \frac{400}{2} \cdot [1,25 - 1]$$

$$\boxed{d_2 = 50 \text{ mm}}$$

Aislante 3

La fórmula a utilizar por ser un conducto de superficie circular es:

$$d_3 = \frac{D}{2} \cdot \left[e^{\left(\frac{\lambda_3}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D+2d_{ref}}{D} \right)} - 1 \right]$$

Ahora se van a introducir los datos dados y los datos de referencia que da la fórmula.

$$d_3 = \frac{400}{2} \cdot \left[e^{\left(\frac{0,050}{0,040} \cdot \ln \frac{400+(2.50)}{400} \right)} - 1 \right]$$

$$d_3 = \frac{400}{2} \cdot [1,32 - 1]$$

$$d_3 = 64,34 \text{ mm}$$

	Espesor mínimo	Valido
Aislante 1	36,44 mm	Si
Aislante 2	50 mm	Si
Aislante 3	64,34 mm	No

Como se puede ver el aislante 1 y 2 si sería válido por estar por debajo o igual de los 50 mm.

3.4 Compuertas. Tipos y características

En los sistemas de climatización que disponen de un circuito secundario para entregar el aire a la sala a climatizar, existen dos métodos de regulación. El método de regulación por temperatura de aire variable (TAV) y el de regulación de volumen de aire variable (VAV).

Los sistemas de volumen de aire variable, el aire se reparte por la red a igual temperatura, variando el caudal a partir de las necesidades de cada local. Para realizar esta regulación en la cual se necesita variar el caudal se hace uso de las compuertas, de esta forma se puede tener una regulación desde tener el conducto cerrado si no se necesita climatizar en ese momento o hasta tener las compuertas abiertas al máximo si se necesitara tener el máximo caudal. Cómo se puede comprender se va a variar el caudal a partir de la variación de sección de paso.

Existen diferentes tipos de compuertas y se clasifican en diferentes apartados.

- Según su accionamiento: Cuando lo que varía es la forma de ponerse en funcionamiento.
 - *Compuertas de aire motorizadas:* Son compuertas que están accionadas por un motor. El motor está controlado por un sistema de regulación que determina que porcentaje va a abrir la compuerta para llegar a climatizar el lugar. Este tipo de compuertas se pueden instalar dentro de los propios conductos o a la salida de aire.



Figura 3.13.- Compuerta de aire motorizada

Fuente: http://www.clima1.com/index.php?cPath=21_76

- *Compuertas de sobrepresión:* Este tipo de compuertas se accionan o precisan su apertura cuando la presión del aire sube por encima del valor que se ha prefijado. Para fijar ese valor se realiza mediante un contrapeso o un resorte. Como se puede imaginar este tipo de compuertas la precisión de regulación es menor y siempre tienen un valor fijo.



Figura 3.14.- Compuerta de sobrepresión

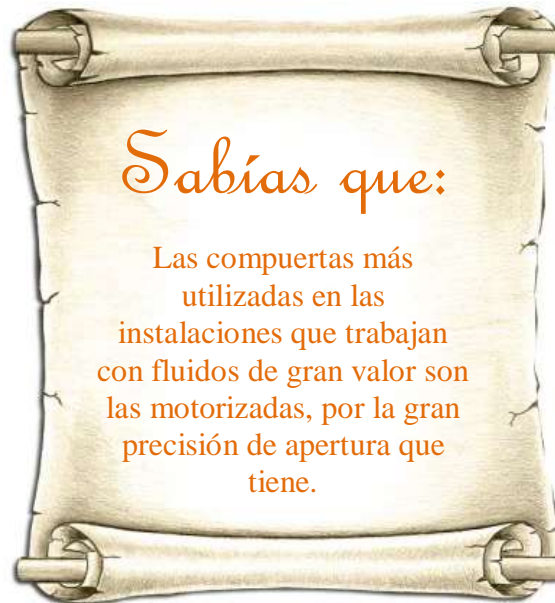
Fuente: <http://www.generadordeprecios.info>

- *Compuertas de accionamiento manual:* Como se puede apreciar en la imagen tienen un mando para ser accionado manualmente, en el cuál se precisa si se desea abrir o no dicha compuerta.



Figura 3.15.- Compuerta de accionamiento manual

Fuente: <http://www.ise.es>



- Según su diseño: Cuando varía el diseño y la forma de regular el caudal.
 - *Compuertas de mariposa:* Suelen ser de sección circular y están compuestas por una placa de la misma área que el tubo, en la cual gira sobre un eje central y permite mayor o menor abertura de dicho conducto. A mayor sección de paso se tiene mayor caudal de aire, esto sucede cuando dicha compuerta está en dirección paralela al conducto. Este tipo de compuertas se pueden encontrar de los tres tipos de accionamiento anteriores (manual, motorizado y sobrepresión).



Figura 3.16.- Compuerta de mariposa

Fuente: <http://www.rostubos.com/es/compuertas-regulacion-flujo-manual-automatico-electrico-neumatica-regulacion-conductos-ventilacion-climatizacion-evacuacion-aire-particulas-tuberias-captacion-polvo-transporte-dosificacion-materiales-finas.aspx>

- *Compuertas de guillotina:* Son compuertas que tienen la regulación del aire a partir de un sistema de guillotina, tiene una placa colocada a 90º del conducto y se introduce para impedir el paso del aire y se extrae cuando se desea tener el mayor caudal posible. Su accionamiento puede ser manual o automático.



Figura 3.17.- Compuerta de guillotina

Fuente: <http://www.rostubos.com/es/compuertas-regulacion-flujo-sistema-guillotina-manual-automatico-tajadera-central-dentro-funda-dos-capas-todo-nada-regulable.aspx>

- *Compuertas de lamas:* Son un conjunto de lamas que giran sobre su propio eje longitudinal a la vez, mediante poleas. Existen lamas horizontales o lamas verticales y también la configuración de lamas paralelas o lamas opuestas. Como las compuertas de mariposa su accionamiento puede ser manual, motorizado o por sobrepresión.

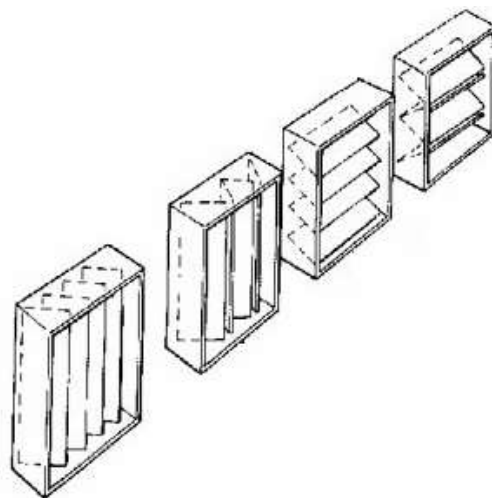


Figura 3.18.- Compuerta de lamas

Fuente: <http://www.soler-palau.mx/ventiladores5.php>

- **Compuertas de álabes variables:** Suelen ser de sección circular, aunque las hay de otro tipo de secciones. Están constituidos por u alabes alrededor del eje central y a lo largo de toda la sección circular, estos dispositivos se pueden modificar su inclinación para permitir mayor o menor entrada de aire. Su accionamiento puede ser manual o motorizado.

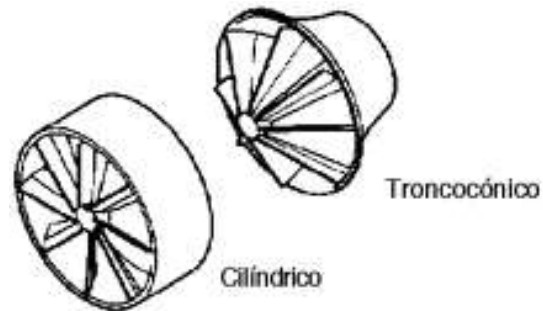


Figura 3.19.- Compuerta de álabes variables

Fuente: http://www.solerpalau.cl/formacion_01_17.html

- **Según su posición respecto al ventilador:** Normalmente o se colocan a la entrada del ventilador o a la salida de él, aunque podría existir alguna compuerta colocada a lo largo del conducto.
 - **Compuertas a la entrada:** Se colocan en esta posición siempre y cuando se quiera regular el caudal de entrada que va a absorber dicho ventilador, de esta forma se permite más caudal a tratar por dicho ventilador o depende de la inclinación de las lamas de entrada.

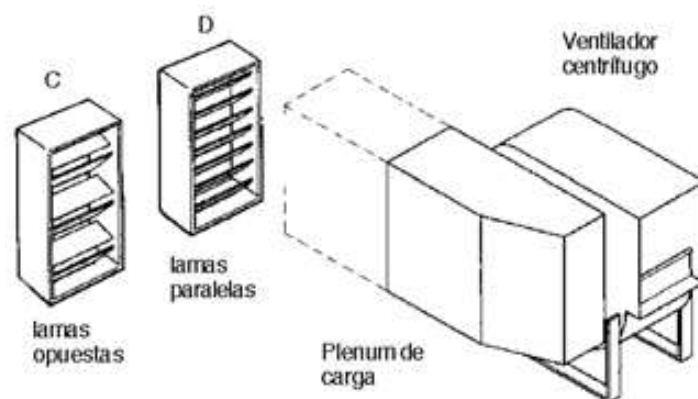


Figura 3.20.- Compuerta a la entrada del ventilador

Fuente: http://www.solerpalau.cl/formacion_01_17.html

- *Compuertas a la salida:* Cuando se quiera regular el caudal de salida, se colocan en esta posición la compuerta. Aunque posteriormente a esta compuerta seguramente se disponga otra para ajustar el caudal que se desea ofrecer a un local determinado a climatizar.

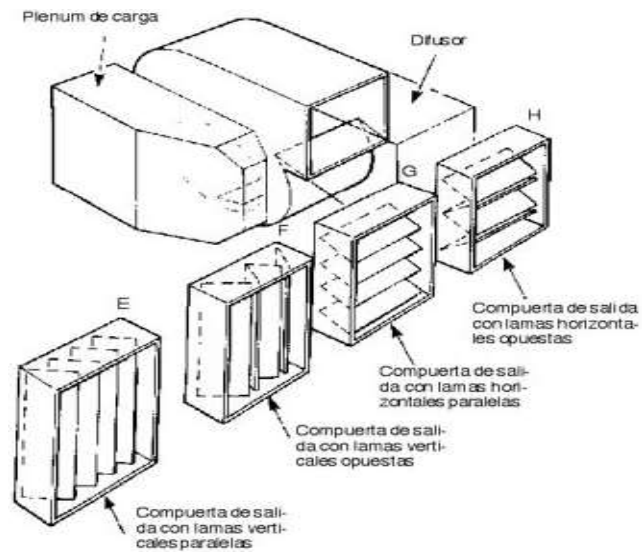


Figura 3.21.- Compuerta a la salida del ventilador

Fuente: <http://www.soler-palau.mx/ventiladores5.php>

4 Equipos terminales de climatización

En los anteriores capítulos se han desarrollado las diferentes formas de generación de frío y calor que existen para poder llegar a climatizar los locales que deseamos, también de esta forma se realizó la explicación de transportar los fluidos necesarios para realizar dicha climatización.

En este capítulo se efectuara el desarrollo de los diferentes equipos que existen para realizar el tratamiento del aire. De esta forma en estos equipos lo que vamos a realizar es un tratamiento para satisfacer todas las condiciones de calidad del aire.

Para realizar la del aire se utilizan las unidades de tratamiento que a su vez está dividida en diferentes secciones, cada una de esta sección tiene una misión. De esta forma también se necesitara la utilización de conductos para efectuar el tratamiento.

Secciones de una unidad de tratamiento de aire:

- Sección de ventiladores
- Sección de intercambiadores
- Sección de filtros
- Sección de humidificación
- Sección de mezcla

4.1 Unidades de tratamiento de aire

Las unidades terminales de aire (UTA) se les denomina habitualmente como climatizadores, que son equipos para poder climatizar un local. En estos equipos se va a procesar el aire y se va a conseguir una adaptación térmica, higroscópica y un filtrado de aire. Como se desarrolló en los primeros capítulos estos sistemas no generan energía térmica si no que solo la ponen en las características que se desea para climatizar el local del cual se esté desarrollando la climatización.

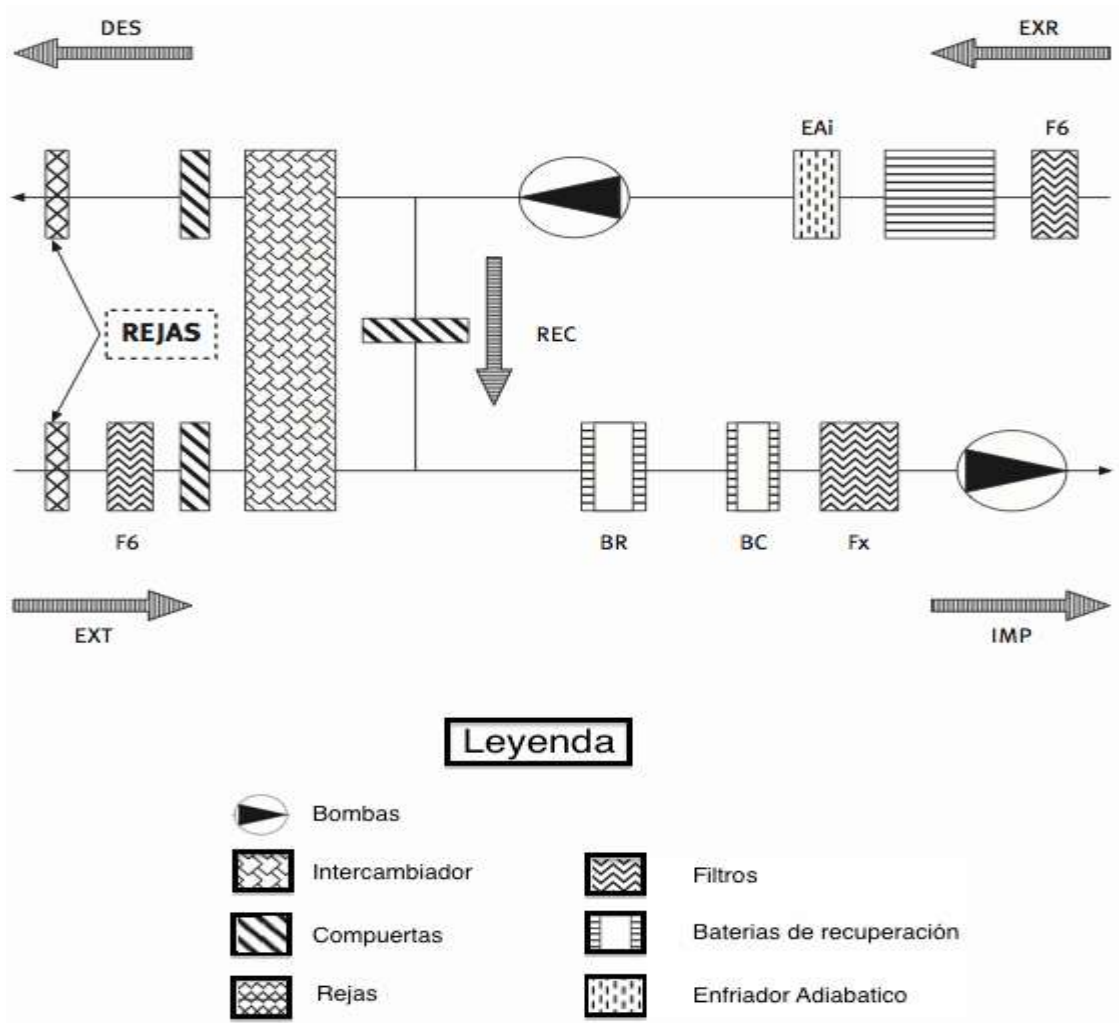


Figura 4.1.- Esquema UTA

Fuente: IDAE - Reglamento de instalaciones térmicas

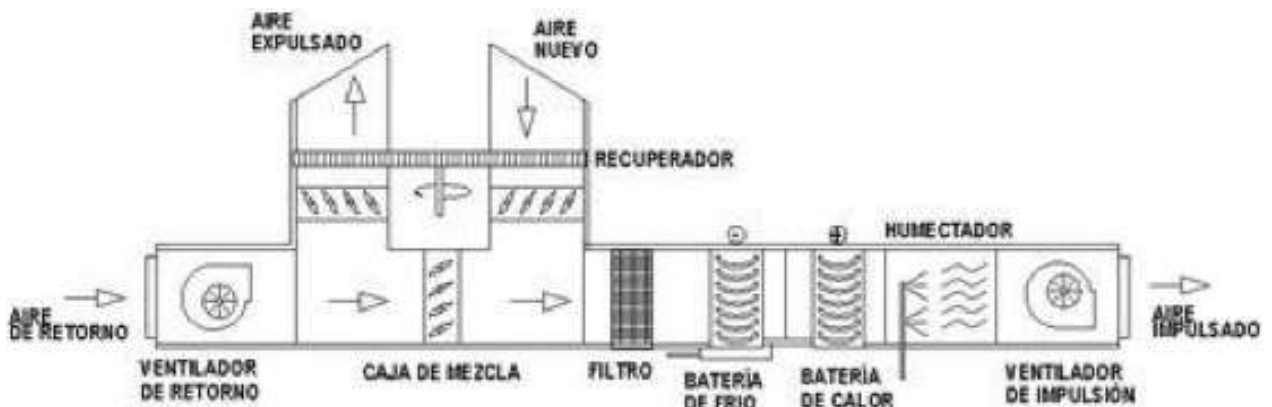


Figura 4.2.- Partes de una unidad de tratamiento de aire

Fuente: [http://www.scalofríos.es/Climatizacion/todo_aire/UTA%20\(Apuntes%20de%20Configuracion\).pdf](http://www.scalofríos.es/Climatizacion/todo_aire/UTA%20(Apuntes%20de%20Configuracion).pdf)

Sección de ventiladores

Esta parte del equipo sirve para poder variar el caudal de aire para conseguir las condiciones adecuadas para climatizar el espacio deseado. Para conseguir ese objetivo suele estar equipado de varios ventiladores.

Cuando se necesitan características mejores de ventilación lo que se realiza es la instalación de dos secciones de ventiladores, una en la parte inicial de la unidad de tratamiento y otra al final, como se puede apreciar en la imagen del esquema anterior.



Figura 4.3.- Ventilador

Fuente: <http://www.dimatek.es/productos/index.php>

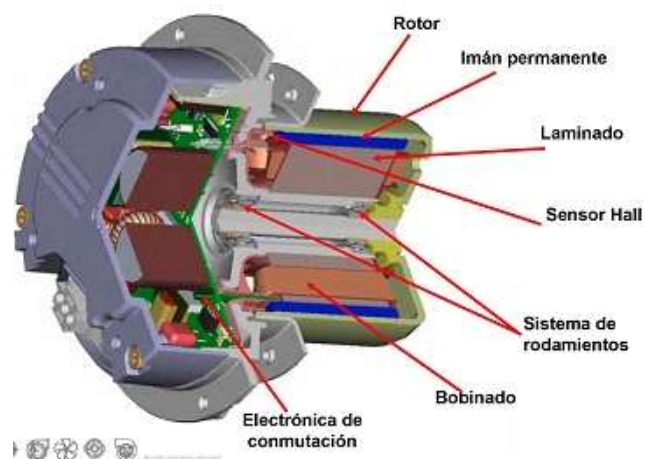


Figura 4.4.- Esquema Ventilador

Fuente: <http://www.dimatek.es/productos/index.php>

Ejercicio: Se quiere disminuir la temperatura de un local de 25 °C a 20 °C, el caudal de aire existente dentro del local es de 200 m³. Para ello se utiliza agua tratada a una temperatura de 10 °C. Se necesita saber cuál es el caudal necesaria para obtener la temperatura deseada.

$$C_{\text{aire}} = 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1,185 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$C_{\text{agua}} = 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

$$\rho_{\text{agua}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q_{\text{cedido}} = m_{\text{aire}} \cdot C_{\text{aire}} \cdot \Delta T_{\text{aire}}$$

$$Q_{\text{cedido}} = \left(200 \text{ m}^3 \cdot \frac{1,185 \text{ kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot \left(1000 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}\right) \cdot (25^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})$$

$$\boxed{Q_{\text{cedido}} = 1185000 \text{ J}}$$

$$Q_{\text{absorvido}} = m_{\text{agua}} \cdot C_{\text{agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua}}$$

$$Q_{\text{absorvido}} = (m_{\text{agua}}) \cdot \left(4186 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}\right) \cdot (20^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C})$$

$$\boxed{Q_{\text{cedido}} = 41860 \cdot m_{\text{agua}}}$$

$$Q_{\text{absorvido}} = Q_{\text{cedido}}$$

$$1185000 \text{ J} = 41860 \cdot m_{\text{agua}}$$

$$\boxed{m_{\text{agua}} = 28,30 \text{ kg}}$$

$$m_{\text{agua}} = 28,30 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ kg}}$$

$$\boxed{m_{\text{agua}} = 0,0283 \text{ m}^3}$$

Ejercicio: Se quiere disminuir la temperatura de un local de 23 °C a 21 °C, el caudal de aire existente dentro del local es de 300 m³. Para ello se utiliza agua tratada a una temperatura de 15 °C. Se necesita saber cuál es el caudal necesaria para obtener la temperatura deseada.

$$C_{\text{aire}} = 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1,185 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$C_{\text{agua}} = 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

$$\rho_{\text{agua}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q_{\text{cedido}} = m_{\text{aire}} \cdot C_{\text{aire}} \cdot \Delta T_{\text{aire}}$$

$$Q_{\text{cedido}} = \left(300 \text{ m}^3 \cdot \frac{1,185 \text{ kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot \left(1000 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}\right) \cdot (23^{\circ}\text{C} - 21^{\circ}\text{C})$$

$$\boxed{Q_{\text{cedido}} = 711000 \text{ J}}$$

$$Q_{\text{absorvido}} = m_{\text{agua}} \cdot C_{\text{agua}} \cdot \Delta T_{\text{agua}}$$

$$Q_{\text{absorvido}} = (m_{\text{agua}}) \cdot \left(4186 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}\right) \cdot (21^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C})$$

$$\boxed{Q_{\text{cedido}} = 25116 \cdot m_{\text{agua}}}$$

$$Q_{\text{absorvido}} = Q_{\text{cedido}}$$

$$711000 \text{ J} = 25116 \cdot m_{\text{agua}}$$

$$\boxed{m_{\text{agua}} = 28,30 \text{ kg}}$$

$$m_{\text{agua}} = 28,30 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ kg}}$$

$$\boxed{m_{\text{agua}} = 0,0283 \text{ m}^3}$$

Sección de intercambiadores

En el esquema principal esta parte viene denominada como batería de frío y batería de calor. Las baterías pueden ser de calefacción o de refrigeración dependiendo de la temperatura del fluido. Se emplean para calentar o enfriar el aire. Estos equipos constan de una bandeja de recogida de condensados (en la parte de las baterías de frío).

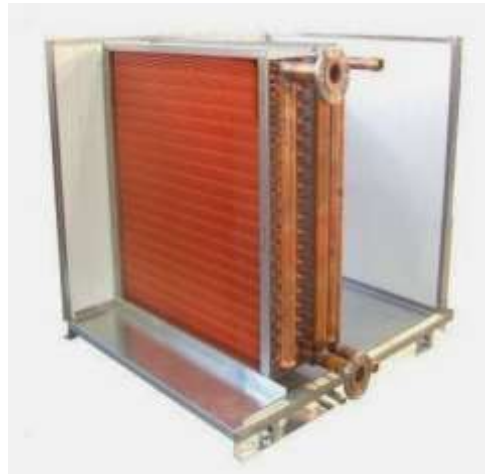


Figura 4.5.- Intercambiador

Fuente: <http://instalaciones-termicas.blogspot.com.es/2013/10/climatizador-o-uta-unidad-de.html>

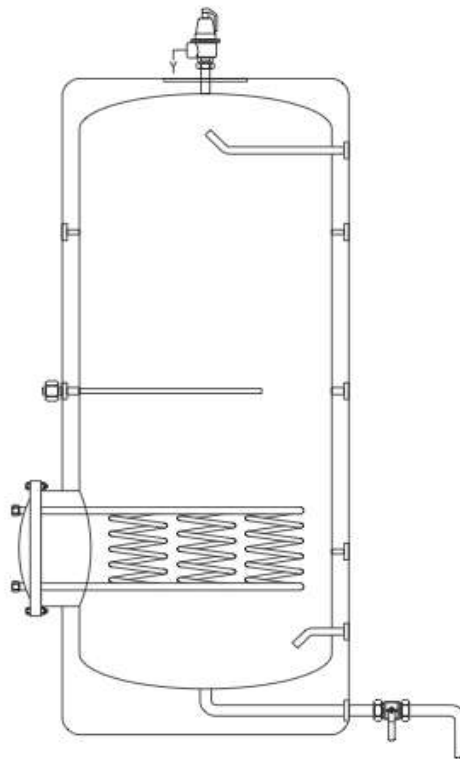
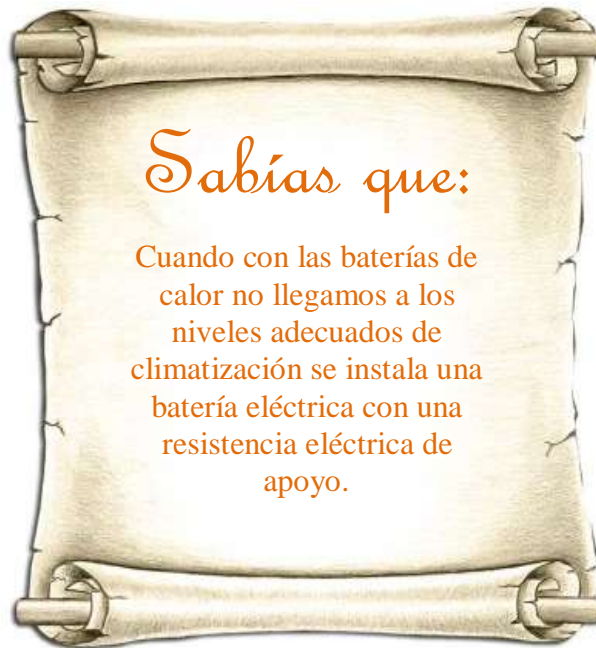


Figura 4.6.- Interacumulador

Fuente: IDAE - Agua caliente sanitaria central



Sección de filtros

La misión de esta parte es retener las partículas en suspensión que se tienen en dicho circuito para mejorar la calidad del aire que se va a expulsar, para ello se hace uso de filtros y prefiltros.



Figura 4.7.- Filtros y prefiltros

Fuente: <http://genfiltro.es/wp-content/uploads/2011/04/filtros-aire-prefiltros.gif>

En lugares donde se necesite una calidad muy precisa como puede ser en un hospital se hará uso de varios filtros y también se tendrá accesorios para eliminar microorganismos agregando filtros electrostáticos y para los gases disueltos en el aire se utilizan filtros de carbón activo.



Figura 4.8.- Filtro electrostático y filtro de carbón activo

Fuente: <http://www.logismarket.es>

Fuente: <http://www.luiscapdevila.es/es/>

Sección de humidificación

La finalidad de esta sección es conseguir los niveles de humedad adecuados para conseguir la calidad de confort, en algún casos habrá que aumentar dicha humedad y en otros casos disminuirla. Para conseguir esa variación de la humedad se basa en las siguientes características:

- Resistencia eléctrica: Para insertar el aporte energético necesario para que se evapore el agua que se pulveriza.
- Agua a presión: Se pulveriza agua para que sea evaporada y por lo tanto se obtenga aire húmedo.

Existen dos tipos de humidificación, la humidificación evaporativa y la humidificación por vapor.

Humidificación evaporativa: Se consigue con un panel de fibra de vidrio por el que pasa flujo de aire caliente, para aumentar la humedad de dicho aire los paneles del humidificador contienen agua que va a ser evaporada por la transferencia térmica y de esa forma se consigue aire húmedo y frío.



Figura 4.9.- Humificador evaporativo

Fuente: <http://instalaciones-termicas.blogspot.com.es/2013/10/climatizador-o-uta-unidad-de.html>

Humidificación por vapor: Existe un equipo encargado de la producción de vapor externas a la UTA y a través de conductos se inserta en el interior de la unidad de tratamiento en la medida necesaria.



Figura 4.10.- Humificador por vapor

Fuente: <http://instalaciones-termicas.blogspot.com.es/2013/10/climatizador-o-uta-unidad-de.html>

Ejercicio: Un sensor de filtro capta partículas durante un periodo de un día, 24 h, con un flujo de caudal de $1,6 \frac{m^3}{min}$.

El aire del filtro por la que circula el aire tiene unas dimensiones de $18 \times 25 \text{ cm}^2$.

Para realizar el análisis se realiza un corte de dimensiones de $3 \times 25 \text{ cm}^2$, en dicho corte se detecta que tiene una cantidad de 7 mg . Se desea determinar cuál es la concentración en el aire en $\frac{\mu g}{m^3}$

Lo primero que se tiene que determinar es el caudal tratado al día, para lo que se realiza la siguiente operación:

$$Q_{\text{tratado}} = 1,6 \frac{m^3}{min} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}}$$

$$Q_{\text{tratado}} = 2304 \frac{m^3}{dia}$$

A continuación se realizara el área que se considera del filtro completo y en el trozo cortado.

$$A_{\text{trozo}} = 3 \text{ cm} \cdot 25 \text{ cm}$$

$$A_{\text{trozo}} = 75 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{filtro}} = 18 \text{ cm} \cdot 25 \text{ cm}$$

$$A_{\text{filtro}} = 450 \text{ cm}^2$$

Ahora tenemos que realizar el factor de conversión para calcular la concentración que existe en el filtro completo.

$$C_{\text{filtro}} = C_{\text{trozo}} \cdot \frac{A_{\text{filtro}}}{A_{\text{trozo}}}$$

$$C_{\text{filtro}} = (7 \text{ mg}) \cdot \frac{(450 \text{ cm}^2)}{(75 \text{ cm}^2)}$$

$$C_{\text{filtro}} = 42 \text{ mg}$$

Por ultimo solo falta hallar el resultado en las unidades que se necesitan.

$$C_{\text{filtro}} = 42000 \mu g$$

Ejercicio: Un sensor de filtro capta partículas durante un periodo de un día, 24 h, con un flujo de caudal de $1 \frac{m^3}{min}$.

El aire del filtro por la que circula el aire tiene unas dimensiones de $15 \times 30 \text{ cm}^2$.

Para realizar el análisis se realiza un corte de dimensiones de $4 \times 15 \text{ cm}^2$, en dicho corte se detecta que tiene una cantidad de 4 mg . Se desea determinar cuál es la concentración en el aire en $\frac{\mu g}{m^3}$

Lo primero que se tiene que determinar es el caudal tratado al día, para lo que se realiza la siguiente operación:

$$Q_{\text{tratado}} = 1 \frac{m^3}{min} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}}$$

$$Q_{\text{tratado}} = 1440 \frac{m^3}{dia}$$

A continuación se realizara el área que se considera del filtro completo y en el trozo cortado.

$$A_{\text{trozo}} = 4 \text{ cm} \cdot 15 \text{ cm}$$

$$A_{\text{trozo}} = 65 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{filtro}} = 15 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm}$$

$$A_{\text{filtro}} = 480 \text{ cm}^2$$

Ahora tenemos que realizar el factor de conversión para calcular la concentración que existe en el filtro completo.

$$C_{\text{filtro}} = C_{\text{trozo}} \cdot \frac{A_{\text{filtro}}}{A_{\text{trozo}}}$$

$$C_{\text{filtro}} = (4 \text{ mg}) \cdot \frac{(480 \text{ cm}^2)}{(60 \text{ cm}^2)}$$

$$C_{\text{filtro}} = 32 \text{ mg}$$

Por ultimo solo falta hallar el resultado en las unidades que se necesitan.

$$C_{\text{filtro}} = 32000 \mu g$$

Sección de mezcla

El objetivo principal de esta sección es expulsar al exterior una parte del aire que viene de local y por otra parte tomar la misma cantidad de aire nuevo para que el sistema este equilibrado.

Para realizar estas acciones se instalan varias compuertas para permitir el paso de aire, dichas compuertas están motorizadas para poder ajustar la apertura de ellas. Si en vez de compuertas motorizadas se tuvieran compuertas manuales se tendría que instalar un anemómetro para medir y conseguir la abertura correcta, pero hay que tener en cuenta que con una abertura manual no se va a poder modificar continuamente el caudal de entrada. Con la sección de mezcla se evita la instalación de un ventilador en el local, porque esta parte ya determina cuál es el caudal a tomar. Para determinar la calidad del aire se utilizan sondas para medir y determinar qué acción llevar a cabo.

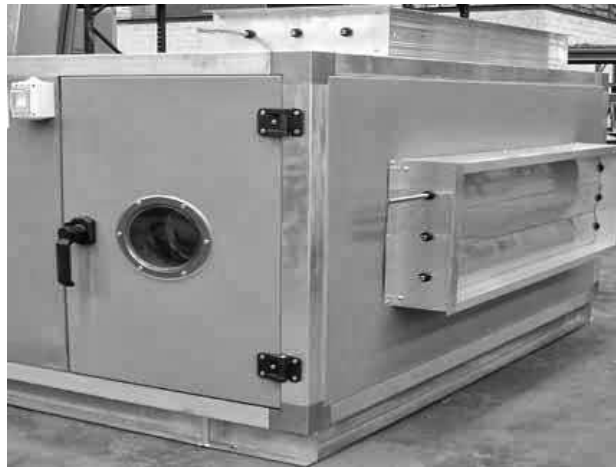


Figura 4.11.- Sección de mezcla

Fuente: <http://instalaciones-termicas.blogspot.com.es/2013/10/climatizador-o-uta-unidad-de.html>

4.2 Unidades terminales

Son elementos que sirven para ceder calor o frío para entregarlos a un local y así poder climatizarlo. Estos equipos el sistema interno es sencillo, están compuestos por un serpentín en el cuál se efectúa el intercambio térmico. Estos equipos suelen tener muy buenos rendimientos y por eso la utilización de ellos para la climatización. Sobre todo se utiliza en locales de poca superficie a climatizar.

Existen diferentes tipos dentro de esta categoría, dependiendo el uso y el sistema interno para llevar a cabo el intercambio de energía.

4.2.1 Fancoils

También son llamados ventiloconvectores, su construcción interna es muy sencilla compuesta por una batería de frío o de calor y un ventilador para poder expulsar el aire.

El circuito primario que está compuesto de un intercambiador por el que circula agua, hace la transferencia de calor al aire que circula por la parte externa del intercambiador y después ese aire es impulsado por un ventilador.



Figura 4.12.- Fancoil de 4 tubos

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/central-air-conditioner-fan-coil-unit-250035909.html>

Como se puede apreciar en la imagen anterior, se el equipo tiene un fancoil de 4 tubos lo que significa que tiene internamente un intercambiador para calor y otro para frío. Si solo tuviera 2 tubos significaría que dicho equipo solo dispone de un fancoil de calor o de frío.

Partes de un fancoil

- *Chasis:* Es la parte que recubre dicho equipo, además de protegerlo contra el exterior también sirve para soportar los demás elementos.
- *Batería de intercambio:* Como se puede apreciar en la imagen siguiente, el serpentín puede estar soldado, por él va a circular el fluido del circuito primario. Este fancoil solo sería de frío o de calor si no tendría que contener dos baterías de intercambio.
- *Motoventilador:* Es el elemento encargado de transmitir movimiento al aire para refrigerarlo o calentarlo. Este tipo de ventiladores suelen ser centrífugos o tangenciales para disminuir el nivel sonoro.
- *Bandeja de recogida de condensados:* Dispone de este elemento para cuando condense parte de agua que tendrá el ambiente.
- *Filtro:* Suele ser de fácil acceso para realizar su limpieza y sirve para purificar el aire que sale al lugar climatizado.

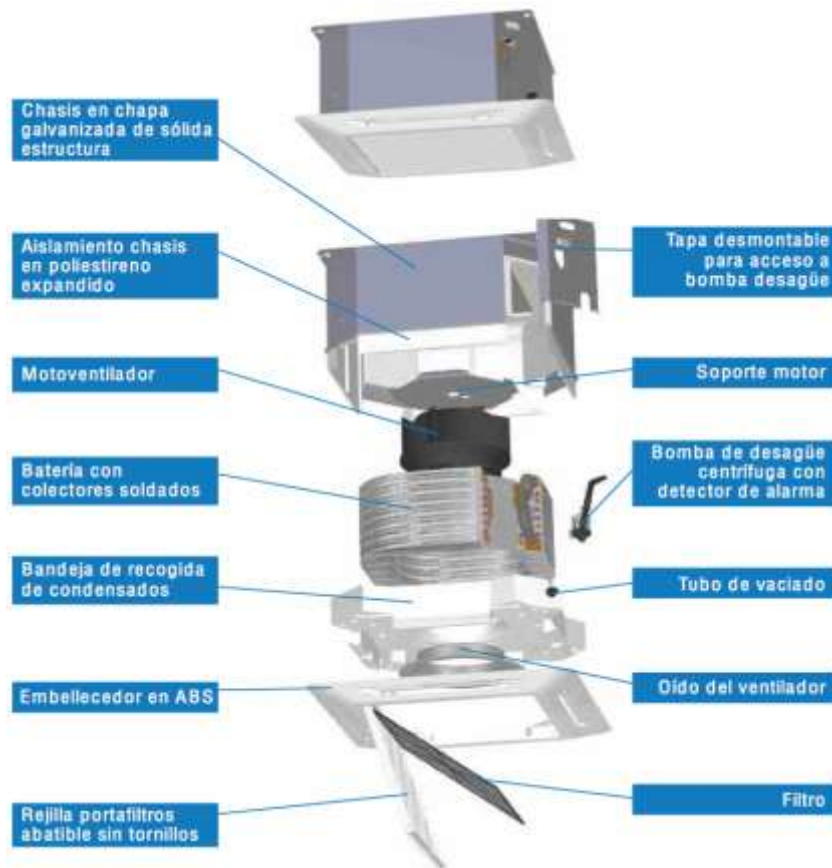


Figura 4.13.- Esquema de un fancoil

Fuente: <http://www.comercialmediterranea.com/aire-acondicionado-industrial/Termoven/FCS.pdf>

Para poder controlar estos equipos suelen disponer de un mando a distancia con termostato incorporado para poder decidir la regulación del ventilador e incluso en algún equipo se puede decidir la regulación del caudal que entra en la batería de intercambio. Todos los equipos suelen tener un termostato interno, pero con el que se gobierna manualmente el cliente es con el mando a distancia.

4.2.2 Inductores

Este tipo de equipos está constituido como los fancoils por 2 o 4 baterías de agua y una carcasa metálica constituida por toberas de impulsión, ya que no dispone de la parte mecánica como son el motor eléctrico.

Este equipo aprovecha la energía del aire que está a una alta presión y velocidad, donde en las toberas se produce el efecto venturi para producir la circulación del aire.

Existen dos circuitos de aire, el primario que tiene alta presión y alta velocidad que se introduce en las toberas que crea una depresión por el efecto venturi y que induce el aire del ambiente (o circuito secundario) que ha circulado por una batería y se mezcla con el aire del circuito primario, para posteriormente mandarlo a la sala a climatizar.

El aire que se introduce en el circuito primario viene de una unidad de tratamiento de aire con las características adecuadas para cuando se efectuó la mezcla se tengan las condiciones adecuadas de climatización del lugar.

Como se puede entender en la explicación la ventaja principal de este equipo es que al no disponer de ventiladores no va a existir ruido, también se requiere me mantenimiento y van a existir menos averías.

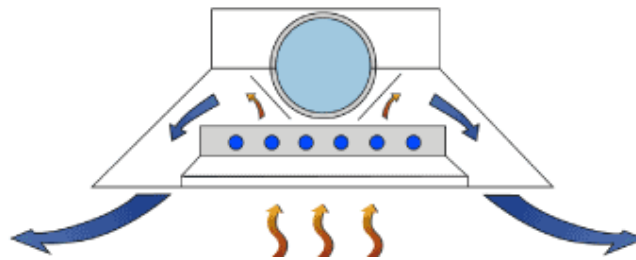
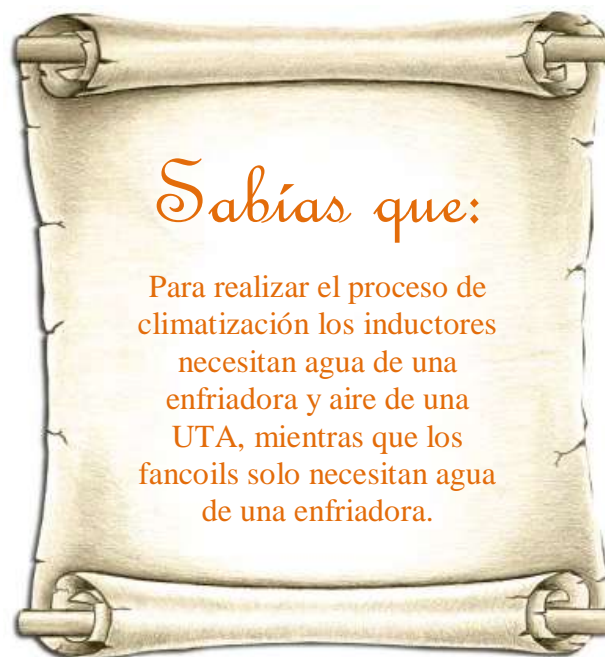


Figura 4.14.- Inductores

Fuente: <http://instalaciones-termicas.blogspot.com.es/2013/10/sistemas-terminales-de-induccion-parte-1.html>



4.2.3 Techo radiante

El techo radiante es un sistema de refrigeración que evita la estratificación del aire de la sala, por eso su utilización. Este sistema consiste en transmitir el calor por radiación, emite una radiación que solo transmite el calor cuando alcanza un cuerpo físico.

Para explicar el funcionamiento del techo radiante, se tiene que explicar las formas de transmisión de calor. Los tres métodos de transmisión de calor son conducción, convección y radiación.

- **Conducción:** Este tipo de transferencia de calor es cuando existe contacto directo sin intercambio de materia. Se transmite el calor de un cuerpo a otro con diferentes temperaturas, desde el cuerpo con mayor temperatura al de menor temperatura hasta alcanzar un equilibrio térmico.
- **Convección:** Se produce a través de un fluido (tanto líquido como gas) que transporta el calor, para transmitirlo a una zona con diferente temperatura y que exista movimiento de materia, de esta forma el fluido se traslada cuando aumenta su temperatura dejando dicho hueco a un fluido con menor temperatura para que adquiera calor y así sucesivamente.
- **Radiación:** Es el calor transmitido en forma de radiación infrarroja. Todos los cuerpos emiten radiación térmica, solo depende la intensidad de dicha onda la temperatura y la longitud de onda. Aunque exista una radiación no se calienta el medio por el que se transmite, solo se convierte dicha energía cuando alcanza materia sólida.



Figura 4.15.- Formas de transmisión de calor

Fuente: <http://www.artinaid.com/2013/04/que-es-el-calor/>

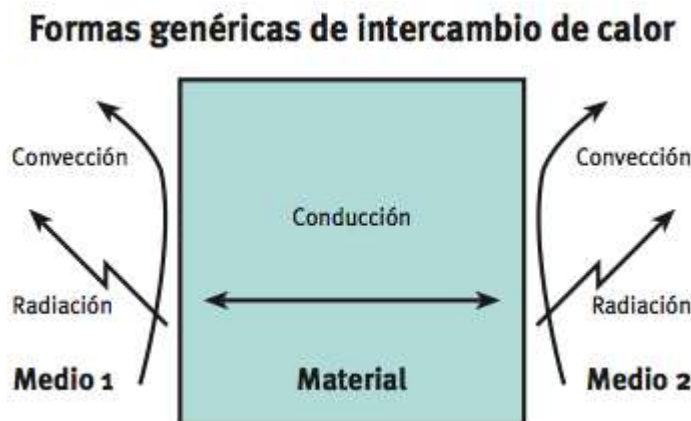


Figura 4.16.- Formas de transferencia de calor

Fuente: IDAE - Diseño y cálculos aislamiento

En estos equipos la mayor transferencia de calor se produce a partir del fenómeno de la radiación aunque también se tiene una parte de convección. Todo depende del tipo de techo radiante que se tenga en la sala climatizada. Este tipo de equipos es muy utilizado cuando se tiene que climatizar un local de gran superficie por el sistema de transferencia que se utiliza.

Este tipo de equipos por lo que está constituido es por un serpentín por el que circula un fluido con alta temperatura en modo calefacción y un fluido frío si funciona en modo frigorífico. El aspecto final del techo depende de la sala que se coloque, aunque normalmente dichas placas están perforadas para mejorar la transferencia de calor por convección.



Figura 4.17.- Techo radiante

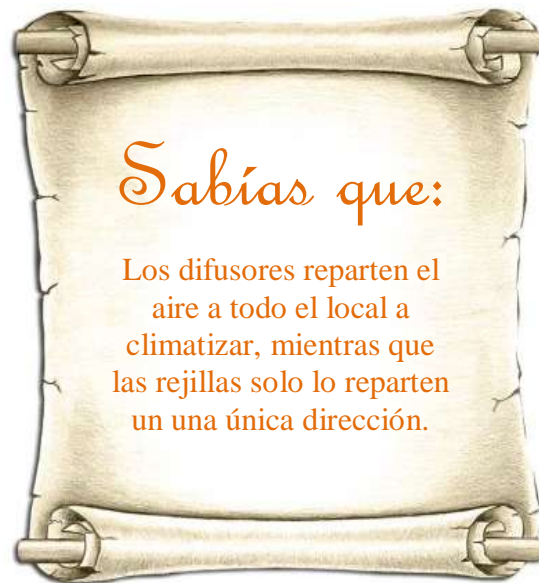
Fuente: <http://decoestilo.mujerhoy.com/articulo/rehau-techo-radiante/>

4.3 Rejillas y difusores

Para introducir el aire en los locales climatizados, el aire circula por los conductos hasta la zona de expulsión donde se utilizan rejillas o difusores para suministrar el aire climatizado.

Los difusores suministran el aire en varias direcciones, por lo que con estos accesorios se consigue que el aire quede más repartido. Las ventajas principales de los difusores es que al tener el aire más repartido se tiene una temperatura más homogénea del local.

En cambio las rejillas reparten el aire de forma lineal en una única dirección dependiendo de como se orienten sus lamas. Como ventaja es que se consiguen grandes distancias de impulsión por su estructura pero presentan como desventaja que el aire está muy focalizado.



Tipos de difusores

- *Difusor de techo:* Por la estructura que tienen el aire que expulsa se dirige en todas las direcciones y de forma uniforme. De esta forma se consigue que el aire se mezcle adecuadamente.

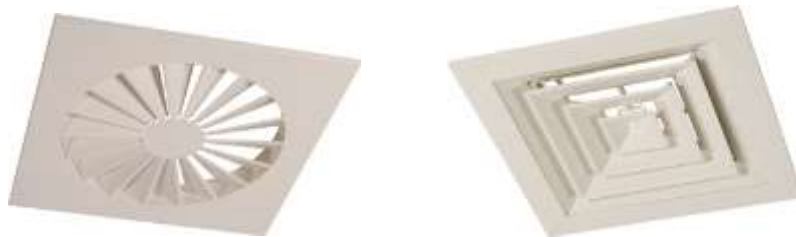


Figura 4.18.- Difusor de techo circular y cuadrado

Fuente: <http://www.airtradecentre.com/ES/ES/documentation/A04-Difusores-y-rejillas-de-techo>

- *Difusor lineal:* La característica principal de estos difusores es que el reparto del aire es lineal, sus lamas son orientables de forma individual, de esta forma se consiguen mejores resultados que con los difusores de techo que son fijos.



Figura 4.19.- Difusor lineal

Fuente: <http://www.airzone.es/productos-climatizacion/DFLI-Difusor-lineal>

- *Difusor rotacional*: Con la forma helicoidal de los alabes se consigue introducir un efecto rotacional del aire al expulsar dicho aire. Sobre todo este tipo de difusores son utilizados cuando se tienen alturas superiores a 4 metros.



Figura 4.20.- Difusor rotacional

Fuente: <http://www.airtradecentre.com/ES/ES/documentation/A04.075.1-VWR-3-Difusores-rotacionales-para-techo>

Tipos de rejillas

- *Rejilla simple o doble*: Las rejillas simples poseen lamas horizontales o lamas verticales mientras que las rejillas dobles poseen los dos tipos tanto horizontales como verticales. De esta forma se consigue una mayor distribución del aire y que vaya en la dirección que se desea.



Figura 4.21.- Rejilla simple y rejilla doble

Fuente: <http://www.redgrado.com/koolair1.php/>

- *Rejilla de lamas fijas o móviles*: Las lamas fijas no poseen la propiedad de poder modificar el ángulo de inclinación, mientras que las móviles se consiguen orientar con el ángulo que se desea.

5 Regulación y control de instalaciones de calor y frío

En los anteriores capítulos se ha desarrollado desde la generación de frío o calor hasta la expulsión del aire climatizado. Por lo que ya se tienen los componentes principales de una instalación de climatización.

Para tener una buena instalación hay que introducir sistemas de regulación y control para poder tener controlado diferentes parámetros y poder actuar sobre ellos. Estos sistemas actúan sobre el sistema de calefacción o de frío, modificando las condiciones de trabajo que están preestablecidas en los equipos.

Estos sistemas son los que se van a desarrollar en este capítulo, para ello se tendrán que desarrollar los diferentes parámetros que se va a realizar el control, los parámetros más importantes son la temperatura y la humedad, los cuales tienen que tener unos valores lo más constantes posibles.

Para realizar la medición de dichos parámetros primero hay que realizar su medición y que el sistema nos ofrezca unos valores para poder realizar la comparación con valores de referencia. Los sistemas de medición que se van a desarrollar son:

- Sensores de temperatura
- Sensores de presión
- Sensores de caudal
- Sensores de humedad
- Sensores de calidad del aire

Posteriormente a la medición se desarrollaran sistemas de control y regulación de dichos parámetros, estos sistemas de regulación tienen que interpretar las mediciones y regular los parámetros para tener una climatización adecuada.

Todos los equipos instalados están sobredimensionados para las condiciones más desfavorables, por eso se necesita un sistema que regule en caso de que la situación sea más favorable que las condiciones preestablecidas.

Para realizar esta regulación se hace a través de microprocesadores, autómatas y software que permiten modificar los parámetros de consigna y adecuar personalmente los valores en todo momento.

El fin de estos equipos es conseguir una mayor sensación de confort para un lugar determinado, siempre teniendo en cuenta el factor de la eficiencia energética y el consumo mínimo.

5.1 Control de instalaciones de climatización

Los sistemas de controles son necesarios, para tener en todo momento control sobre la instalación y poder saber en qué situación se encuentra. Sobre todo los controles se van a centrar en la temperatura y la humedad y para ajustarse automáticamente van a existir u valores de referencia que serán medidos con los sensores correspondientes.

Los sistemas de control están formados por diferentes elementos, como pueden ser los sensores, los dispositivos a controlar, los controladores y los actuadores.

- **Sensor:** Se utiliza para ver las modificaciones del parámetro que se va a controlar. Para computarizar esas variaciones se comparan con un valor prefijado. A continuación se tiene un sensor de temperatura y otro de humedad.



Figura 5.1.- Sensor de temperatura y de humedad

Fuente: <http://www.hispacontrol.com/pirometros/>

- **Dispositivo a controlar:** Como su nombre indica es el elemento que se va a modificar y por lo tanto controlar, en estas instalaciones serán las compuertas y ventiladores que dependiendo el tipo se podrá actuar más o me.
- **Controlador:** Es la centralita del sistema, al cual le llegan los datos recibidos de los sensores y a partir de las normas que se le ha introducido decide si enviar señal al actuador o no, dependiendo de si está todo correcto o hay algún parámetro que modificar.
- **Actuador:** Recibe la señal del controlador y a partir de ahí acciona el dispositivo correspondiente, para que este en las condiciones adecuadas dicho sistema y todo este correcto en las próximas lecturas.

5.1.1 Tipos de controladores

La normativa existente en España determina en que parámetros se tiene que realizar una regulación. El RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios) determina cuál son los valores de operación.

Una vez realizada las medidas oportunas, estos datos serán gobernados por el controlador y se operara de la manera adecuada para mejorar la climatización.

Los parámetros que se van a medir son:

- Horas de funcionamiento
- Puesta en marcha y parada
- Temperatura
- Caudal de aire
- Humedad relativa
- Calidad del aire

Los equipos más utilizados son:

- Termostatos: Este tipo de equipos están conectados con la fuente de generación de calor o frío, de esta forma al constituir un circuito. Su funcionamiento es si la temperatura no es la adecuada cierra el circuito y si la temperatura es la adecuada está abierto y por lo tanto no funciona.
- Presostatos: Su función es controlar la presión del fluido, para ello dispone de un pistón donde se efectúa una fuerza, cuando se alcanza el nivel de presión adecuado se unen dos contactos. Estos equipos entregan una señal de apagado y otra de encendido, no una lectura constante de la presión.
- Higrostatos: Son los dispositivos encargados de medir la humedad relativa. Funciona igual que los termostatos abriendo o cerrando un contacto eléctrico a partir del valor límite.
- Unidades electrónicas de control: Son capaces de leer varios sensores a la vez y de actuar sobre varios elementos a la vez, es el llamado controlar.

5.1.2 Sensores

Son los elementos encargados de detectar las variaciones del sistema, dependiendo lo que sean capaces de medir darán la lectura de dicho parámetro. La colocación de los sensores es muy importante, porque tiene que dar una lectura real y que englobe todas las posibles situaciones, también tienen que estar protegido de posibles interferencias.

Los sensores los hay de diferentes tipos como pueden ser:

- Sensores de temperatura: Su misión es detectar las posibles variaciones de temperatura que se tiene en dicho sistema.
 - *Sensor bimetal*: Como he explicado en capítulos anteriores al modificar la temperatura se efectúa una dilatación de los materiales, que no es igual en todos ellos. De este fenómeno se aprovecha este elemento que consigue una dilatación diferente de las dos láminas para conseguir activar el contacto eléctrico que tiene.



Figura 5.2.- Sensor bimetal

Fuente: <http://spanish.bimetal-thermostats.com/>

- *Sensor termopar*: Están constituidas por metales que producen una tensión eléctrica, ese valor va variando según la temperatura que se tenga. Existe una normativa con las sondas de temperaturas normalizadas que se pueden utilizar.



Figura 5.3.- Sensor termopar

Fuente: <http://www.omega.co.uk/pptst/NB12-CP.html>

Ejercicio: El sensor de temperatura que tenemos instalado, ofrece una lectura de intensidad de 0,90 A, el sensor que está instalado tiene un rango de salida de 0 a 1,5 A y mide desde los 0 °C a los 50 °C. ¿Qué valor de temperatura está midiendo el sensor?

Lo primero que se va a hacer es comprender el funcionamiento del sensor. Cuando en la sala se disponga de 0 °C el sensor va a ofrecer una intensidad de 0 A, mientras que si se va a la máxima temperatura de 50 °C el sensor va a ofrecer una intensidad de 1,5 A.

Ahora se va a proceder a realizar el cálculo para la intensidad que ha dado como lectura.

$$\begin{aligned} 0,90 \text{ A} &\rightarrow x \text{ }^{\circ}\text{C} \\ 1,5 \text{ A} &\rightarrow 50 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$x = \frac{0,9 \cdot 50}{1,5}$$

$$\boxed{x = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- Sensores de presión: Son los dispositivos encargados de medir presión o fuerza por unidad de superficie, los diferentes tipos que existen son:
 - *Transductor capacitivo:* El medidor es un diafragma que está conectado con el elemento capacitivo y que según se aproxime a las placas fijas va a ofrecer un valor u otro, de esta forma cuando se produce una expansión del diafragma se traduce en una variación de voltaje por las distancias entre las placas que lo constituyen.

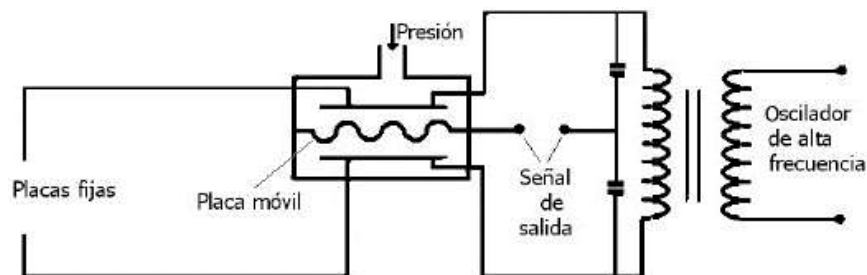


Figura 5.4.- Sensor de presión capacitivo

Fuente: <http://www.tecnoficio.com/docs/doc58.php/>

- **Transductor inductivo:** Es parecido al anterior sensor, en este caso se tiene una bobina que va a ser la encargada de ofrecer un dato de lectura. En el centro de ella dispone de un núcleo magnético conectado al diafragma. De esta forma cuando existe una variación de presión el núcleo magnético se desplaza y hace que la bobina ofrezca un valor.

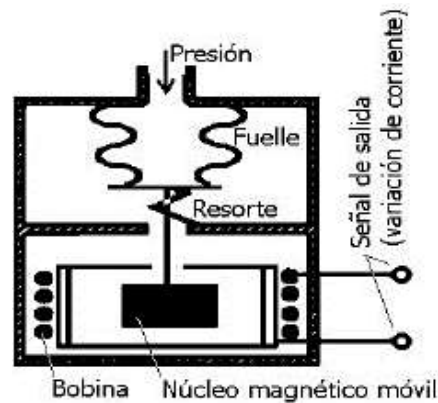


Figura 5.5.- Sensor de presión inductivo

Fuente: <http://www.tecnoficio.com/docs/doc58.php/>

Ejercicio: El sensor de presión que tenemos instalado, ofrece una lectura de presión de 28 bar, el sensor capacitivo que tenemos tiene un rango de salida de 0 a 12 mV y mide desde los 0 bar a los 70 bar. ¿Qué tensión tendría que marcar el sensor si todo está correcto?

Lo primero que se va a hacer es comprender el funcionamiento del sensor. Cuando en la sala se tengan 0 bar el sensor va a ofrecer una tensión de 0 mV, mientras que si se va a la máxima presión de 70 bar el sensor va a ofrecer una tensión de 12 mV.

Ahora se va a proceder a realizar el cálculo para la intensidad que ha dado como lectura.

$$\begin{aligned} 28 \text{ bar} &\rightarrow x \text{ mV} \\ 70 \text{ bar} &\rightarrow 12 \text{ mV} \end{aligned}$$

$$x = \frac{28 \cdot 12}{70}$$

$$x = 4,8 \text{ mV}$$

- Sensores de caudal: Se basa en contabilizar el fluido que pasa por un conducto, hay diferentes métodos:
 - *Ultrasónico*: El sistema utilizado es enviar ultrasonidos y ver lo que tarda en devolver dicha señal al receptor, se mide el tiempo que transcurre y de esta forma se sabe el caudal que se tiene en el conducto. Cuando se tiene poco caudal y la velocidad es pequeña el tiempo que transcurre en enviar y recibir la señal es menor. Es sencillo de instalar, pero tiene la desventaja de que no ofrecen una buena lectura.

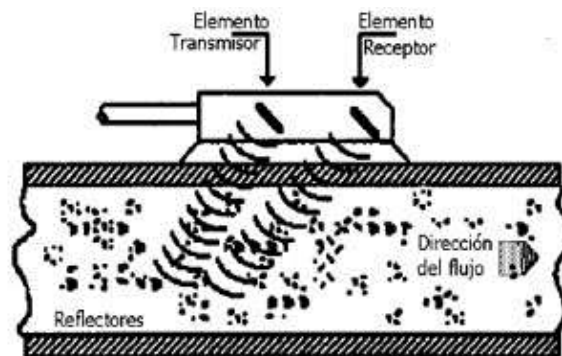


Figura 5.6.- Caudalímetro ultrasónico

Fuente: <http://www.tecnoficio.com/docs/doc19.php/>

- *Electromagnético*: Solo sirven para fluidos conductores de electricidad. A partir de la corriente que inducen el fluido al pasar por un campo magnético se sabe que caudal se tiene en dicho conducto. Tienen una mayor precisión pero no sirven para todos los fluidos.

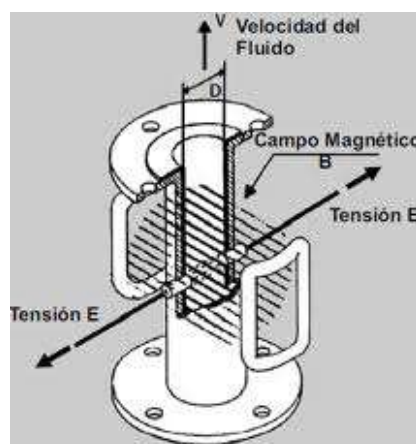


Figura 5.7.- Caudalímetro electromagnético

Fuente: <http://www.aguamarket.com/>

- Sensores de humedad: ofrecen una lectura sobre la humedad relativa existente.
 - *Mecánicos:* Su funcionamiento se basa en la propiedad de algunas sustancias de absorber el vapor del aire. El cabello es muy sensible a las variaciones de vapor, por eso se utiliza este material.



Figura 5.8.- Sensores de humedad mecánicos

Fuente: <http://www.dunhoff.com/medicion.htm/>

- *Capacitivo:* Utilizan las características eléctricas para realizar la medición de la humedad en el medio que les rodea. Por la diferencia con la constante dieléctrica del agua, al tener pequeñas cantidades de agua entre las placas afecta a la capacitancia y de esta forma se obtiene la lectura de nuestra humedad del aire.



Figura 5.9.- Sensor de humedad capacitivo

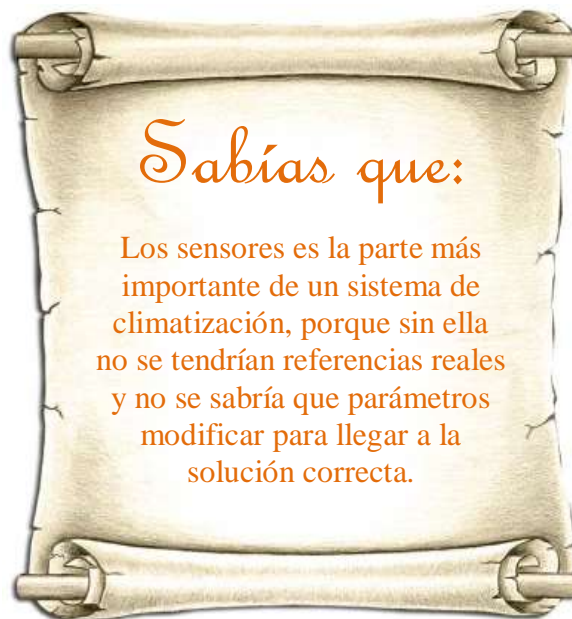
Fuente: http://www.tme.eu/es/katalog/sensores-de-humedad_100525/

- Sensores de calidad del aire: Este tipo de sensores van a analizar la calidad del aire, a partir de la lectura de diferentes parámetros como va a ser el nivel de CO , CO_2 y otros compuestos minoritarios (compuestos orgánicos)



Figura 5.10.- Sensor de calidad del aire

Fuente: http://www.wika.es/upload/DS_SP6901_es_es_21174.pdf/



5.1.3 Compuertas de regulación

Cuando se realiza la climatización de una sala dependiendo a la temperatura a la que se envíe el aire se va a enviar más o me caudal, para obtener esta característica se hace uso de las compuertas de regulación.

Dependiendo de como sea el funcionamiento de este sistema se tienen los siguientes tipos:

- **Control por presión dependiente:** Este sistema funciona a partir de la presión existente en el equipo. Dependiendo la presión que exista regula la entrada de aire y por lo tanto es capaz de regular el equipo. A mayor presión más apertura de compuerta, en cambio a menor presión la compuerta estaría casi cerrada.



Figura 5.11.- Control por presión dependiente

Fuente: <http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2006/02/62-3/>

- **Control por presión independiente:** Este tipo de equipos no influirá ninguna característica externa, si no que la apertura de la compuerta está fijada por la posición de la compuerta. El equipo sabe cuándo la compuerta está completamente cerrada y sería la posición "0", en cambio cuando está abierta al máximo sería la posición "1". Por lo que a partir de estos valores se puede efectuar diferentes aperturas intermedias.



Figura 5.12.- Control por presión independiente

Fuente: <http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2006/02/62-3/>

5.1.4 Variación de frecuencia en ventiladores

Como se aprendió a calcular en el capítulo 3.1, el caudal que impulsa un ventilador depende de la frecuencia de giro. Esta característica se puede modificar hasta un mínimo y un máximo dependiendo del ventilador que esté instalado. Al existir esta característica existen los ventiladores con frecuencia con los que se consigue un ahorro energético por poderse adecuar a las condiciones que hay en cada momento.

La velocidad de giro viene relacionada con la frecuencia y esta a su vez con el voltaje que se le aplica al motor, para ello existe el elemento llamado variador de frecuencia que consta de las siguientes partes:

- Etapa rectificadora: Es la parte encargada de transformar la tensión de forma alterna de la red a forma continua.
- Etapa intermedia: Como cualquier conversión de alterna a continua no se consigue de forma perfecta, se necesita la instalación de u filtros para purificar dicha tensión continua.
- Etapa inversora: Consigue convertir de forma continua a una tensión alterna y frecuencia variable. Además se incorporan todas las protecciones relacionadas con la corriente y la tensión.
- Etapa de control: Es la parte encargada de transmitir una acción u otra dependiendo la velocidad que se desea transmitir al ventilador y por lo tanto acciona sobre la etapa inversora para modificar las características.

5.2 Telegestión

Es el sistema encargado del seguimiento y control de las instalaciones, mediante la utilización de equipos informáticos.

Con este método se puede gobernar y controlar desde cualquier ordenador, Smartphone y cualquier lugar todos los equipos vistos en los anteriores capítulos (generadores de frío y calor, las compuertas, sensores,...). Se podría también modificar los valores prefijados o valores de consigna de los equipos.

También se puede tener una vigilancia permanente de los equipos y poder efectuar cualquier maniobrar para operar en el mantenimiento de ellos, además con la instalación de un módulo de adquisición y guardado de datos, se puede acceder a un control para ver las horas de funcionamiento de cada equipo, el gasto que conlleva cada equipo. De esta forma se podría efectuar una auditoria para mejorar aquella parte que tenga mayor consumo e implementar una solución para mejorarlo y tener un ahorro energético.

Para hacer uso de la telegestión hace falta el uso de un programa informático para acceder de forma remota a dichos parámetros. Estos sistemas en la actualidad siguen evolucionando mejorando el acceso al cliente y haciéndolo más fácil e intuitivo.

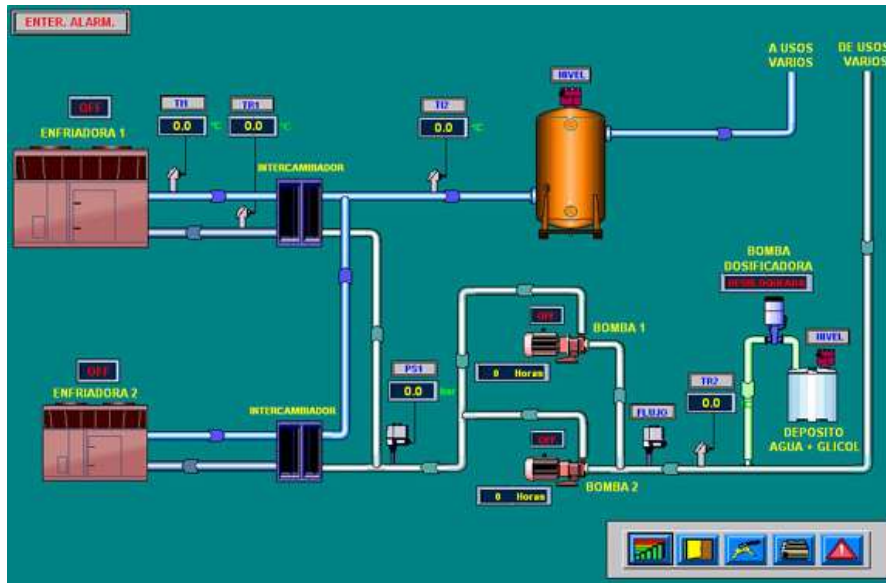


Figura 5.13.- Imagen del software de telegestión

Fuente: <http://www.sts-e.com/serv03.htm/>

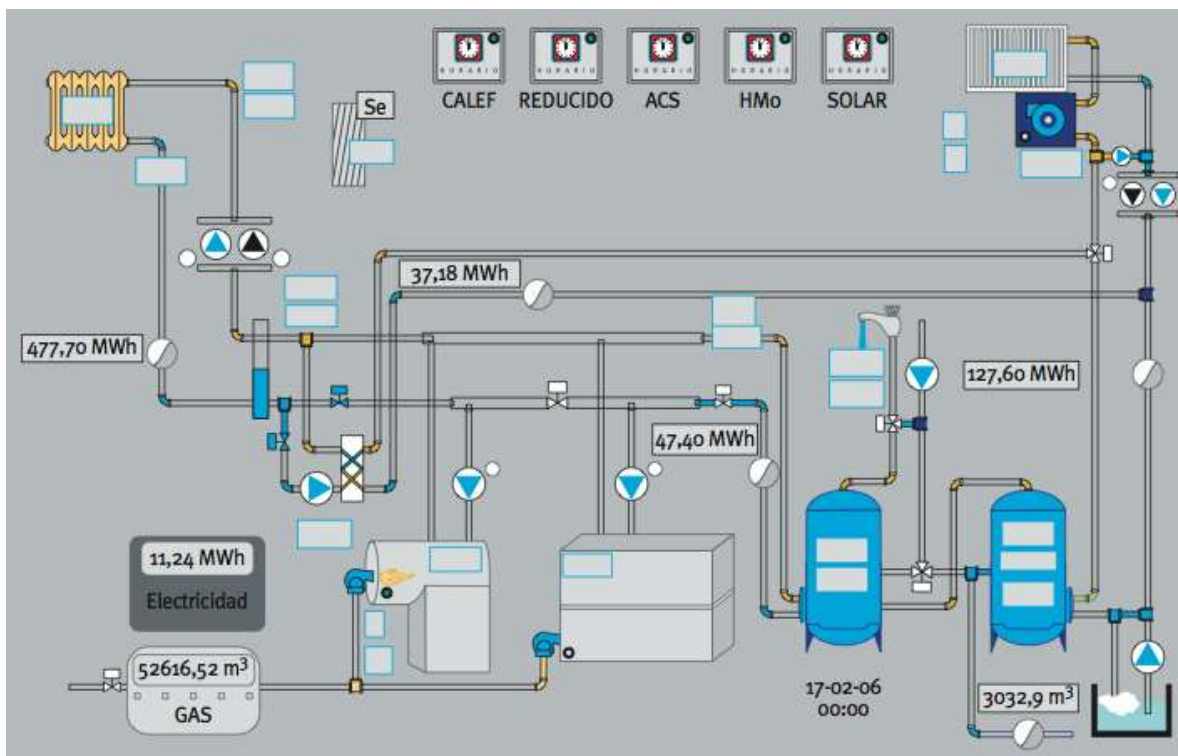


Figura 5.14.- Pantalla telegestión

Fuente: IDAE - Contabilización consumos

6 Diseño eficiente de las instalaciones de climatización

Además de tener en cuenta todos los equipos y accesorios descritos en los anteriores capítulos, también hay que tener en cuenta que para realizar un buen diseño de una instalación de climatización hay que tener en cuenta la eficiencia energética del sistema.

En este capítulo se tendrá en cuenta la eficiencia energética de los sistemas descritos en los anteriores capítulos. Se desarrollara las partes de generación de frío y de calor, las redes de conductos y los sistemas de control desde el punto de vista de la eficiencia.

Además de desarrollar la eficiencia energética, también se tendrá en cuenta las nuevas tecnologías que se pueden aplicar a cada sistemas para mejorar la climatización.

Para ello se desarrollara los siguientes apartados:

- Contabilización de consumos
- Enfriamiento gratuito
- Recuperación de energía

Por último se tratara la limitación que nos impone la normativa para realizar dicha generación de frío o calor con energías alternativas, para que no se haga un uso intensivo de las energías convencionales. De esta forma se pretende impulsar estos sistemas para mejorar la contaminación que se tiene con los equipos antiguos. Para realizar un estudio de la instalación se necesita un sistema de contabilización de consumo que nos informe del consumo que estamos teniendo y en qué momentos se realiza ese consumo para que se puedan tomar medidas para realizar mejoras en dichos aspectos.

6.1 Eficiencia en la generación de frío

En la actualidad hay normativa y legislación para controlar y establecer unas condiciones que hay que cumplir en cualquier instalación de climatización.

Los criterios más importantes que desarrollan las instrucciones técnicas como el RITE son:

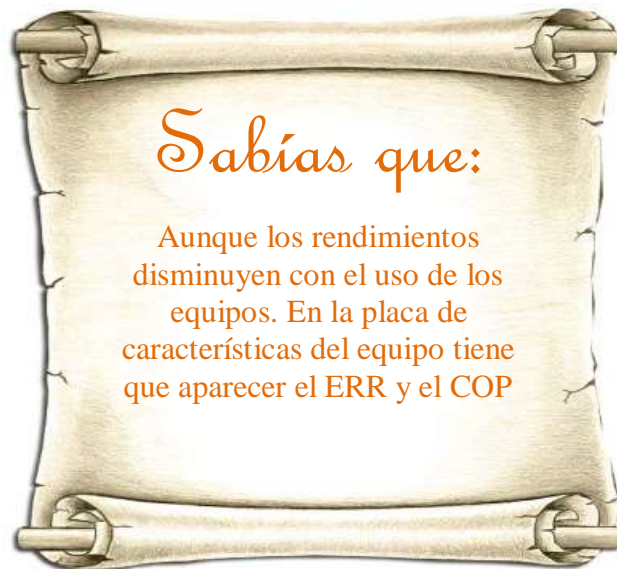
- La potencia instalada en la instalación tendrá que ser la necesaria para cubrir la demanda máxima simultánea que se tenga en la instalación. Para ello se tiene que considerar las posibles pérdidas energéticas que tiene dicha instalación.
- Para obtener las curvas de la demanda existente en nuestra instalación se tendrá que calcular según la hora del día y el mes del año.
- Cuando en dicha instalación se tenga más de un generador, se tendrán que conectar de forma paralela para tener mayor flexibilidad en la instalación.

Como se desarrolló cuando se explicó el esquema de una máquina frigorífica, se podía calcular el rendimiento o mejor llamado el COP. De esta forma se puede evaluar el equipo y por lo tanto dar un criterio a la eficiencia energética de nuestra instalación. En el RITE además del COP, también hay otro cociente denominado EER que se define como:

- Coeficiente de eficiencia energética (EER): El cociente entre la capacidad frigorífica y la potencia consumida para suministrarlo.

$$EER = \frac{\text{Capacidad frigorífica (kW)}}{\text{Potencia consumida (kW)}}$$

- Capacidad frigorífica: Es la capacidad del equipo de generación cuando funciona en modo frío.
- Potencia consumida: Es el consumo de energía que se utiliza para satisfacer las necesidades de la instalación.



A partir de estos coeficientes o rendimientos de la instalación se clasifica la clase energética de la instalación, para ello se tiene en cuenta el consumo de energía y las emisiones de CO_2 que se generan. La etiqueta utilizada es la siguiente:



Figura 6.1.- Etiqueta eficiencia energética

Fuente: <http://www.gduran.com/gxportal/hgxpp001.aspx?1,11,389,O,S,0,PAG;CONP;0;0;P;654;1;PAG>

También nuestra instalación se puede clasificar en una clase energética a partir de los valores obtenidos del COP y del coeficiente de eficiencia energética.

Tabla 6.1.- Clase energética a partir del COP y del ERR

Fuente: Elaboración propia a partir de Directiva Europea

Clase	COP	ERR
A	> 3,6	> 3,2
B	3,4 – 3,6	3 – 3,2
C	3,2 – 3,4	2,8 – 3
D	2,8 – 3,2	2,6 – 2,8
E	2,6 – 2,8	2,4 – 2,6
F	2,4 – 2,6	2,2 – 2,4
G	< 2,4	< 2,2

Ejercicio: Nuestra instalación tiene una capacidad calorífica de 5 kW y una capacidad frigorífica de 4,6 kW. El consumo eléctrico de dicho equipo en modo frío es de 1,5 kW mientras que en el modo calefacción fue de 1,85 kW. Calcula:

A) ¿Calcular el rendimiento de dicho equipo?

Como se vio la fórmula para obtener el rendimiento en máquinas frigoríficas es:

$$COP_R = \frac{Q_F}{W}$$

$$COP_R = \frac{4,6}{1,5}$$

$$\boxed{COP_R = 3,07}$$

Como se puede ver la clase de dicho equipo sería una D, porque el COP se encuentra entre los valores de 2,8 – 3,2.

B) ¿Calcular el coeficiente de eficiencia energética?

Como anteriormente explique cuál es el coeficiente de eficiencia energética se va a aplicar dicha fórmula a este ejercicio.

$$EER = \frac{Q_F}{W}$$

$$EER = \frac{5}{1,85}$$

$$\boxed{EER = 2,70}$$

Como se puede ver la clase de dicho equipo sería una D, porque el EER se encuentra entre los valores de 2,6 – 2,7.

6.2 Eficiencia en la distribución: redes de conductos

La parte de los conductos de la instalación tiene su propia normativa y legislación para tener en cuenta las características que tener. Sobre todo la normativa se centra en las pérdidas energéticas que pueden tener esos conductos al transportar fluidos para calentar un local.

Cuando existe una circulación con un fluido caloportador a través de u conductos siempre hay una transferencia de calor hacia el exterior y por lo tanto una pérdida energética. Por lo que dicho equipo de generación tendrá que tener una potencia igual o superior a la potencia térmica demandada, más las pérdidas energéticas en los conductos. También dichos equipos con el propio funcionamiento (ventiladores, bombas, etc.) van a desprender un calor que va a ser beneficioso cuando funcione en modo calefacción y será perjudicial cuando nuestra instalación funcione en modo refrigeración.

Por todo lo anterior expuesto hay que minimizar las posibles pérdidas que se tiene en dichos conductos, ya que aunque sean un porcentaje muy pequeño, pero es durante toda la vida de la instalación. En el capítulo 3.3 de este libro se aprendió a calcular los aislantes que le se instalarían a dichos conductos. El RITE determina una serie de características para tener un buen aislamiento.

- Los conductos o tuberías tendrán un aislamiento suficiente para que la pérdida de calor no sea superior a un 4 % de la potencia que transportan y también evitar las posibles condensaciones.
- Los conductos de retorno cuando se encuentren en la parte exterior de los edificios se instalara el correspondiente aislante y en el interior cuando la exista una temperatura menor que la del punto de rocío.
- Los conductos de toma de aire se aislaran para evitar condensaciones.
- En la parte externa del edificio se intentara utilizar conductos circulares para evitar los rectangulares que en su parte superior tienden a curvarse por la estanqueidad de la lluvia.

6.3 Eficiencia en el control de instalaciones

En el ámbito del control de las instalaciones también existe normativa y el RITE nos establece una serie de condiciones que tiene que cumplir nuestra instalación con respecto a este parámetro.

Las instalaciones térmicas tendrán instalados sistemas de control automático para conseguir las condiciones previstas en el diseño.

La instalación de sistemas de control de todo o nada está limitado a las siguientes características:

- Cuando existan límites de seguridad de temperatura y presión.
- Regulación de la velocidad de ventiladores de unidades terminales.
- Toda instalación centralizada con control de la emisión térmica.
- En salas de máquinas en las que se introduce o se saca el aire mediante sistemas de ventilación.

Los sistemas que tengan subsistemas deben disponer de los dispositivos necesarios para dejar fuera de servicio cada equipo por separado sin perjudicar al resto de los componentes.

La temperatura del fluido caloportador a la salida del generador se mantendrá constante independientemente de la demanda o condiciones exteriores.

Cuando exista más de un generador, se puede realizar de dos formas:

- *En serie:* La forma de actuar en este caso es que se regula la potencia del primer generador para conseguir disminuir o aumentar la potencia entregada, siempre dentro de los límites mínimos y máximos. Si con la regulación del primer equipo no se consiguiera se variaría la potencia del segundo generador. Como están conectados en serie el fluido caloportador primero pasaría por el primer generador y después por el segundo generador, de esta forma viene influenciado por los dos generadores.
- *En paralelo:* Cuando existe una disminución de demanda, se van regulando por parte cada uno de los generadores conectados en paralelo, hasta conseguir la máxima eficiencia con la demanda exigida. Cuando se tiene este sistema cada generador aporta un porcentaje del fluido caloportador final, por eso el trabajar por etapas y conseguir la máxima eficiencia en todos los equipos.

Los sistemas de climatización, tendrán instalados por su diseño sensores para poder controlar el ambiente interior y a partir de ahí decidir una serie de parámetros (ventilación, refrigeración, calentamiento, humidificación) a partir de la capacidad de controlar más o me parámetros se clasifica según el RITE en un categoría.

También se necesita realizar un control de la calidad del aire interior, para realizar ese control se realiza un método para controlarlo (manual, por tiempo, por presencia,...) estos sistemas vienen desarrollados en el RITE.

El factor de estanqueidad es un factor muy importante a tener en cuenta ya que de esta forma se puede llegar a determinar si existen fugas o pérdidas de aire. Para ello existe una norma que termina la estanqueidad de los conductos. Esta normativa es la IT 1.2.4.2.3

La estanqueidad máxima de la red de conductos se determinara mediante la siguiente expresión:

$$f = c \cdot p^{0,65}$$

f : estanqueidad $\left(\frac{dm^3}{sm^2}\right)$
 p : presión estática (Pa)
 c : coeficiente de estanqueidad

Los coeficientes de estanqueidad máximos y mínimos permitidos por la normativa se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 6.2.- Clase de estanqueidad

Fuente: <http://www.congresoclimaplus.es/pdf/ponencias-2011/isover-saint-gobain-eficiencia-energetica-en-conductos-de-climatizacion-congreso-climaplus-2011.pdf>

Clase de estanqueidad	Limite de presión estática Pa		Limite del factor de fuga de aire (f_{max})	Fugas de aire para la presión estática máxima permitida
	Positiva	Negativa	$m^3 \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$	$L \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$
A	500	500	$0,027 \cdot p^{0,65} \cdot 10^{-3}$	1,53
B	1000	750	$0,009 \cdot p^{0,65} \cdot 10^{-3}$	0,8
C	2000	750	$0,003 \cdot p^{0,65} \cdot 10^{-3}$	0,42
D	2000	750	$0,001 \cdot p^{0,65} \cdot 10^{-3}$	0,14

Ejercicio: En un conducto de una instalación de 30 kW de refrigeración. Determinar el nivel de estanqueidad y de que clase es dicho conducto con las siguientes presiones de trabajo.

A) **Si la presión de trabajo es de 400 Pa**

$$f = c \cdot p^{0,65}$$

Para el valor del coeficiente con esta presión es de 0,027.

$$f = (0,027) \cdot (200)^{(0,65)}$$

$$f = 0,8454$$

Para determinar la clase de estanqueidad en los conductos para cuando la presión es menor de 500 Pa es de clase A, también se puede llegar a determinar por la estanqueidad máxima permitida que se ha calculado anteriormente que en este caso es de $0,8454 < 1,53 \frac{dm^3}{sm^2}$

B) Si la presión de trabajo es de 700 Pa

$$f = c \cdot p^{0,65}$$

Para el valor del coeficiente con esta presión es de 0,009.

$$f = (0,009) \cdot (700)^{(0,65)}$$

$$\boxed{f = 0,6361}$$

Para determinar la clase de estanqueidad en los conductos para cuando la presión es menor de 1000 Pa es de clase A, también se puede llegar a determinar por la estanqueidad máxima permitida que se ha calculado anteriormente que en este caso es de $0,6361 < 0,80 \frac{dm^3}{s m^2}$

C) Si la presión de trabajo es de 1500 Pa

$$f = c \cdot p^{0,65}$$

Para el valor del coeficiente con esta presión es de 0,003.

$$f = (0,003) \cdot (1500)^{(0,65)}$$

$$\boxed{f = 0,348}$$

Para determinar la clase de estanqueidad en los conductos para cuando la presión es menor de 1500 Pa es de clase A, también se puede llegar a determinar por la estanqueidad máxima permitida que se ha calculado anteriormente que en este caso es de $0,348 < 0,42 \frac{dm^3}{s m^2}$

6.4 Contabilización de consumos

El tener el control del gasto energético de nuestra instalación es un aspecto muy importante para mejorar la eficiencia energética del edificio, también de esta forma se puede comprobar si lo que se mide se basa con la realidad.

Las instalaciones térmicas que den servicio a más de un local tendrán instalados contadores para poder cobrar por separado a cada usuario. Además de realizar la contabilización del gasto puede regular e interrumpir el suministro.

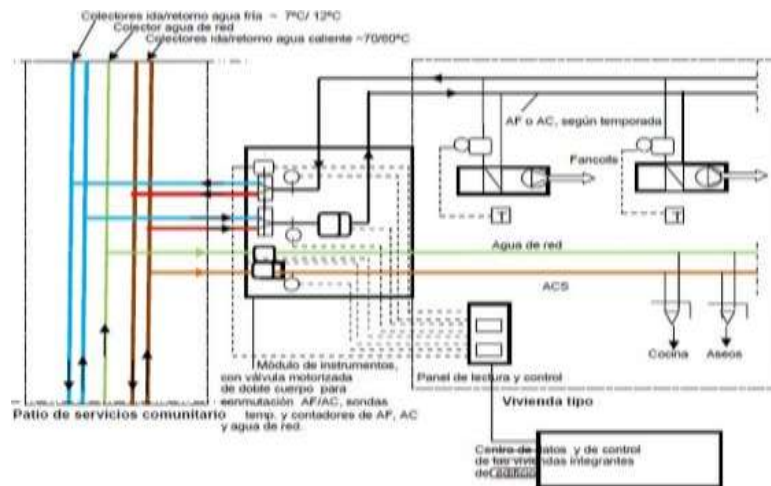


Figura 6.2.- Esquema de climatización de un edificio

Fuente: <http://www.construmatica.com/>

Cuando se disponga de un sistema de potencia nominal superior a 70 kW se dispondrá de contadores separados del consumo de la climatización del resto de consumo, separando también el consumo de combustible del consumo de energía eléctrica. De esta forma obteniendo estos datos se podrá evaluar más detalladamente la instalación y proponer mejoras detalladas en la instalación de climatización. También en estos casos habrá que instalar un equipo que permita controlar el número de horas de funcionamiento y el número de arranques del generador.

Los equipos como las bombas y los ventiladores cuando uno de ellos supere la potencia de 20 kW habrá que instalar un contador para medir las horas de funcionamiento de dicho equipo.

6.5 Enfriamiento gratuito

En la normativa española se establecen una serie de equipos necesarios para que en el edificio haya enfriamiento gratuito por aire exterior. Esta acción tiene mucha importancia con respecto al ahorro energético que se puede llegar a obtener en el edificio.

En dicha instrucción técnica tiene una serie de normas para que se efectúe de esta forma el enfriamiento gratuito, las formas de realizar ese enfriamiento es:

6.5.1 Enfriamiento gratuito por aire

Este sistema consiste en utilizar aire del exterior en vez de utilizar el aire del retorno, de esta forma se consigue unas características térmicas mejoras para el sistema.

Habitualmente las características térmicas del aire de retorno suelen ser más parecidas a las necesarias, pero en cambio utilizando el aire del exterior en algunas épocas del año es más conveniente su uso.

Sobre todo este uso es adecuado cuando en el interior del edificio se tiene una temperatura elevada y las condiciones climáticas no son adecuadas, de esta forma es más eficiente utilizar el aire del exterior que tener que poner en funcionamiento el compresor para enfriar el local.



Figura 6.3.- Esquema de UTA con enfriamiento gratuito

Fuente: http://www.scalofríos.es/Climatizacion/todo_aire/pag/freecooling.htm/

6.5.2 Enfriamiento gratuito por torre de refrigeración

Este tipo de refrigeración se usan en instalaciones donde se tiene como refrigerantes agua – aire, estos sistemas suelen tener mayores rendimientos que los de aire – aire por eso su instalación.

Cuando se utilizan estos sistemas de refrigeración hay que tener una serie de precauciones:

- Si la temperatura externa es baja, se puede llegar a disminuir el agua de refrigeración para obtener un rendimiento mayor.
- Cuando se utilizan estos sistemas de agua hay que tener mucho cuidado con la contaminación del agua, que este filtrada y en las condiciones adecuadas del sistema. Ya que si no se tiene las condiciones adecuadas se pueden tener problemas en el futuro.
- Las tuberías que estén expuestas en el exterior, habrá que tener cuidado para que no se llegue a obtener el punto de congelación, para ello hay diferentes métodos que se pueden aplicar para que no suceda este fenómeno.

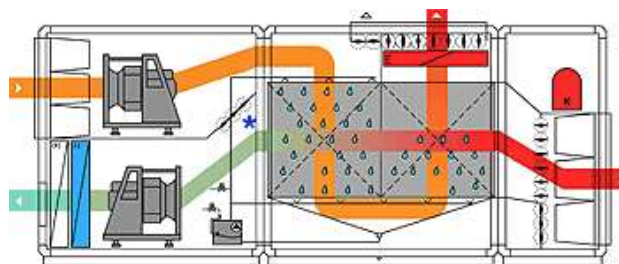


Figura 6.4.- Esquema de UTA con enfriamiento con torre de refrigeración

Fuente: http://www.ambientum.com/revistanueva/2006-04/centroprofitness_imprimir.htm/

6.6 Recuperación de energía

Como el gasto energético en este tipo de instalaciones es un gasto muy elevado se necesita la instalación de recuperadores de calor. De esta forma se consigue obtener un ahorro energético sin cambiar la calidad del aire interior.

En el RITE establece los siguientes parámetros:

- A) Los sistemas de climatización de los edificios en los que el caudal de aire expulsado al exterior sea mayor de $0,5 \frac{m^3}{s}$, se recuperara dicha energía.
- B) Sobre el lado del aire de extracción se instalara un aparato de enfriamiento adiabático.
- C) Las eficiencias mínimas, las pérdidas de presión máximas son en función del caudal y están tabuladas en la normativa.

La estratificación es un punto importante ya que depende de la estructura del local. Para ello cuando se disponga de un edificio de gran altura se debe estudiar y favorecer la estratificación cuando la demanda térmica sea positiva y prevenirlo cuando sea negativa.

La zonificación es importante ya que dependiendo de como este distribuido el espacio, se puede obtener un ahorro energético importante. La normativa establece:

- La zonificación será adoptada a efectos de obtener un elevado bienestar.
- Cada sistema a su vez se subdivide en subsistemas, dependiendo de la orientación, uso y ocupación.

6.7 Limitaciones en la utilización de la energía convencional

El objetivo principal es el ahorro energético favoreciendo el uso de las energéticas renovables, para ello el RITE establece una serie de características que hay que cumplir para favorecer el uso de las energías alternativas.

Solo se permite la producción de calor por resistencias eléctricas en los siguientes casos:

- En sistemas de acumulación de calor que consuman energía en horas valles.
- Los locales que usando energías renovables, empleen la energía eléctrica como fuente de apoyo.

Se entiende que la climatización de los locales no habitables solo se podrá efectuar cuando se emplee energía renovable o residual. Como local no habitable son aquellos lugares que no sean destinados para uso de las personas, como podrían ser los garajes.

No se permitirá efectuar a la vez los procesos de enfriamiento y calentamiento del local, excepto en los siguientes casos:

- Cuando uno de los fluidos se obtenga de una fuente de energía gratuita.
- Cuando se necesite mantener las condiciones de humedad relativa de local.
- Cuando por características de ventilación se necesite la entrada de aire caliente y frío.

6.8 Calidad térmica del ambiente

El RITE determina una serie de valores de temperatura, humedad y velocidad media del aire que tiene que existir en los locales climatizados. En cambio el concepto de confort es subjetivo dentro de unos valores y depende de los usuarios.

Para determinar el concepto de confort hay que tener en cuenta una serie de parámetros:

- Actividad física de las personas: Como se puede comprender, en cualquier local la temperatura va a depender de este parámetro, ya que dependiendo la actividad física que se realice se va a tener una sensación de calor mayor o menor, esto hace que el concepto de confort varíe, también la actividad física que exista hace variar la humedad. El nivel de actividad física se mide en *met*. 1 *met* representa la energía necesaria para mantener la actividad física y equivale a $58,2 \frac{W}{m^2}$
- Forma de vestir: Dependiendo la vestimenta que tengan los usuarios va a ser un factor del que depende el confort. Las características térmicas de la ropa se miden en *clo*. 1 *clo* equivale a una resistencia térmica de $0,155 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$.
- Porcentaje de personas insatisfechas: Este porcentaje representa la cantidad de usuarios que están insatisfechos térmicamente, de este modo se consigue saber si el confort del local es el adecuado para los usuarios o no. Se intentará aproximar este porcentaje a un valor lo menor posible porque eso significara que los usuarios están conformes con las condiciones de climatización que existe en ese local.

Cuando se realice los sistemas de ventilación en los locales la normativa determina que hay que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Todos los edificios dispondrán de un sistema de ventilación mecánica.
- El aire exterior de ventilación se introducirá debidamente filtrado al edificio.

6.8.1 Temperatura operativa y humedad relativa

En el RITE se determinan las condiciones que tiene que tener el local climatizado en los aspectos de temperatura y humedad.

La temperatura operativa se comprende como la temperatura constante que tiene que tener un recinto negro en el cuál un ocupante intercambiaría la misma cantidad de calor por radiación y convección que en el ambiente no uniforme real.

Para ello dependiendo de la actividad, de la forma de vestir y del porcentaje de insatisfacción de los usuarios del local se obtienen diferentes casos:

- A) Persona con actividad sedentaria, con vestimenta ligera y con un porcentaje de insatisfacción en el local de un 10 %. Los valores para la temperatura operativa y de humedad relativa son:

Tabla 6.3.- Caso 1

Fuente: IDAE

<i>Estación</i>	<i>Temperatura Operativa</i>	<i>Humedad Relativa</i>
<i>Verano</i>	Entre 23 y 25 °C	Entre el 45 y el 60 %
<i>Invierno</i>	Entre 21 y 23 °C	Entre el 40 y el 50 %

- B) Para valores diferente de actividad, el grado de vestimenta y el porcentaje de insatisfacción, se realizara el cálculo a través de la normativa UNE-EN ISO 7730.

6.8.2 Velocidad del aire

Las corrientes existentes en los locales climatizados pueden causar un enfriamiento de los propios usuarios, por eso hay que realizar un control de dicha velocidad para tener a los usuarios de forma satisfecha.

Para eso en la propia normativa determina las condiciones para evitar corrientes molestas:

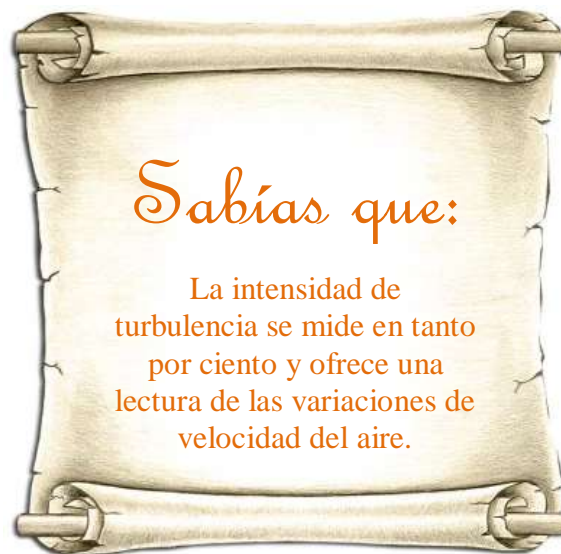
- La velocidad del aire se mantendrá dentro de unos límites de bienestar, teniendo en cuenta la actividad, la vestimenta, la temperatura del aire y la intensidad de turbulencia.
- La velocidad media del aire en el local se calculara de la siguiente forma:
 - Para valores de temperatura seca entre 20 y 27 °C se utilizara una de las siguientes fórmulas:
 - A) Con difusión por mezcla, intensidad de turbulencia del 40 % y porcentaje de insatisfacción del 15 %:

$$V = \frac{t}{100} - 0,07 \left(\frac{m}{s} \right)$$

B) Con difusión por mezcla, intensidad de turbulencia del 15 % y porcentaje de insatisfacción del 10 %:

$$V = \frac{t}{100} - 0,1 \left(\frac{m}{s} \right)$$

- Para otros valores se recurrirá a la normativa UNE-EN ISO 7730.



Ejercicio: Se quiere diseñar la climatización de un local por lo que hay que determinar la velocidad media del aire impulsado, sabiendo que la temperatura seca del aire en el local es de 23 °C.

Como se ha desarrollado en este capítulo se pueden utilizar diferentes difusores.

Si las características del difusor son:

A) Difusores por mezcla con turbulencia del 40 % y PPD por corrientes del 15 %.

$$V = \frac{t}{100} - 0,07$$

$$V = \frac{23}{100} - 0,07$$

$$V = 0,16 \frac{m}{s}$$

B) Difusores por desplazamiento con turbulencia del 15 % y PPD por corrientes del 10 %.

$$V = \frac{t}{100} - 0,1$$

$$V = \frac{23}{100} - 0,1$$

$$V = 0,13 \frac{m}{s}$$

6.9 Calidad e higiene del aire interior

Además de tener una climatización adecuada del edificio, se necesita tener una serie de características imprescindibles como son que las condiciones del aire sean lo más puras posibles y sin olores. Para realizar estas características se necesita un sistema de ventilación coordinado con el sistema de climatización.

Para ello se necesita medir los niveles de contaminantes existentes en el local como pueden ser el CO_2 .

Con respecto a la calidad del aire interior hay que diferenciar edificio de viviendas y edificios en general, por eso se realiza la siguiente clasificación.

6.9.1 Calidad del aire en viviendas

Cuando se tenga viviendas, locales, almacenes, etc. Se hará uso del código técnico de la edificación del apartado HS3 que desarrolla la calidad del aire interior de estos locales.

En las viviendas se establecerá un sistema de ventilación que puede ser híbrido o natural.

Los sistemas de ventilación natural son aquellos que se realiza su ventilación con las condiciones meteorológicas existentes en el lugar donde se necesita climatizar.

Mientras que en aquellos locales que utilicen sistemas de ventilación híbrida son aquellos que tienen instalados ventiladores y conductos para realizar la ventilación siempre y cuando las condiciones externas no sean las adecuadas para climatizarlo, pero que se puede convertir a sistema natural cuando las condiciones externas sean las correctas.

En la normativa anteriormente descrita establece las siguientes características:

- El caudal de ventilación para los locales se tiene que aplicar los siguientes valores.

Tabla 6.4.- Caudales de ventilación mínimos

Fuente: Código Técnico

Caudales de ventilación			
Uso edificio	Por ocupante	Por m^2 util	Por otros parámetros
Dormitorios	$5 \frac{l}{s}$		
Salas de estar	$3 \frac{l}{s}$		
Aseos			$15 \frac{l}{s}$
Cocinas		$2 \frac{l}{s}$	$50 \frac{l}{s}$
Trasteros		$0,7 \frac{l}{s}$	
Garajes			$120 \frac{l}{s}$ por plaza
Almacenes		$10 \frac{l}{s}$	

- El número de ocupantes se considera igual en las siguientes zonas:

En cada dormitorio individual (una persona) y en los dormitorios dobles (dos personas). Y en cada comedor y en cada sala de estar.

- Hay que tener en cuenta que en aquellos lugares como trasteros, almacenes y garajes es importante tener las suficientes aberturas para que se realice la extracción de forma adecuada y se tengan las características correctas sobre todo de contaminación.

Ejercicio: Una vivienda que está compuesta por varios dormitorios individuales (3 habitaciones individuales), una sala de estar y una cocina de 25 m². Determinar cuál es el caudal mínimo que tiene que tener el sistema de ventilación.

Como se una vivienda hay que recurrir al código técnico de la edificación, para ello se utiliza la tabla que está desarrollada en este capítulo.

Primero se tiene que calcular el caudal mínimo que se tiene en cada sala de estar y después se realizara su suma para determinar el caudal mínimo del sistema de ventilación de toda la vivienda.

Lo primero que se tiene que realizar es el caudal individua de cada dormitorio.

$$Q_{dormitorio} = Q_{ocupante} \cdot ocupante$$

$$Q_{dormitorio} = 5 \frac{l}{s} \cdot 1 ocupante$$

$$\boxed{Q_{dormitorio} = 5 \frac{l}{s}}$$

Como en este ejemplo se tiene 3 habitaciones individuales se realiza la siguiente operación.

$$Q_{dormitorios} = 3 \cdot Q_{dormitorio}$$

$$Q_{dormitorios} = 3 \cdot \left(5 \frac{l}{s}\right)$$

$$\boxed{Q_{dormitorios} = 15 \frac{l}{s}}$$

Ahora se calcula la sala de estar, para lo que también se recurre a la tabla del código técnico.

$$Q_{sala de estar} = Q_{ocupante} \cdot ocupante$$

$$Q_{sala de estar} = \left(3 \frac{l}{s}\right) \cdot (3 ocupantes)$$

$$\boxed{Q_{sala de estar} = 9 \frac{l}{s}}$$

Por ultimo solo faltaría determinar cuál es caudal de la cocina.

$$Q_{cocina} = Q_{m^2} \cdot m^2$$
$$Q_{cocina} = \left(2 \frac{l}{s}\right) \cdot (25 m^2)$$

$$Q_{cocina} = 50 \frac{l}{s}$$

A continuación se tiene que determinar el caudal que se tendrá en toda la vivienda por lo que se realizara la suma de todos los caudales unitarios.

$$Q_{vivienda} = Q_{dormitorios} + Q_{sala de estar} + Q_{cocina}$$

$$Q_{vivienda} = \left(15 \frac{l}{s}\right) + \left(9 \frac{l}{s}\right) + \left(50 \frac{l}{s}\right)$$

$$Q_{vivienda} = 74 \frac{l}{s}$$

6.9.2 Calidad del aire en edificios

En el RITE se establece las características de la calidad del aire que se necesita en este tipo de locales. Se clasifican en diferentes categorías dependiendo del uso del edificio.

- IDA 1: Cuando se necesita una calidad de aire optima, esta categoría es necesaria en hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
- IDA 2: Es una calidad de aire buena, es preciso en oficinas, residencias, museos, gimnasios, etc.
- IDA 3: Cuando se tiene una calidad de aire media, esta categoría es precisa para los edificios comerciales, cines, teatros, etc.
- IDA 4: Es una calidad de aire baja, no se utiliza nunca excepto en casos especiales.

6.10 Calidad del ambiente acústico

Además de todos los apartados anteriormente descritos también hay que considerar y tener en cuenta la cantidad de ruido existente y por lo tanto limitarlo para cumplir con las normativas. En el RITE en su instrucción técnica 1.1.4.4 determina que instalaciones deben de cumplir esta característica.

Para cumplir con ella lo que se realiza en los edificios en proyectar, construir y mantener las instalaciones con materiales que limiten la transmisión de ruidos.

En la normativa existen diferentes clasificaciones de recintos:

- **Recinto habitable:** En aquel que es utilizado por personas para realizar una actividad, para ello tiene que cumplir unas características acústicas, térmicas y de salubridad. Ej.: habitaciones, aulas, oficinas, cocinas, salas de espera,...
- **Recinto no habitable:** Es el espacio destinado a no ser habitado o si se utiliza su frecuencia es ocasional y por lo tanto no se necesitan unas características térmicas, solo e exige unas condiciones de salubridad adecuadas. Ej.: trasteros, desvanes,...
- **Recinto protegido:** Es un recinto habitable con características acústicas más severas y por lo tanto tienen un trato especial.

Como se necesitan equipos para poder obtener la climatización del local, esos equipos tendrán que ser instalados con soportes antivibratorios o con bancada de inercia para cumplir también con esta característica. Solo se utilizaran estos sistemas cuando el equipo no posea una base suficientemente rígida que soporte los esfuerzos causados por el equipo.

- **Soporte antivibratorio:** Es un accesorio encargado de absorber los movimientos producidos por los equipos en su funcionamiento, se utilizan sobre todo para evitar problemas con los soportes y también para reducir el ruido producido por las vibraciones.



Figura 6.5.- Soporte antivibratorio

Fuente: <http://www.solostocks.com/venta-productos/soportes>

- ***Bancadas de inercia:*** Suelen ser accesorios contruidos de hormigón o de acero, para que puedan tener la suficiente masa e inercia para disminuir las vibraciones producidas. Para evitar posibles vibraciones a esta estructura se tienen que instalar elementos antivibratorios.

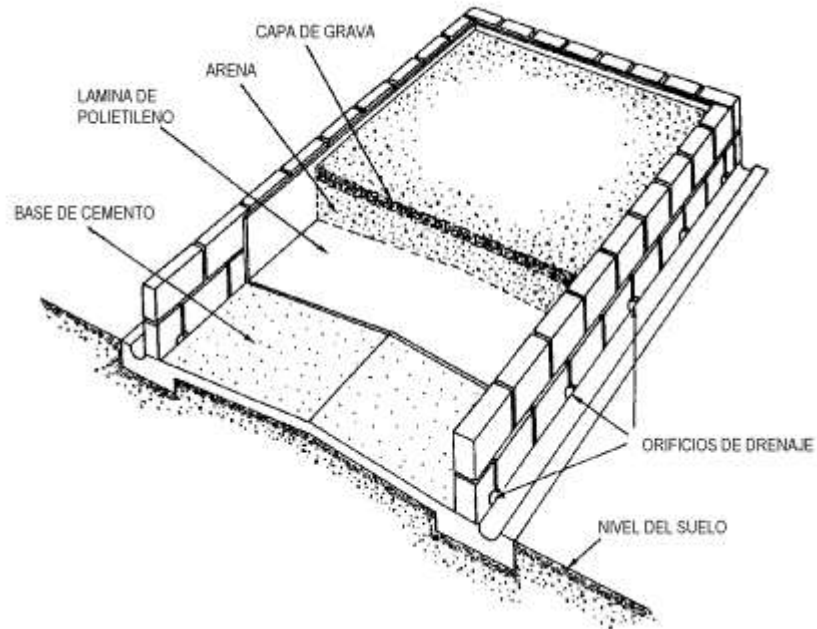


Figura 6.6.- Bancadas de inercia

Fuente: http://www.infoagro.com/abo/cultivo_sustrato2.htm

7 Rendimiento y eficiencia energética de los elementos de las instalaciones de climatización

En las instalaciones de climatización de los edificios que se desea diseñar es recomendable realizar un seguimiento y una evaluación del rendimiento y eficiencia de los elementos que componen dichas instalaciones, teniendo en cuenta que hay que cumplir la legislación vigente y las revisiones periódicas de los equipos que componen la instalación.

También es importante determinar como realiza las mediciones y los cálculos dichos equipos que se tienen instalados en el edificio. En este capítulo se desarrollara las diferentes formas de calcular el rendimiento de la instalación. Estos métodos de cálculo vienen desarrollados en la normativa.

La legislación que está en curso, obliga a que las instalaciones cada cierto tiempo realicen revisiones periódicas, registre datos de consumo para determinar si la instalación es eficiente o no.

Una vez analizado todos los datos de la instalación se podrá comprender si el funcionamiento de la instalación es el adecuado y si está funcionando de forma correcta, de esta forma se consigue determinar las situaciones anómalas de la instalación consiguiendo prevenir futuras averías.

7.1 Aparatos de medida

El RITE establece que todas las instalaciones de climatización deben disponer de equipos para la supervisión de todas las magnitudes que tienen importancia en el sistema

Para aquellas instalaciones donde la potencia sea superior a 70 kW, los equipos necesarios son:

- Colectores de impulsión y retorno: Se necesita un termómetro.
- Vasos de expansión: Se exige disponer de un manómetro.
- Circuitos secundarios de tuberías: Se requiere de un termómetro en cada circuito en la parte del retorno.
- Bombas: Se necesita un manómetro en cada bomba para medir la diferencia de presión entre aspiración y descarga.
- Intercambiadores de calor: Se obliga a disponer de manómetros y termómetros en la entrada y la salida.
- Baterías agua – aire: En el circuito primario disponer de un termómetro a la entrada y otro a la salida.
- Recuperadores de calor aire – aire: Controlar el caudal del aire del circuito.
- Unidades de tratamiento de aire: Uso de termómetros para medir la del aire de impulsión, retorno y la externa.

Si en dicha instalación no se pudiera contar con la instalación de estos equipos, los técnicos que estén encargados de la revisión y del mantenimiento de la instalación deberán disponer de:

- Termopar con sonda de contacto: Sirven para medir la temperatura del fluido por la que circula un fluido, para ello se necesita que exista contacto entre los dos elementos.



Figura 7.1.- Termopar con sonda de contacto

Fuente: <http://www.hannabolivia.bo/>

- Termómetro: Se utilizan para medir la temperatura de un material, se tiene que seleccionar bien la escala del termómetro para el rango que se va a medir. Los más utilizados son los termómetros de columna de mercurio.



Figura 7.2.- Termómetro de mercurio

Fuente: <http://famater.com.ar/?p=581/>

- **Manómetro:** Es un instrumento para la medición de la presión de fluidos, sobre todo en las instalaciones de climatización se utilizan para medir la presión del agua. Se distinguen entre los manómetros de líquidos y de gases.



Figura 7.3.- Manómetro

Fuente: <http://www.solostocks.com/>

- **Puente de manómetros frigoríficos:** Sirve para obtener datos sobre dos presiones diferentes y por lo tanto su comparación (a una presión se la denomina baja presión y a la otra alta presión). También sirve para crear el vacío a un determinado tramo de la instalación. En este punto se realizaría la carga del refrigerante si fuera necesario.

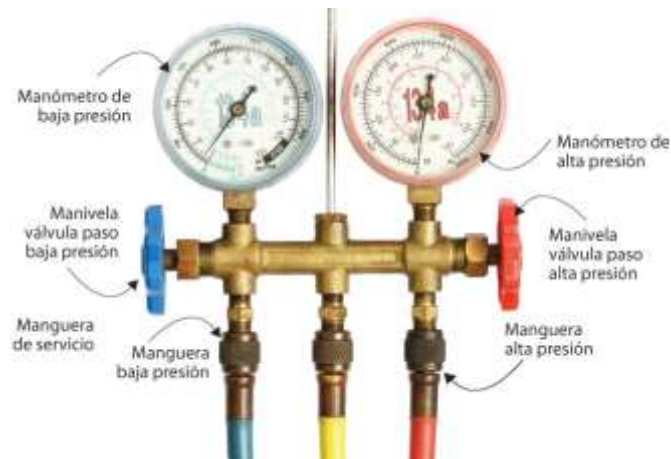


Figura 7.4.- Puente de manómetros

Fuente: <http://0grados.com/manometro/>

- Pinza amperimétrica: Es similar al amperímetro clásico, pero ahorra el engorro de tener que abrir el circuito para medir las magnitudes físicas correspondientes. Para ello está pinza utiliza la medida indirecta a partir del campo magnético que crea la corriente que circula. Su precisión es peor que el amperímetro clásico, pero para tener un control de una instalación en funcionamiento que no se puede detener sirve.



Figura 7.5.- Pinza amperimétrica

Fuente: <http://www.pce-instruments.com/>

- Anemómetro rotativo: Sirve para obtener una magnitud de la velocidad del aire que se tiene en ese instante. La velocidad del aire hace mover las cazoletas y con ello transmite el giro al anemómetro el cuál va contabilizando las vueltas que da y con la correspondiente igualdad ofrece la velocidad del aire.



Figura 7.6.- Anemómetro rotativo

Fuente: <http://www.pce-iberica.es/>

- **Termoanemómetro:** Además de ofrecer la medida de la velocidad del aire también es capaz de controlar la temperatura, para la velocidad del aire dispone de unas aspas en las que contabiliza la cantidad de vueltas que se generan. Para determinar la temperatura se realiza mediante la variación de un material y a partir de su dilatación se sabe la temperatura ambiente que tenemos en el lugar a medir.



Figura 7.7.- Termoanemómetro

Fuente: <http://www.gisiberica.com/anemómetros/Anemómetros.htm/>

- **Termohigrómetro:** Son los equipos utilizados para la medición de la humedad del aire y también ofrece la temperatura que hay en ese instante, ofrece las dos lecturas para determinar como varia la humedad del aire con respecto a la temperatura.



Figura 7.8.- Termohigrómetro

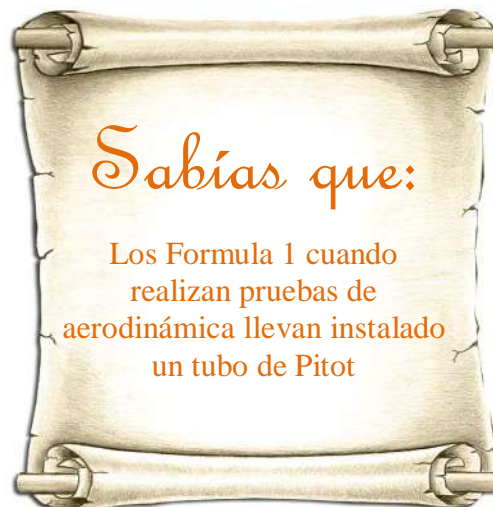
Fuente: <http://www.pce-instruments.com/>

- Tubo de Pitot: Es el elemento encargado de la medición de la presión de estancamiento (la suma de la presión estática más la presión dinámica). Para realizar la medida se basa en calcular la velocidad en un punto dado de la corriente de flujo.



Figura 7.9.- Tubo de Pitot

Fuente: http://pt.wikipedia.org/wiki/Tubo_de_Pitot/



- Psicrómetro: Internamente están compuestos de un termómetro de bulbo húmedo y un termómetro de bulbo seco. Para realizar la medición calculan los dos elementos la temperatura y con esa diferencia ofrecen como resultado la humedad relativa del aire.



Figura 7.10.- Psicrómetro de matraca

Fuente: <http://www.twilight.mx/Termohigrometros-Digitales/Psicrometro-Tipo-Matraca.html/>

- Caudalímetro para agua: Sirve para contabiliza el caudal que transporta una tubería. Se instala en la tubería que va a contener el flujo de agua que se desea medir. Para realizar el cálculo del caudal que existe se basa en el cálculo de la velocidad del agua, ya que la sección es constante.



Figura 7.11.- Caudalímetro

Fuente: http://www.phelectronica.com.ar/lista_productos.php?cat=11&tipo=Caudalimetros/

7.2 Mediciones energéticas

Para tener unas mediciones energéticas correctas, se necesitan equipos que registren los datos. Cada cierto tiempo se tienen que realizar inspecciones periódicas y posteriormente rellenar una ficha técnica de cada equipo.

Las fichas que hay que rellenar hay una parte donde se introducirán los datos registrados, otra parte donde se colocaran los datos nominales. Para realizar una medida correcta de los datos registrados, se apuntaran 3 columnas de datos y se realizara una media entre las 3 columnas.

Posteriormente se comparara la media obtenida de las 3 columnas con los datos nominales del equipo para ver si el equipo tiene u valores correctos o si hay algún parámetro que hay que retocar y modificar.

7.3 Rendimiento de generadores de frío

Una parte del ahorro energético va a depender de como funcione nuestra instalación y del rendimiento que tenga cada equipo.

Para poder determinar el rendimiento real de la instalación en ese momento va a tener sus dificultades, porque no se van a encontrar con situaciones de trabajos estables y también porque se va a ver afectado por agentes externos. Estas agentes externos son:

- Cambios constantes en las condiciones externas.
- Los elementos no son perfectos por lo que varían el rendimiento.
- Ganancias y pérdidas de calor en la instalación.

Como se puede ver obtener dicho rendimiento es muy difícil por lo que la determinación del rendimiento de esta manera se le denomina obtener una aproximación.

Para el cálculo del rendimiento hay dos métodos, el método directo y el método indirecto, a continuación explicare el método directo.

El método directo se basa en calcular el rendimiento a partir del fluido de refrigeración utilizado, para ello se utilizan las siguientes expresiones:

$$CEE_v = \frac{W_{evp}}{P_{abs}}$$

CEE_v : Coeficiente de eficiencia energetica en modo frigorifico

W_{evp} : Potencia absorbida por el refrigerante

P_{abs} : Potencia electrica absorbida por la maquina

$$CEE_c = \frac{W_{cds}}{P_{abs}}$$

CEE_c : Coeficiente de eficiencia energetica en modo bomba de calor

W_{cds} : Potencia cedida por el refrigerante al condensador

P_{abs} : Potencia electrica absorbida por la maquina

Para poder obtener la potencia absorbida por el refrigerante y la potencia cedida al condensador se calcula con las siguientes fórmulas:

$$W_{evp} = Q_{vap} \cdot \Delta i_{evp}$$

W_{evp} : Potencia absorbida por el refrigerante

Q_{vap} : El caudal masico del compresor

Δi_{evp} : Diferencia de entalpias en el evaporador

$$W_{cde} = Q_{vap} \cdot \Delta i_{cde}$$

W_{cde} : Potencia cedida por el refrigerante al condensador
 Q_{vap} : El caudal masico del compresor
 Δi_{cde} : Diferencia de entalpias en el condensador

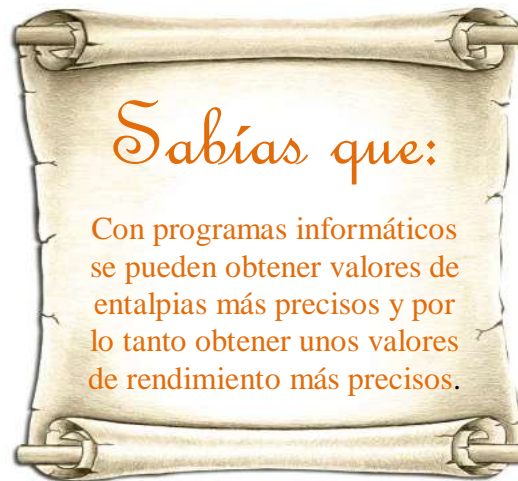
Para obtener el caudal másico del compresor se calcula a partir de las curvas dadas por el fabricante, se mira las condiciones de funcionamiento de ese momento y de esa forma se obtiene el dato correspondiente a utilizar.

Para poder obtener las entalpias se podrán obtener por diagramas o por tablas, determinando el refrigerante utilizado y sabiendo unas características de dicho fluido (la temperatura, el volumen específico,...)

Tabla 7.1.- Tabla saturación R-134a

Fuente: <http://www.icer.cl/pdf/diagramas/st134.pdf/>

Temp. °C	Presión kPa	Densidad kg/m ³		Volumen m ³ /kg		Entalpia kJ/kg			Entropia kJ/kg°C	
		líquido	gas	líquido	gas	líquido	latente	gas	líquido	gas
-51	27,774	1449,10	1,5616	0,00069007	0,64038	134,44	232,58	367,02	0,73546	1,7824
-50	29,451	1446,30	1,6496	0,00069142	0,6062	135,67	231,98	367,65	0,74101	1,7806
-49	31,209	1443,50	1,7416	0,00069277	0,57417	136,91	231,38	368,29	0,74655	1,7788
-48	33,051	1440,60	1,8377	0,00069414	0,54415	138,15	230,77	368,92	0,75207	1,777
-47	34,982	1437,80	1,938	0,00069551	0,51599	139,40	230,16	369,56	0,75757	1,7753
-46	37,003	1434,90	2,0427	0,00069689	0,48955	140,64	229,55	370,19	0,76305	1,7736
-45	39,117	1432,10	2,1518	0,00069828	0,46473	141,89	228,94	370,83	0,76852	1,772
-44	41,329	1429,20	2,2655	0,00069968	0,4414	143,14	228,32	371,46	0,77397	1,7704
-43	43,640	1426,40	2,384	0,00070109	0,41946	144,39	227,71	372,1	0,77941	1,7688
-42	46,055	1423,50	2,5074	0,00070251	0,39881	145,64	227,09	372,73	0,78482	1,7673
-41	48,577	1420,60	2,6359	0,00070393	0,37938	146,89	226,48	373,37	0,79023	1,7658
-40	51,209	1417,70	2,7695	0,00070537	0,36108	148,14	225,86	374	0,79561	1,7643
-39	53,955	1414,80	2,9085	0,00070681	0,34382	149,40	225,24	374,64	0,80098	1,7629
-38	56,817	1411,90	3,0529	0,00070826	0,32755	150,66	224,61	375,27	0,80633	1,7615
-37	59,801	1409,00	3,2031	0,00070973	0,3122	151,92	223,98	375,9	0,81167	1,7602
-36	62,908	1406,10	3,359	0,0007112	0,29771	153,18	223,36	376,54	0,817	1,7588
-35	66,144	1403,10	3,5209	0,00071268	0,28402	154,44	222,73	377,17	0,8223	1,7575
-34	69,512	1400,20	3,689	0,00071418	0,27108	155,71	222,09	377,8	0,8276	1,7563
-33	73,015	1397,30	3,8633	0,00071568	0,25885	156,98	221,45	378,43	0,83288	1,755
-32	76,658	1394,30	4,0441	0,00071719	0,24727	158,25	220,81	379,06	0,83814	1,7538
-31	80,444	1391,40	4,2316	0,00071872	0,23632	159,52	220,17	379,69	0,84339	1,7526
-30	84,378	1388,40	4,4259	0,00072025	0,22594	160,79	219,53	380,32	0,84863	1,7515
-29	88,463	1385,40	4,6271	0,0007218	0,21612	162,07	218,88	380,95	0,85385	1,7503
-28	92,703	1382,40	4,8356	0,00072336	0,2068	163,34	218,23	381,57	0,85906	1,7492
-27	97,104	1379,50	5,0514	0,00072492	0,19796	164,62	217,58	382,2	0,86425	1,7482
-26	101,67	1376,50	5,2748	0,0007265	0,18958	165,90	216,92	382,82	0,86943	1,7471
-25	106,40	1373,40	5,5059	0,00072809	0,18162	167,19	216,26	383,45	0,8746	1,7461
-24	111,30	1370,40	5,745	0,0007297	0,17407	168,47	215,6	384,07	0,87975	1,7451
-23	116,39	1367,40	5,9922	0,00073131	0,16688	169,76	214,93	384,69	0,8849	1,7441
-22	121,65	1364,40	6,2477	0,00073294	0,16006	171,05	214,27	385,32	0,89002	1,7432
-21	127,10	1361,30	6,5117	0,00073458	0,15357	172,34	213,6	385,94	0,89514	1,7422
-20	132,73	1358,30	6,7845	0,00073623	0,14739	173,64	212,91	386,55	0,90025	1,7413
-19	138,57	1355,20	7,0662	0,0007379	0,14152	174,93	212,24	387,17	0,90534	1,7404
-18	144,60	1352,10	7,3571	0,00073958	0,13592	176,23	211,56	387,79	0,91042	1,7396
-17	150,84	1349,00	7,6574	0,00074127	0,13059	177,53	210,87	388,4	0,91549	1,7387
-16	157,28	1345,90	7,9673	0,00074297	0,12551	178,83	210,19	389,02	0,92054	1,7379
-15	163,94	1342,80	8,287	0,00074469	0,12067	180,14	209,49	389,63	0,92559	1,7371
-14	170,82	1339,70	8,6168	0,00074643	0,11605	181,44	208,8	390,24	0,93062	1,7363
-13	177,92	1336,60	8,9568	0,00074818	0,11165	182,75	208,1	390,85	0,93564	1,7355
-12	185,24	1333,40	9,3074	0,00074994	0,10744	184,07	207,39	391,46	0,94066	1,7348
-11	192,80	1330,30	9,6688	0,00075172	0,10343	185,38	206,68	392,06	0,94566	1,7341
-10	200,60	1327,10	10,041	0,00075351	0,09959	186,70	205,96	392,66	0,95065	1,7334
-9	208,64	1323,90	10,425	0,00075532	0,095925	188,02	205,25	393,27	0,95563	1,7327
-8	216,93	1320,80	10,82	0,00075714	0,092422	189,34	204,53	393,87	0,9606	1,732
-7	225,48	1317,60	11,227	0,00075898	0,089072	190,66	203,81	394,47	0,96556	1,7313
-6	234,28	1314,30	11,646	0,00076084	0,085867	191,99	203,07	395,06	0,97051	1,7307
-5	243,34	1311,10	12,077	0,00076271	0,082801	193,32	202,34	395,66	0,97544	1,73
-4	252,68	1307,90	12,521	0,0007646	0,079866	194,65	201,6	396,25	0,98037	1,7294
-3	262,28	1304,60	12,978	0,0007665	0,077055	195,98	200,86	396,84	0,98529	1,7288



7.4 Rendimiento y eficiencia energética de ventiladores

Para obtener el rendimiento de un ventilador, se podría acceder a la placa de características del equipo. Pero como se sabe la utilización de los equipos hace que el rendimiento vaya disminuyendo dependiendo las condiciones de uso y las condiciones de mantenimiento.

Por lo que para obtener un rendimiento de los ventiladores se va a calcular de la siguiente forma.

$$\eta_{vent} = \frac{P_{aire}}{P_{abs}}$$

η_{vent} : Rendimiento del ventilador (adimensional)
 P_{aire} : Potencia entregada al aire por el ventilador (kW)
 P_{abs} : Potencia eléctrica absorbida (W)

Para obtener la potencia entregada al aire se calcula con la siguiente expresión:

$$P_{aire} = Q \cdot P_t \cdot g$$

P_{aire} : Potencia entregada al aire por el ventilador (kW)
 Q : Caudal de aire $\left(\frac{m^3}{s}\right)$
 P_t : Presión del aire (mmcda)
 g : La gravedad $\left(9,8 \frac{m^2}{s}\right)$

Para calcular la potencia eléctrica absorbida por el equipo, depende de si es trifásico o es monofásico, las expresiones a utilizar son las siguientes.

Trifásico

$$P_{abs} = \frac{V \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi}{1000}$$

P_{abs} : Potencia absorbida (kW)
 V : Tension del equipo (V)
 I : Intensidad del equipo (A)
 $\cos \varphi$: Factor de potencia

Si nos dan $\cos \varphi$, se toma como valor normalizado $\cos \varphi = 0,85$

Monofásico

$$P_{abs} = \frac{V \cdot I \cdot \cos \varphi}{1000}$$

P_{abs} : Potencia absorbida (kW)
 V : Tension del equipo (V)
 I : Intensidad del equipo (A)
 $\cos \varphi$: Factor de potencia

Si nos dan $\cos \varphi$, se toma como valor normalizado $\cos \varphi = 0,85$

Ejercicio: Se desea obtener el rendimiento del ventilador que tenemos en nuestra instalación de climatización. Las magnitudes de funcionamiento del ventilador son, monofásico a 230 V con un consumo de 0,6 A tratando un caudal de aire de $0,4 \frac{m}{s}$. El valor de presión de aire para el caudal de aire tratado es de 10 mmcda. Determinar el rendimiento del equipo.

La expresión para calcular el rendimiento es:

$$\eta_{vent} = \frac{P_{aire}}{P_{abs}}$$

Para ello se tiene que calcular la potencia del aire y la potencia absorbida por el ventilador.

$$P_{aire} = Q \cdot P_t \cdot g$$

$$P_{aire} = (0,4) \cdot (10) \cdot (9,8)$$

$$P_{aire} = 39,2 \text{ W}$$

Para la potencia absorbida por el ventilador, habría que fijarse en qué tipo de equipo se tiene si es monofásico o trifásico, en este caso es monofásico y se aplica la siguiente expresión:

$$P_{abs} = \frac{V \cdot I \cdot \cos \varphi}{1000}$$

$$P_{abs} = \frac{230 \cdot 0,6 \cdot 0,85}{1000}$$

$$P_{abs} = 0,1173 \text{ kW} = 117,3 \text{ W}$$

Una vez calculado estos parámetros, se va a obtener el rendimiento del ventilador.

$$\eta_{vent} = \frac{P_{aire}}{P_{abs}}$$

$$\eta_{vent} = \frac{39,2}{117,3}$$

$$\eta_{vent} = 0,3342 = 33,42 \%$$

7.5 Rendimiento y eficiencia energética unidades terminales

Como se desarrolló en los capítulos anteriores, los equipos que transmiten calor a los locales a climatizar y también repartir el agua procedente de los generadores son las UTA. Las unidades terminales (fancoils, techos radiantes,...) para poder transmitir su energía tienen una entrada y una salida de agua.

Igual que los ventiladores también se van a poder determinar el rendimiento de las unidades terminales, la expresión utilizada es la siguiente:

$$\eta_{UTA} = \frac{P_{util}}{P_{abs}}$$

η_{UTA} : Rendimiento de la unidad terminal
 P_{util} : Potencia util de salida (W)
 P_{abs} : Potencia electrica absorbida (W)

La potencia eléctrica absorbida es la consumida por todos los componentes de la unidad terminal (ventiladores, sistemas de control, etc.). Para calcularla es la suma de las potencias calculadas por separado y se calculan como en el apartado anterior.

En la placa de características el fabricante aporta un valor de la potencia útil a plena carga y con un salto de temperatura entre la entrada y la salida determinado, pero si alguna de las condiciones de temperatura variara se calcularía mediante las siguientes expresiones.

$$P_{util} = P_n \cdot \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_n} \right)^n$$

P_{util} : Potencia útil de salida (W)
 P_n : Potencia nominal (W)
 Δt : Diferencia de T^a en las condiciones actuales ($^{\circ}C$)
 Δt_n : Diferencia de T^a en las condiciones nominales ($^{\circ}C$)
 n : Exponente marcado por la UTA

Para calcular la diferencia de temperatura en las condiciones actuales se realiza así:

$$\Delta t = \frac{T_{ent} + T_{sal}}{2} - T_{amb}$$

Δt : Diferencia de T^a en las condiciones actuales ($^{\circ}C$)
 T_{ent} : Temperatura a la entrada ($^{\circ}C$)
 T_{sal} : Temperatura a la salida ($^{\circ}C$)
 T_{amb} : Temperatura ambiente ($^{\circ}C$)

Ejercicio: Se desea obtener el rendimiento de un fancoil, la temperatura de entrada de dicho sistema es de:

Temperatura de entrada	7 $^{\circ}C$
Temperatura de salida	15 $^{\circ}C$
Temperatura ambiente	25 $^{\circ}C$
Intensidad de funcionamiento	5,5 A
Potencia nominal	1200 W
cos φ	0,9

El fabricante para el fancoil instalado ha ofrecido los siguientes datos:

Temperatura de entrada	6 $^{\circ}C$
Salto de temperatura	5 $^{\circ}C$
Temperatura ambiente	28 $^{\circ}C$
N	1,3

Para calcular el rendimiento de dicho fancoil se utilizara la siguiente expresión:

$$\eta_{UTA} = \frac{P_{util}}{P_{abs}}$$

Como se puede comprobar la potencia útil será diferente a la potencia nominal, porque no funciona en las condiciones de la placa de característica, la potencia útil se calcula así:

$$P_{util} = P_n \cdot \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_n} \right)^n$$

Ahora se tiene que calcular la diferencia de temperatura en el momento de funcionamiento y en las condiciones nominales. Para las condiciones de funcionamiento:

$$\Delta t = \frac{T_{ent} + T_{sal}}{2} - T_{amb}$$

$$\Delta t = \frac{7 + 15}{2} - 25$$

$$\boxed{\Delta t = -14 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Para las condiciones nominales:

$$\Delta t_n = \frac{T_{ent} + T_{sal}}{2} - T_{amb}$$

$$\Delta t_n = \frac{T_{ent} + (T_{ent} + \text{Salto de } T^a)}{2} - T_{amb}$$

$$\Delta t_n = \frac{(6) + [(6) + (5)]}{2} - 28$$

$$\boxed{\Delta t_n = -19,5 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Ahora se calcula la potencia útil del equipo:

$$P_{util} = P_n \cdot \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_n}\right)^n$$

$$P_{util} = (1200) \cdot \left(\frac{-14}{-19,5}\right)^{(1,3)}$$

$$\boxed{P_{util} = 780,02 \text{ W}}$$

Por ultimo antes de calcular el rendimiento del fancoil, faltaría calcular la potencia absorbida. En este caso se supone que es un sistema monofásico con una tensión de 230 V.

$$P_{abs} = \frac{V \cdot I \cdot \cos \varphi}{1000}$$

$$P_{abs} = \frac{(230) \cdot (5,5) \cdot (0,9)}{1000}$$

$$\boxed{P_{abs} = 1,1385 \text{ kW} = 1138,5 \text{ W}}$$

El rendimiento se calcula así:

$$\eta_{UTA} = \frac{P_{util}}{P_{abs}}$$

$$\eta_{UTA} = \frac{780,02}{1138,5}$$

$$\eta_{UTA} = 0,6851 = 68,51 \%$$

7.6 Equipo de recuperación de energía

Los equipos de recuperación de energía son los intercambiadores de aire – aire que con ellos se aprovecha el calor de expulsión del sistema para calentar el aire de entrada impulsado. Como todo se busca maximizar la eficiencia de la instalación, por lo que dependiendo de las horas de funcionamiento de nuestra instalación se tendrá que adquirir equipos de mayor tamaño para que el caudal de recuperación sea mayor y de esta forma mejorar la eficiencia energética del sistema.

La clasificación de los diferentes tipos de recuperadores son:

- **Según la posibilidad de impulsar el aire**
 - **Recuperadores estáticos:** La velocidad del flujo es la que contiene por el sistema de ventilación, ya que estos equipos no disponen de ventilador para poder impulsar el flujo.
 - **Recuperadores dinámicos:** Estos equipos incorporan ventiladores para aumentar la velocidad del flujo y así de esta forma aumentar su eficiencia.

- **Según su forma constructiva**
 - **Recuperadores de flujo cruzados:** Están constituidos por placas ya que es un intercambiador de placas por los que como fluidos va a circular aire. Estas placas están colocadas de forma paralela para que se produzca el intercambio de energía. Por un lado entra los gases que se quieren recuperar el calor y formando un ángulo de 90 ° entran los gases a los que se quiere transmitir el calor. Para mejorar la eficiencia de estos sistemas las placas internas serán de un material que conduzcan muy bien el calor para que haya mayor transmisión del calor.

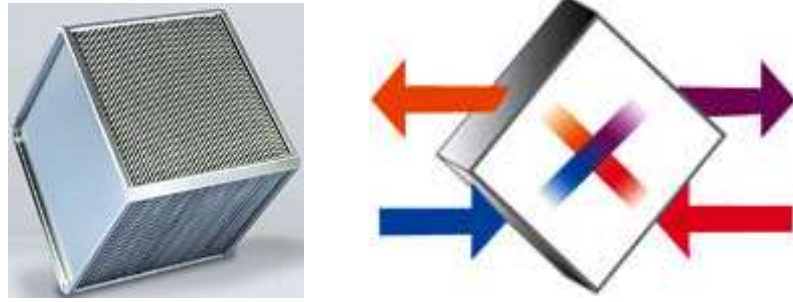


Figura 7.12.- Imagen y esquema de recuperador de flujos cruzados

Fuente: <http://www.sedical.com/>

Fuente: <http://teoriadeconstruccion.net/blog/?p=2330/>

- Recuperadores de flujos paralelos: Este equipo es similar en construcción al anterior, la única diferencia sería la forma de entrar las corrientes de aire. En este caso en vez de entrar con un ángulo de 90° van a entrar de forma paralela para que haya mayor superficie de intercambio y mejore el rendimiento. Lo mismo sucede con el material utilizado para las placas internas, se busca un material con un buen coeficiente de transmisión de calor.

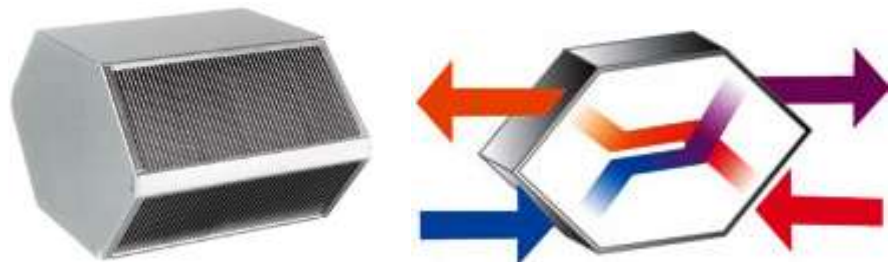


Figura 7.13.- Imagen y esquema de recuperador de flujos paralelos

Fuente: <http://www.valdeco.net/Sedical/RecuplacaGS.htm/>

Fuente: <http://teoriadeconstruccion.net/blog/?p=2330/>

- Recuperadores rotativos: Este equipo está constituido por una carcasa con un motor central que va a producir giro a un disco de aluminio con pequeños orificios. El aire del exterior entrará por la mitad del disco y por la otra mitad se introducirá el aire del que se quiere recuperar el calor. De esta forma al transmitir un giro el motor, se va a conseguir una transferencia de calor y también de la humedad que contenga el aire.

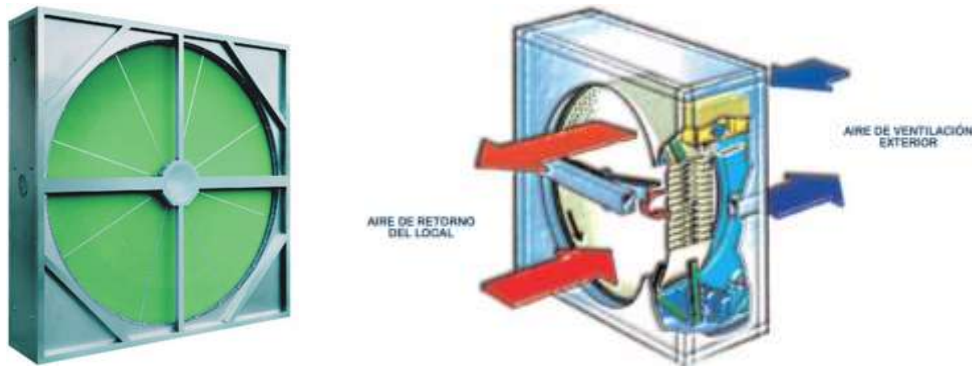


Figura 7.14.- Imagen y esquema de recuperador rotativo

Fuente: <http://www.valdeco.net/Sedical/RecuSorCEntaDesh.htm>

Fuente: <http://www.tecniseco.es/>

7.7 Registro de consumos

El registro de consumos es obligatorio según el RITE para aquellas instalaciones que tengan la obligación de contar con un servicio de mantenimiento. Casi todas las instalaciones de una potencia mayor de 5 kW tienen integrado este sistema. El sistema en si tiene un control de:

- **Registro energético de la parte de generación**

La empresa encargada del mantenimiento va a registrar los siguientes datos:

- **Energía eléctrica consumida:** Es la energía que hay que aportar a todo el sistema de climatización para llevar a cabo un aumento o disminución de la temperatura dependiendo que el sistema funcione como calefacción o como refrigeración.
- **Energía térmica útil aportada por el sistema de calefacción:** Es la energía aprovechada y utilizada para aumentar la temperatura del local a climatizar. Esta energía aportada va a depender de como sea dicho sistema y de si está bien aislado o no.
- **Energía térmica útil aportada por el sistema de refrigeración:** Es la energía aprovechada y utilizada para disminuir la temperatura del local a climatizar. Esta energía aportada va a depender de como sea dicho sistema y de si está bien aislado o no.
- **Rendimiento estacional anual:** Se obtiene mediante la siguiente fórmula.

$$\eta_{ea} = \frac{E_u}{E_s} \cdot 100$$

η_{ea} : Rendimiento estacional anual

E_u : Energía termica util en 1 año (kWh)

E_s : Energía suminsitrada al generador en 1 año (kWh)

- Rendimiento estación anual corregido: Es el factor anterior pero reduciendo el error porque se introduce un coeficiente.

$$\eta_{eac} = \frac{\sum E_u}{\sum (E_s \cdot K_e)} \cdot 100$$

η_{eac} : Rendimiento estacional anual corregido

E_u : Energía termica util en 1 año (kWh)

E_s : Energía suminsitrada al generador en 1 año (kWh)

K_e : Coeficiente de emisiones generadas

- Consumo unitario de electricidad para calefacción: Es el gasto anual que se tiene por la parte de generación del modo calefacción.

$$C_{euc} = \frac{E_{ec}}{S_c}$$

C_{euc} : Consumo unitario de electricidad en calefaccion $\left(\frac{kWh}{m^2}\right)$

E_{ec} : Energía electrica consumida en 1 año para calefaccion (kWh)

S_c : Superficie calefactada (m^2)

- Consumo unitario de electricidad para refrigeración: Es el gasto anual que se tiene por la parte de generación del modo de refrigeración.

$$C_{uer} = \frac{E_{er}}{S_r}$$

C_{uer} : Consumo unitario de electricidad en refrigeracion $\left(\frac{kWh}{m^2}\right)$

E_{er} : Energía electrica consumida en 1 año para refrigeracion (kWh)

S_r : Superficie refrigerada (m^2)

- Consumo unitario útil de calefacción: En este caso solo se tiene en cuenta la parte que es aprovechada, por lo tanto la energía útil para calefacción.

$$C_{uuc} = \frac{E_{uc}}{S_c}$$

C_{uuc} : Consumo de energia termica en un año en calefaccion $\left(\frac{kWh}{m^2}\right)$

E_{uc} : Energía util en 1 año para calefaccion (kWh)

S_c : Superficie calefactada (m^2)

- Consumo unitario útil de refrigeración: En este caso solo se tiene en cuenta la parte que es aprovechada, por lo tanto la energía útil para refrigeración.

$$C_{uur} = \frac{E_{ur}}{S_r}$$

C_{uur} : Consumo de energía termica en un año en refrigeracion $\left(\frac{kWh}{m^2}\right)$
 E_{ur} : Energía util en 1 año para refrigeracion (kWh)
 S_r : Superficie refrigerada (m^2)

- Rendimiento estacional de los generadores de calor: Es el rendimiento de los generadores del modo de calefacción.

$$\eta_c = \frac{E_{ugc}}{E_{sgc}} \cdot 100$$

η_c : Rendimiento de los generados de calefaccion (adimensional)
 E_{ugc} : Energía util producida por los generadores de calefaccion (kWh)
 E_{sgc} : Energía total consumida por los generadores de calefaccion (kWh)

- Coefficiente de eficiencia energética de los generadores de frío: Es el rendimiento de los generadores del modo de refrigeración.

$$\eta_f = \frac{E_{ugr}}{E_{sgr}} \cdot 100$$

η_f : Rendimiento de los generados de refrigeracion (adimensional)
 E_{ugr} : Energía util producida por los generadores de refrigeracion (kWh)
 E_{sgr} : Energía total consumida por los generadores de refrigeracion (kWh)

Ejercicio: La empresa de mantenimiento tiene el siguiente registro de consumo anuales de nuestra instalación de climatización:

Energía térmica útil	270 MWh
Energía eléctrica consumida	5,3 MWh
Energía Gasóleo C consumida	260 MWh

Determinar cuál sería el rendimiento estacional anual y el rendimiento estacional anual corregido.

Primero se va a obtener el rendimiento estacional anual de la instalación y después se comparara con el rendimiento corregido. La expresión a utilizar es la siguiente:

$$\eta_{ea} = \frac{E_u}{E_s} \cdot 100$$

$$\eta_{ea} = \left[\frac{270}{(5,3) + (260)} \right] \cdot 100$$

$$\boxed{\eta_{ea} = 101,77 \%}$$

Ahora se va a calcular el rendimiento anual corregido, para eso se necesita las constantes de corrección del Gasóleo C y de la electricidad.

$$k_{Electricidad} = 3,1814$$

$$k_{Gasoleo\ C} = 1,4069$$

$$\eta_{eac} = \frac{\sum E_u}{\sum (E_s \cdot K_e)} \cdot 100$$

$$\eta_{eac} = \left[\frac{E_u}{(E_{s\ Electricidad} \cdot K_{e\ Electricidad}) + (E_{s\ Gasoleo\ C} \cdot K_{e\ Gasoleo\ C})} \right] \cdot 100$$

$$\eta_{eac} = \left[\frac{270}{((5,3) \cdot (3,1814)) + ((260) \cdot (1,4069))} \right] \cdot 100$$

$$\boxed{\eta_{eac} = 70,56 \%}$$

Como se puede comprobar hay diferencia entre los dos rendimientos obtenidos, en uno se ha tenido la conversión de las energías primarias y en el otro no, por lo que el valor correcto sería el segundo.

- **Registro de consumo individual de cada equipo**

En aquellos edificios que disponen de un sistema de calefacción centralizado, se necesita tener un registro de valores para cada consumo individual. Los datos que va a ser necesarios registrar son:

- Consumo individual de calefacción: Es el consumo unitario por usuario del apartado de calefacción.
- Consumo individual de refrigeración: Es el consumo unitario por usuario del apartado de refrigeración.

- Mermas de distribución en calefacción

$$MD_c = \left(\frac{E_{u_c}}{\sum E_{ud_c}} - 1 \right) \cdot 100$$

MD_c : Mermas de distribución en calefacción (adimensional)

E_{u_c} : Energía útil producida para el sistema de calefacción (kWh)

$\sum E_{ud_c}$: Suma de energía útil consumida por cada usuario (kWh)

- Mermas de distribución en refrigeración

$$MD_r = \left(\frac{E_{u_r}}{\sum E_{ud_r}} - 1 \right) \cdot 100$$

MD_r : Mermas de distribución en refrigeración (adimensional)

E_{u_r} : Energía útil producida para el sistema de calefacción (kWh)

$\sum E_{ud_r}$: Suma de energía útil consumida por cada usuario (kWh)

- Registro de consumo de agua para el llenado del circuito

La empresa de mantenimiento será la encargada del sistema de registros de consumos de agua, para ello instalará un contador en cada circuito cerrado de los sistemas de calefacción y refrigeración.

En el formulario de registro realizado por la empresa de mantenimiento incluirá los datos de consumo de energía y de la energía térmica suministrada por cada generador de calor o de frío. Para realizar este registro individual se hará uno para tantos usuarios como existan.

8 Bibliografía

- [1] “El proyecto de las instalaciones de climatización: cumplimiento de la normativa”; García Gutiérrez, Miguel Ángel. Publicado por *Publicaciones de la universidad de Jaén* en el año 2012. Localización: *Biblioteca de industriales*, referencia 697.94 GAR
- [2] “Técnicas de climatización”; Miranda, Ángel Luis. Publicado por *Marcombo* en el año 2010. Localización: *Departamento de ingeniería eléctrica, de sistemas y de automática*, referencia 628.84 MIR
- [3] “Instalaciones de ventilación y climatización”; Blanes, Octavio. Publicado por *Ceac* en el año 1997. Localización: *Departamento técnico minero*, referencia 697 BLA
- [4] “Calefacción y climatización: equipos y cálculos”; Asociación Española de normalización y certificación. Publicado por *AENOR* en el año 1991. Localización: *Departamento ingeniería y ciencias agrarias - ingeniería agroforestal*, referencia IA 457.
- [5] “Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria”. Publicado por *ATECYR* en el año 1981. Localización: *Biblioteca minas*, referencia N N/696/reg.
- [6] “Geotermia: una solución eficiente”; Campos Torres, Carlos. Localización: *Biblioteca de minas*, referencia IM PFCIS 120.
- [7] Pagina web de información sobre que es la psicometría y los diferentes parámetros:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Psicrometr%C3%ADa>
- [8] Trabajo sobre los diferentes tipos de humedad y las características de la humedad:
<http://www.monografias.com/trabajos81/operacion-unitaria-humidificacion/operacion-unitaria-humidificacion2.shtml>
- [9] Página web de grafico psicométrico:
http://efidep.webcindario.com/imgs/Diag_Psico.jpg
- [10] Página web tipo de higometro de tipo de cabello y sus esquemas:
<http://www.academiatesto.com.ar/cms/?q=higrometro-de-cabello>
- [11] Página web de diferentes tipos de higometros de tipo de rocío portátiles y fijos:
<http://www.hannainst.es/catalogo/index.php?pg=9&Familia=1100&Familia2=37&CodPro ducto=747>
- [12] Página web sobre información de climatización y conceptos principales para su entendimiento:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Climatización>
- [13] Página web sobre información de compresor y los diferentes tipos que existen:
[http://es.wikipedia.org/wiki/Compresor_\(máquina\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Compresor_(máquina))

- [14] Página web de tipo de compresores y explicación de su funcionamiento:
http://www.ehowenespanol.com/tipos-compresores-refrigeracion-sobre_99283/
- [15] Página web de compresor centrífugo:
<http://tecnologia-compresores.blogspot.com.es/2010/04/compresor-centrifugo.html>
- [16] Página web de ventajas del compresor centrífugo:
http://es.wikipedia.org/wiki/Compresor_centric%C3%ADfugo
- [17] Documento sobre funcionamiento de los compresores y conceptos termodinámicos básicos:
<http://www.fing.edu.uy/imfia/sites/default/files/8-%20Compresores.pdf>
- [18] Documento del condensador evaporativo y explicación de su funcionamiento:
<http://www.sirsatitanio.com/Archivos%20PDF/manual%20de%20condensadores%20evaporativos.pdf>
- [19] Página web de los diferentes tipos de evaporadores que existen:
<http://epsem.upc.edu/~intercanviadorsdecalor/castella/evaporadors.html>
- [20] Página web con diferentes tipos de evaporadores:
http://ocwus.us.es/arquitectura-e-ingenieria/operaciones-basicas/contenidos1/tema10/pagina_06.htm
- [21] Página web del funcionamiento de los evaporadores:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Evaporador>
- [22] Página web con información de dispositivos de expansión:
<http://profedaza.wordpress.com/componentes-sistema-de-refrigeracion/dispositivos-de-expansion/>
- [23] Página web con información de las válvulas de expansión y sus diferentes tipos:
http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_de_expansi%C3%B3n
- [24] Página web con información de válvulas termoeléctricas y su funcionamiento:
<http://senamecanismoexpa.blogspot.com.es/2007/11/valvulas-de-expansin-termoelectricas.html>
- [25] Página web con el proceso de refrigeración por absorción:
http://es.wikipedia.org/wiki/Refrigeraci%C3%B3n_por_absorci%C3%B3n
- [26] Página web con los diferentes tipos de ventiladores axiales y centrífugos:
http://www.chiblosa.com.ar/spanish/herramientas/teoria_de_los_ventiladores.htm
- [27] Página web con conceptos técnicos sobre ventiladores:
<http://www.soler-palau.mx/ventiladores2.php>

[28] Página web con información sobre elementos de una instalación de refrigeración:
<http://www.solerpalau.es/es-es/hojas-tecnicas-efectos-de-instalacion/>

[29] Página web con información sobre los diferentes tipos de sensores de humedad:
http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_de_humedad

[30] Manual de conductos de aire acondicionado:
<http://www.isover-technical-insulation.com/var/technicalinsulation/storage/original/application/e075a4ca5d01b6c2bf861b95831af689.pdf>

[31] Documento sobre conductos de ventilación y su aislamiento:
http://www.ursa.es/es-es/productos/Documents/Catalogo_URSA_AIR.pdf

[32] Página web con la configuración de instalaciones de refrigeración:
<http://nergiza.com/airzone-y-otros-sistemas-de-zonificacion-funcionan-bien/>

[33] Página web con información de un ventilador:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Ventilador>

[34] Página web con definiciones básicas de climatización:
<http://www.five.es/calidadentuvivienda/elegir-vivienda-con-calidad?id=23>

[35] Guía básica de redes de distrito de calor y frío del IDAE:
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_20110502_Guia_Basica_Nets_d_e_Calor_y_de_Fr%C3%ADo_ES_5e18b14a.pdf

[36] Guía técnica de contabilización de consumos del IDAE:
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10540_Contabilizacion_consumos_GT6_07_f9aaf178.pdf

[37] Guía técnica de mantenimiento de instalaciones térmicas del IDAE:
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10540_Mantenimiento_instalaciones_termicas_GT1_07_d97da097.pdf

[38] Guía técnica de torres de refrigeración del IDAE:
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10540_Torres_refrigeracion_GT4_07_05eca613.pdf

[39] Guía técnica de ahorro y recuperación de energía del IDAE:
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_09_Guia_tecnica_ahorro_y_recuperacion_de_energia_en_instalaciones_de_climatizacion_dd65072a.pdf

[40] Guía técnica de selección de equipos de transporte del IDAE:
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10_Guia_tecnica_seleccion_de Equipos_de_transporte_de_fluidos_Bombas_y_ventiladores_758f070c.pdf

[41] Guía técnica de diseño de intercambio geotérmico del IDAE:

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_14_Guia_tecnica_diseno_de_sistemas_de_intercambio_geotermico_de_circuito_cerrado_1d03dc08.pdf

[42] Guía técnica de instalaciones de climatización por agua del IDAE:

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_18_Guia_tecnica_instalaciones_de_climatizacion_por_agua_ed78f988.pdf

[43] Guía técnica de instalaciones de climatización con equipos autónomos del IDAE:

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_17_Guia_tecnica_instalaciones_de_climatizacion_con_equipos_autonomos_f9d4199a.pdf