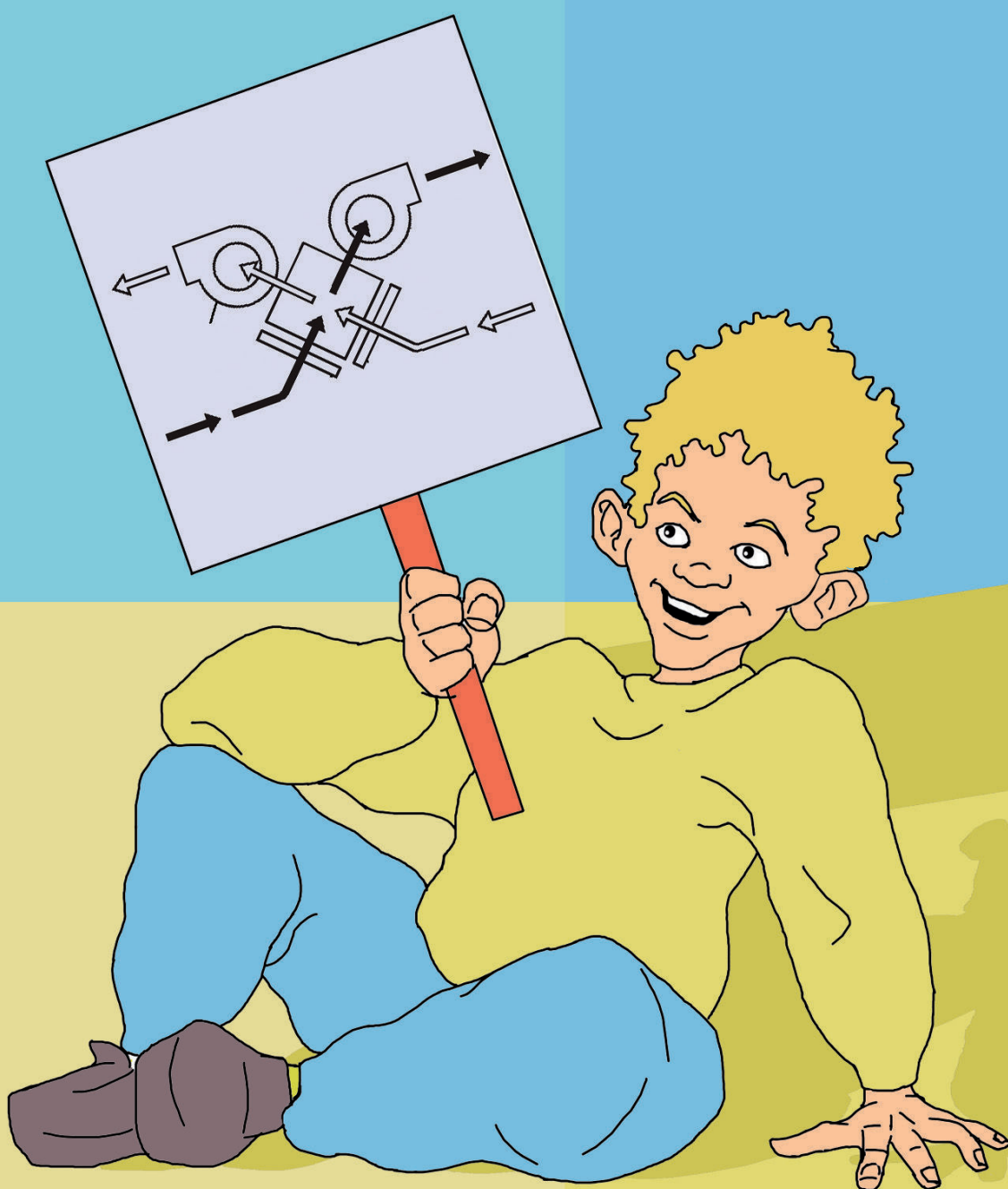


CICLO FORMATIVO DE GRADO MEDIO
TÉCNICO EN MONTAJE Y MANTENIMIENTO
DE INSTALACIONES DE FRÍO, CLIMATIZACIÓN Y PRODUCCIÓN DE CALOR

MÓDULO 6:

Instalaciones de climatización y ventilación

Tomo 1



CICLO FORMATIVO
MONTAJE Y MANTENIMIENTO
DE INSTALACIONES DE FRÍO,
CLIMATIZACIÓN Y
PRODUCCIÓN DE CALOR
GRADO MEDIO

MÓDULO 6

INSTALACIONES
DE CLIMATIZACIÓN Y
VENTILACIÓN

Tomo 1

AUTORES:

César González Valiente / Rafael Ferrando Pérez

Edita

Conselleria de Cultura, Educación y Deporte
Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Valencia

Autores Expertos

César González Valiente / Rafael Ferrando Pérez

Dirección y coordinación del proyecto

Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Valencia

Isabel Galbis Cordova, *Directora de la Escuela de Negocios Lluís Vives*

Antonio Carmona Domingo, *Subdirector de la Escuela de Negocios Lluís Vives*

Julián Moreno Calabria, *Coordinación de Programas*

Máximo Moliner Segura, *Coordinación General del Proyecto*

Ilustración de portada: José María Valdés

Fotografías e ilustraciones de interior: Autores del módulo

Diseño y maquetación: Rosario Mas Millet

Todos los derechos reservados. No está permitida la reproducción total ni parcial de esta publicación, ni la recopilación en un sistema informático, ni la transmisión por medios electrónicos, mecánicos, por fotocopias, por registro o por otros métodos, sin la autorización previa y por escrito del editor.

ISBN: 978-84-96438-44-6

978-84-96438-47-7

CONTENIDO DEL MÓDULO SEIS

TOMO 1

U.D. 1	Repaso de unidades y magnitudes físicas relacionadas con la climatización y ventilación	5
U.D. 2	Instalaciones de ventilación	43
U.D. 3	Conductos de distribución de aire	101
U.D. 4	La técnica de difusión del aire	183
U.D. 5	Cálculo de cargas térmicas.....	229

TOMO 2

U.D. 6	Técnica de la refrigeración y la bomba de calor aplicada a la climatización	293
U.D. 7	El climatizador autónomo.....	355
U.D. 8	Instalaciones centralizadas, distribución con agua y refrigerante	445
U.D. 9	Instalaciones de regulación y control.....	531
U.D. 10	Trabajo final de curso. Estudio y oferta para la climatización de un local.....	569
Glosario del Módulo		595

MÓDULO SEIS INSTALACIONES DE
CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN

U.D. 1 REPASO DE UNIDADES Y MAGNITUDES
FÍSICAS RELACIONADAS CON LA CLIMATIZACIÓN
Y VENTILACIÓN

M 6 / UD 1

ÍNDICE

Introducción.....	9
Objetivos	11
1. La temperatura	13
2. El calor o energía calorífica.....	16
2.1. Modos de transmisión del calor	17
2.2. Calor latente	18
2.3. Calor Sensible.....	19
3. La potencia calorífica	21
4. Rendimiento.....	23
5. Presión	24
6. El vacío	27
7. El caudal	29
8. Magnitudes eléctricas.....	33
8.1. Placas de características de motores y equipos.....	33
8.2. Conexión de equipos a la red de alimentación	34
8.3. Medidas eléctricas	35
8.4. Líneas de alimentación a equipos.....	35
Resumen	37
Cuestionario de autoevaluación.....	39
Laboratorio.....	41
1. Medir temperaturas	41
2. Medir temperaturas de un equipo climatizador funcionando	41
3. Medir la velocidad de salida de aire con un anemómetro	41
4. Cálculo del COP aproximado de un equipo climatizador	41

INTRODUCCIÓN

Para el estudio del presente módulo se hace necesario tener ciertos conocimientos como base de partida; esta unidad didáctica hace un repaso de los conocimientos de física y matemáticas adquiridos en cursos anteriores.

OBJETIVOS

El alumno, al final de esta unidad didáctica, conocerá las magnitudes físicas que trataremos relacionadas con la climatización; son principalmente las siguientes:

- Temperatura: °C, °F, °K
- Energía: Julios, CV, Calorías.
- Potencia, Rendimiento.
- Presión: Pascales, Kg/cm², Bar, mmHg, mm.c.a
- Caudal: L/s, m³/h
- Parámetros de la corriente eléctrica: Intensidad, Voltaje, Potencia eléctrica.

Conceptos de la geometría necesaria para el estudio del presente módulo:

- Longitud de la circunferencia.
- Perímetro de secciones básicas.
- Sección de círculo, rectángulo, trapecio, etc.
- Cálculo de superficies irregulares y volúmenes.
- Fórmulas de utilidad.

1. LA TEMPERATURA

Físicamente, la temperatura de un cuerpo no es más que el nivel de vibración de sus moléculas; cuanto más vibran, más caliente está el cuerpo, y más energía calorífica tiene. A nivel sensorial todos somos capaces de distinguir si un cuerpo está más caliente que otro, es decir podemos apreciar su temperatura relativa respecto a la de nuestro cuerpo.

La temperatura se mide con las unidades siguientes:

- Escala de grados Celsius o Centígrados con los puntos de referencia siguientes:
 - 0° C: congelación de agua a presión atmosférica.
 - 100° C: ebullición del agua a presión atmosférica.
- A nivel científico se utilizan los grados Kelvin:
 - 273° K: congelación del agua.
 - 373° K: ebullición del agua.
- Los países anglosajones utilizan grados Fahrenheit:
 - 32° F: congelación de agua a presión atmosférica.
 - 212° F (32 + 180): ebullición del agua a presión atmosférica.

Para convertir grados de una unidad a otra recordemos las fórmulas:

Para pasar de grados F a C se utiliza:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{(^{\circ}\text{F} - 32) \times 100}{180}$$

Para pasar de grados C a F se utiliza:

$$^{\circ}\text{F} = \frac{^{\circ}\text{C} \times 180}{100} + 32$$

Por ejemplo:

Si la temperatura es de 30° C, en grados Fahrenheit: será de 86° F.

Como vemos, la temperatura en ° F siempre es un valor superior a ° C. Los grados K son similares a los ° C, pero sumándoles 273. 100° C = 373° K

El aparato que mide la temperatura se denomina *Termómetro*.

Los termómetros se construyen en diferentes formas comerciales según su uso:

Termómetros de cristal con mercurio

Consisten en un tubo de cristal cuyo interior se llena con mercurio, el cual se dilata o contrae con la temperatura. Son muy precisos y fiables, pero de respuesta lenta.



Termómetro de mercurio

Termómetros de reloj con bimetálico

Consisten en dos metales distintos unidos por la punta, de forma que al calentarse o enfriarse, y dilatar una longitud diferente, se tuerce el conjunto hacia un lado. Mediante unas palancas se amplifica este movimiento y se lleva a una aguja indicadora. Se usan mucho en instalaciones con líquidos, calefacción y agua caliente. No son muy precisos, pero son económicos, y de visualización rápida.

Termómetros con sonda a distancia por termopar

El termopar es una pequeña soldadura de dos metales distintos que tiene la propiedad de producir una pequeña tensión eléctrica (mV) al cambiar la temperatura. Esta tensión se amplifica y se lleva a una escala graduada. Son muy utilizados en instrumentos portátiles y en sondas de temperatura de equipos, por su rapidez y precisión.



Termómetro con termopar

Termómetros sin contacto por radiación

Miden la temperatura con la radiación que emite todo cuerpo caliente (como el fuego). Alcanzan poca distancia (1 m), y son muy rápidos, pero poco precisos. Actualmente son muy utilizados en procesos de mantenimiento para medir partes de una máquina en funcionamiento, sin riesgos para el operador.



Termómetro por infrarrojos

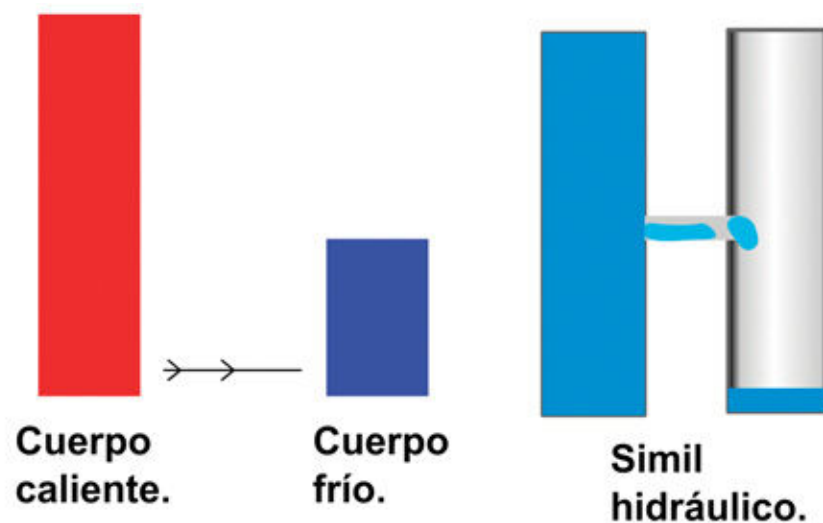
2. EL CALOR O ENERGÍA CALORÍFICA

Es frecuente confundir el calor con la temperatura entre las personas sin conocimientos técnicos, o asociar el calor con una temperatura elevada.

El calor es la energía que posee un cuerpo debida a su temperatura.

El calor es la energía que fluye de un cuerpo caliente a uno frío, es decir del cuerpo de mayor temperatura al de menor. Las moléculas vibrantes del cuerpo caliente activan con sus choques a las del cuerpo frío, calentándolo, es decir, **transmitiéndole** calor.

A nivel práctico podemos equiparar la temperatura como el nivel del agua de un recipiente. El agua siempre discurre de un nivel alto a uno bajo. El caudal de agua sería el calor, y la temperatura el nivel del agua, de forma que las calorías fluyen de un cuerpo caliente a uno más frío.



Simil hidráulico de la transmisión de calor

La unidad de medida del calor es la caloría, que se define como:

La cantidad de calor necesaria para elevar un grado Centígrado un gramo de agua.

Al ser una unidad tan pequeña, se suele usar la Kcal (kilo caloría) igual a 1.000 calorías.

Una Kcal es, por lo tanto, el calor necesario para elevar un grado Centígrado un kilogramo de agua, o un 1 Litro de agua.

Por ejemplo, para calentar 1 m³ de agua de 15° C a 60° C, la cantidad de calor necesaria será:

$$1000 \text{ kg de agua} \times (60 - 15) = 1000 \times 45 = 45.000 \text{ Kcal.}$$

Como el calor es una energía, también se mide en Julios, que es la unidad del sistema Internacional, y los países anglosajones utilizan la BTU (British Termal Unit).

Las equivalencias son:

$$1 \text{ caloría} = 4,186 \text{ Julios.}$$

$$1 \text{ Kcal.} = 0,00396 \text{ BTU}$$

$$1 \text{ BTU} = 253 \text{ Kcal}$$

Cuando se calculan pérdidas de calor, es decir la extracción de calor mediante equipos frigoríficos, a la Caloría se le denomina Frigoría (Frg).

A todos los efectos una Frigoría es una Kcaloría.

Ejemplo:

Calcular las Frigorías necesarias para enfriar 20 kg de aire de 36° C a 30° C

$$Q = M \times C_e \times (t_2 - t_1) = 20 \times 0,24 \times (36 - 30) = 28,8 \text{ Frigorías.}$$

2.1. Modos de transmisión del calor

El calor se transmite de tres maneras:

- **Conducción:** cuando hay un contacto directo entre dos cuerpos. Por ejemplo, al tocar un objeto caliente o frío.
- **Radiación:** calentamiento a distancia. Por ejemplo, el calor del sol, o el que desprende el fuego o una estufa se transmite sin contacto, pero podemos sentir el calentamiento a una cierta distancia.

- **Convección:** el calor es transportado por un fluido que se calienta y se desplaza hasta tocar el otro cuerpo. Por ejemplo, el secador de pelo, o una estufa tipo convector.

En climatización se utiliza principalmente el sistema de convección, ya que normalmente se utilizan fluidos en casi todos los equipos.

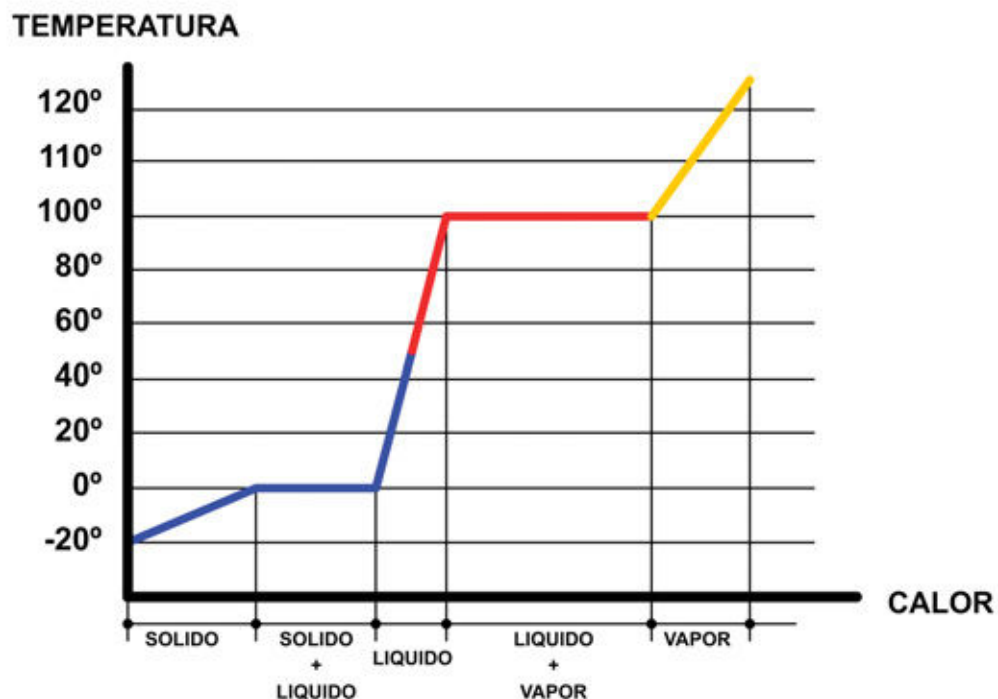
2.2. Calor latente

Para hacer hervir agua es necesario aportar mucho calor. Podemos comprobarlo en casa, colocando un cazo con agua al fuego, y muy pronto vemos cómo elevamos su temperatura hasta el punto de ebullición (100°C); pero cuando se pone a hervir, precisa mucho tiempo para evaporarse totalmente, y además, mientras hierve, la temperatura se mantiene en 100°C , por mucho o poco fuego que le proporcionemos.

Este fenómeno aparece cuando un cuerpo **cambia de estado** (líquido, sólido o vapor).

Cuando el agua pasa de líquido a vapor precisa una cantidad grande de energía que denominamos calor latente de vaporización, que en el caso del agua es de 540 Kcal por cada kg que se evapora. Es decir, para elevar el agua de 0 a 100°C , precisamos 100 kcal/kg, y para que cada kg de agua se evapora, 540 Kcal. Kcal.

Gráfico temperatura- calor absorbido- cambio de estado



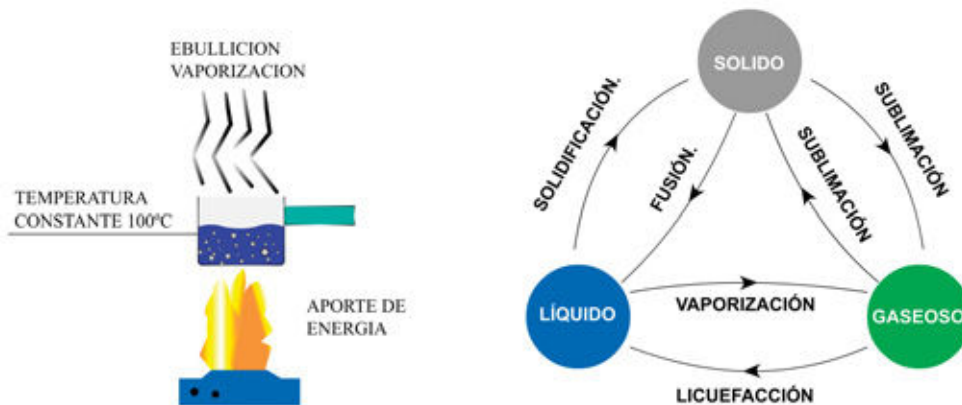
Por otra parte, para que el vapor de agua pase a líquido, es decir se **condense**, libera la misma cantidad de energía (540 Kcal/kg). El vapor de agua caliente mucho al condensarse (podemos apreciarlo cuando en una cafetería nos calientan un vaso de leche con vapor, cómo en unos segundos calientan la leche, mediante el calor latente del vapor de agua).

El calor latente lo calculamos con la fórmula:

$$Q_L \text{ [Kcal]} = M \text{ [Kg]} \times C_L \text{ [Kcal/Kg]}$$

C_L es el factor de calor latente, en Kcal/kg.

Cada material tiene un factor de calor latente propio. Otro factor latente es el de solidificación/fusión; es decir, para pasar de fase líquida a sólida y viceversa (agua/hielo), que es distinto del de vaporización.



Posibles cambios de estado

2.3. Calor sensible

Calor sensible es el que toman o ceden los cuerpos para cambiar su temperatura.

Cuando un cuerpo cambia de temperatura, la cantidad de calor que ha tomado o perdido se calcula con la ecuación:

$$Q_s \text{ [Kcal]} = M \text{ [Kg]} \times C_e \text{ [Kcal/Kg.}^{\circ}\text{C]} \times (t_2 - t_1) [^{\circ}\text{C}]$$

Siendo:

Q = calor en Kcal.

M = masa en kg

C_e = Calor específico en kcal/kg/°C

$t_2 - t_1$ = Temperaturas inicial, final en °C

El factor C_e es un factor que depende de cada material.

Valores de C_e : Agua = 1; Aire= 0,24; Aceite= 0,29; Acero= 0,12.

3. LA POTENCIA CALORÍFICA

La potencia sabemos que es la cantidad de energía que se transmite por unidad de tiempo.

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Energía}}{\text{Tiempo}}$$

La potencia de una máquina nos indica su capacidad para producir trabajo. Si una máquina es más potente que otra, realiza el mismo trabajo en menos tiempo.

Por ejemplo: para ir de casa al colegio hace falta una cantidad de energía. Si tenemos dos motos, una más potente que otra, ¿con cuál llegaremos antes?

La moto de más potencia realiza el mismo trabajo (la energía) en menos tiempo.

La potencia en el sistema internacional se mide en Watios.

$$1 \text{ Watio} = \frac{1 \text{ Julio}}{1 \text{ Segundo}}$$

La energía calorífica se puede medir en Watios o en Kilocalorías/hora.

La Kcal/h es la potencia de una máquina capaz de mover 1.000 calorías durante una hora de trabajo. Es la unidad más frecuente en climatización, aunque en la actualidad se tiende a utilizar cada vez más el Watio, por unificar todas las unidades al sistema internacional.

Por ejemplo: calcular la potencia de una llama capaz de calentar un recipiente de 100 L de agua de 20 a 60° en 2 horas:

Energía necesaria: $M \times C_e \times (t_2 - t_1) = 100 \times 1 \times (60 - 20) = 4.000 \text{ Kcal}$.

Potencia = Energía / tiempo = $4.000 \text{ Kcal} / 2 \text{ horas} = 2.000 \text{ kcal/h}$

La conversión más frecuente que realizaremos durante el curso es la de pasar de Kcal/hora a Watios y viceversa, ya que hay numerosos catálogos

y hojas de características que utilizan indistintamente Watios y Kcal/h, y debemos saber realizar la conversión sin consultar.

$$1 \text{ Watio} = 0,86 \text{ Kcal/hora}$$

$$1 \text{ Kcal/hora} = 1,16 \text{ Watios}$$

Para pasar de Kcal/h a W, multiplicamos por 1,16.

Para pasar de W a Kcal/h multiplicamos por 0,86.

Recuerda que una misma potencia expresada en Watios es un valor superior al de Kcal/h. 3000 Kcal/h = 3.480 Watios.

Otra unidad utilizada ampliamente es el BTU/hora, que es mayor que la Kcal/h. Si:

$$1 \text{ BTU} = 253 \text{ Kcal.}$$

$$1 \text{ BTU/h} = 253 \text{ Kcal/h}$$

Muchos modelos de climatizadores utilizan las siglas ..12.. para referirse a un equipo de 3.000 Kcal/h de potencia (12 BTU/h).

Los valores de potencias en equipos climatizadores más encontrados en el mercado son los de la tabla siguiente:

BTU/h	Kcal/h
7	1900
9	2200
12	3000
18	4500
24	6000
32	8000
36	9000
40	10000
48	12000

Del mismo modo, las necesidades de calor o frío de un local, es decir la potencia necesaria para climatizarlo, se expresan en W o Kcal/h.

Esta conversión W a Kcal/h es fundamental para la práctica diaria en climatización, y por ello deberemos memorizarla.

4. RENDIMIENTO

El rendimiento es la relación entre la potencia útil o aprovechable por nosotros, y la que absorbe la máquina.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Potencia Util.}}{\text{Potencia Absorbida por la máquina}}$$

El rendimiento se simboliza con la letra μ (mu), y nos indica el tanto por ciento de energía que se aprovecha, es decir no indica si la máquina es adecuada al trabajo que realiza.

El rendimiento es un valor entre 0 y 1. Una máquina muy eficiente tiene un rendimiento cercano a 1 (por ejemplo $\mu = 0,95$). Una máquina poco eficiente tiene un rendimiento bajo ($\mu = 0,4$).

El rendimiento se indica a veces en tanto por ciento, que lo mismo que en rendimiento simplemente multiplicado por 100.

Por ejemplo: si una caldera rinde 30.000 W de potencia, y consume 34.000 W de energía eléctrica, su rendimiento será de: $30.000 / 34.000 = 0,88$ ó del 88%

Por ejemplo, si para ir al colegio utilizamos un camión, tendremos un rendimiento inferior que si vamos con un ciclomotor, pues el camión consume más combustible que el ciclomotor para el mismo trayecto.

En equipos de climatización la potencia calorífica útil es mayor que la eléctrica suministrada al equipo, ya que a la potencia útil se le suma la energía tomada del exterior. A este rendimiento se le denomina **Coficiente de prestaciones COP**, y su valor suele oscilar entre 2 y 4.

5. PRESIÓN

La presión es la relación entre una fuerza y la superficie de aplicación de la misma.

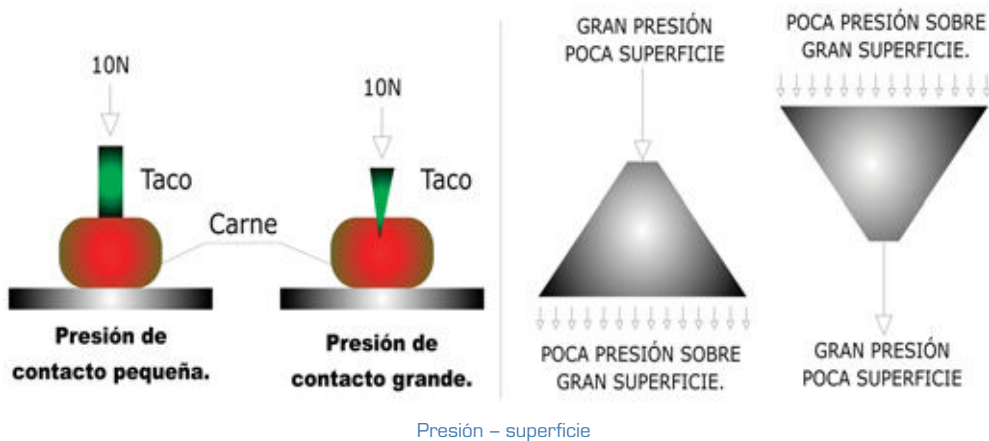
$$\text{Presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Superficie}}$$

Si apretamos un taco de acero contra un trozo de carne, ésta se apretará un poco, pero si la apretamos con un cuchillo, con la misma fuerza, la partiremos.

Siendo la fuerza la misma, en el segundo caso la presión que recibe la carne es mucho mayor, dado que la superficie de contacto es muy pequeña.

$$\text{Presión} = 10 \text{ N} / 0,000005 \text{ m}^2 = 2.000.000 \text{ N/m}^2$$

Podemos imaginar la presión como el sufrimiento del material debido a las fuerzas que se le aplican. Si la presión es muy grande, el material puede deformarse o romperse. Si la presión es pequeña, resiste sin deformarse.



Presión – superficie

Por el mismo concepto, si tenemos una presión pequeña, pero la superficie es grande, la fuerza resultante puede ser muy peligrosa.

El concepto de presión es muy importante en Climatización, y las unidades son muy variadas, pero utilizaremos normalmente las siguientes:

- Pascal = 1 Newton / metro cuadrado. Símbolo Pa.
- Kp/cm² (o kg/cm²) = Kilopondio / centímetro cuadrado.

- Metro de columna de agua m.c.a.
- Milímetro de columna de agua mm.c.a.
- Milímetros de mercurio mm.hg.
- Bar y milibar = 0,001 Bar.



Puente de manómetros

En la práctica habitual, para cuando no se necesita mucha precisión, es muy corriente realizar la simplificación siguiente:

- 1 $\text{kp/cm}^2 = 1 \text{ Atmósfera} = 1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$
- 1 $\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ m.c.a.}$

En la tabla siguiente se pueden encontrar las equivalencias exactas entre las unidades de presión mencionadas.

	Kpa.	Kg/cm ²	m.c.a.	Psi.	mm.hg	Atm.
Kpa.	—	0,0102	0,00102	0,149	7,36	0,00987
kg/cm ²	102	—	10	14,7	736	0,968
m.c.a.	98,1	0,1	—	1,49	73,6	0,0968
Psi.	6,8	0,068	0,68	—	50	14,7
mm.hg	0,133	0,00136	0,00136	0,0199	—	760
Atm.	101,3	1,033	10,33	15,18	736	—

Unidades de presión Anglosajonas

En equipos fabricados en países anglosajones se utilizan otras unidades de presión, de manera que deberemos saber la conversión a unidades del sistema internacional para poder realizar de forma conveniente su mantenimiento.

Libras por pulgada cuadrada o PSI. Muchos manómetros o instrucciones de equipos indican las presiones en psi.

1 Libra = aproximadamente 0,5 kg.

1 Pulgada = 25,4 mm.

1 $\text{kp}/\text{cm}^2 = 14,7 \text{ psi}$.

Es preciso memorizar las conversiones prácticas siguientes:

Para pasar de psi a kp/cm^2 debemos de dividir por 15.

Para pasar de KPa a kp/cm^2 o bar, dividimos por 100.

1 kg/cm^2 equivale a 10 m.c.a.

1 Pulgada = 25,4 mm.

En resumen:

La presión de los equipos frigoríficos se suele expresar en KPa ó kp/cm^2 .

La presión de ventiladores o conductos de aire en mm.c.a. ó mbares.

La presión en tuberías de agua en Bar ó kg/cm^2 .

El aparato que mide la presión se denomina **Manómetro**, y suele ser una esfera parecida a los termómetros. Tiene un tubo muy fino que conecta con el recipiente cuya presión queremos medir. La presión empuja un fuelle, que está conectado con la aguja indicadora.

También hay manómetros con indicación digital.

6. EL VACÍO

El concepto de vacío es también fundamental en los equipos frigoríficos.

Por vacío se entiende presiones inferiores a la atmosférica, que es de 1.013 mbar o 760 mm.hg

Significa que extraemos la casi totalidad del aire de un recipiente, aunque es imposible sacar todo el aire por completo.

El vacío se mide de varias formas:

- En milímetros de mercurio (mm.hg), de 0 a 760.
- En milibares, de 0 a 1000.
- Psi de vacío de 0 a 30. (cada psi de vacío vale la mitad).

Los manómetros suelen medir presiones relativas, es decir el cero es la presión atmosférica, pero algunos indican presiones absolutas, siendo 1 la presión atmosférica; por ello hay que tener cuidado con las sus indicaciones, pues nos puede llevar a errores de 1 bar.

En las instalaciones frigoríficas se deben mantener siempre presiones superiores a la atmosférica, para evitar la entrada del aire ambiente en el circuito y evitar su contaminación.

El aparato que mide el vacío también se le denomina **Vacuómetro**. Y es un manómetro con la escala de 0 a 1 atm.



Vacuómetro



Bomba de vacío

Para realizar el vacío en una instalación ésta debe estar completamente cerrada, y conectarle una bomba de vacío, que es un aparato que aspira todos los gases del interior del circuito.

7. EL CAUDAL

El caudal nos indica el volumen de un fluido que circula por unidad de tiempo, es decir la cantidad de líquido o de gas que está pasando por un conducto o tubería.

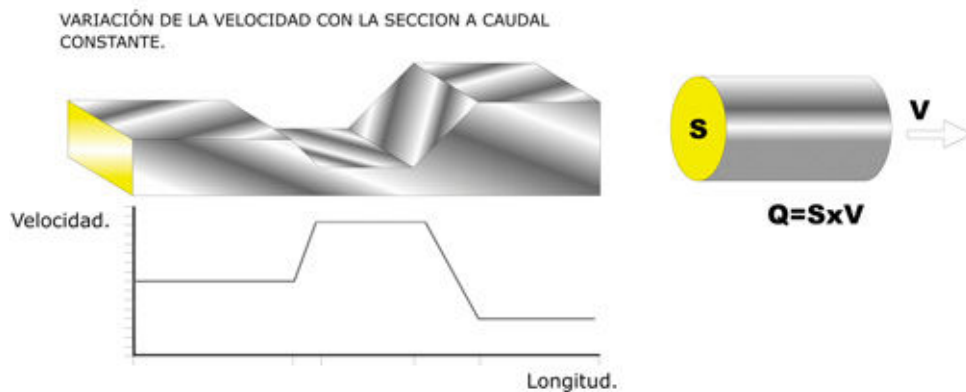
El caudal de un líquido o gas se mide normalmente en Litros por segundo (L/s), o metros cúbicos por hora (m³/h).

Vemos que es la relación entre un volumen y el tiempo:

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}}$$

Muchas veces no conocemos el volumen, pero sí sabemos la velocidad del fluido y la sección (área) del conducto, y entonces podemos calcular el caudal mediante la fórmula:

$$\text{Caudal} = \text{Sección interior} \times \text{Velocidad del fluido}$$



Velocidad en conductos de aire

La sección de un conducto es su superficie interior, perpendicular al sentido de circulación, que medimos en m² ó cm². Recordemos que para pasar de cm² a m² debemos de dividir por 10.000.

Por ejemplo:

Calcular el caudal de agua que circula por una tubería de 20 cm de diámetro, sabiendo que la velocidad del agua es de 2 m/s:

Sección del tubo de 0,2 m de diámetro.

$$S = \pi \times D^2 / 4 = 3,14 \times 0,2^2 / 4 = 0,0315 \text{ m}^2$$

El caudal será:

$$Q = S \times V = 0,0315 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m/s} = 0,06 \text{ m}^3/\text{s} = 60 \text{ L/s}.$$

Para medir el caudal se utilizan aparatos denominados **caudalímetros**. El contador de agua y gas de nuestra vivienda es un caudalímetro, ya que nos indica el volumen de agua o gas que hemos consumido.

Pero en Climatización generalmente no podemos medir el directamente el caudal de una tubería o conducto de aire, sino que medimos la velocidad del fluido, la sección interior del conducto, y calculamos el caudal circulante mediante la fórmula anterior.

La velocidad de circulación de un gas la medimos con un **anemómetro**, y la de un líquido con un molinete o Venturi, normalmente en metros/segundo (los metros que recorre en un segundo).

Hay que tener cuidado con las unidades:

$$\begin{aligned} Q [\text{m}^3/\text{s}] &= V [\text{m/s}] \times S [\text{m}^2] \\ Q [\text{m}^3/\text{h}] &= V [\text{m/s}] \times S [\text{m}^2] \times 3.600 \end{aligned}$$

Para pasar de L/s a m³/h se utiliza:

$$Q [\text{m}^3/\text{h}] = Q [\text{L/s}] \times 3.600/1.000$$

$$1 \text{ L/s} = 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Fórmulas para calcular las secciones usuales de conducciones

Área

Para calcular **secciones circulares** de tuberías utilizamos la expresión:

$$\text{Sección} = \pi \times \frac{D^2}{4}$$

Siendo D = diámetro interior.

Para **secciones rectangulares**:

$$\text{Sección} = A \times B$$

Siendo A y B = lados interiores.

También podemos calcular el caudal que circula por un conducto mediante tablas conociendo el diámetro y la velocidad. (Ver tabla al final del tema)

Perímetro

Es la longitud total del contorno de un conducto:

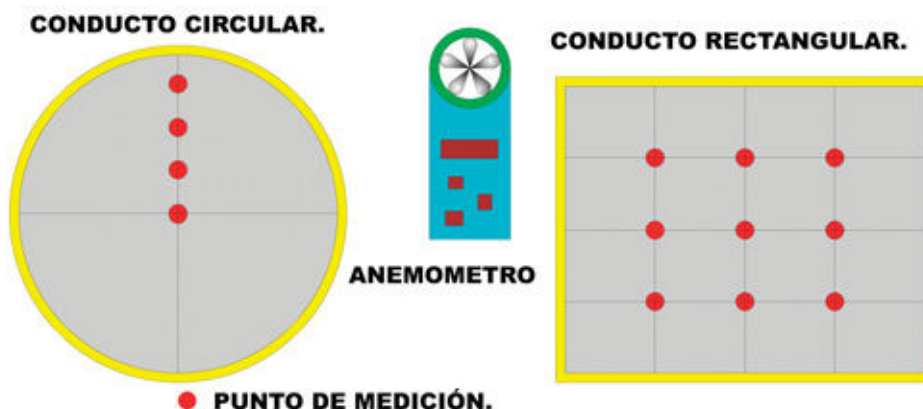
Para conductos circulares: $P = \pi \times D$

Para conductos rectangulares: $P = 2 \times (A + B)$

Medida de velocidades en conductos

Para tomar medidas de caudal debemos proceder de la forma siguiente:

- En conductos circulares, tomar cuatro medidas: centro, 1/4 del radio, 1/2 del radio, 3/4 del radio.
- En conductos rectangulares tomar al menos 6 medidas, tres arriba y tres abajo.
- En rejilla medir la velocidad a unos 10 cm de la boca en 4 puntos distintos.
- En difusores circulares, tomar la lectura tocando el difusor en cada anillo.



Medición de velocidad

En medidas de flujo horizontal de aire, colocarse a un lado, y mantener el molinete más elevado que la mano, y en medidas de flujo vertical, colocar el molinete horizontal, de forma que la mano, o nuestro cuerpo, no perturbe el flujo de aire y modifique la medición. En todos los casos, sacar la media aritmética de todas las mediciones.

$$X_{\text{medio}} = (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n) / n$$

8. MAGNITUDES ELÉCTRICAS

Las magnitudes eléctricas mínimas que hay que conocer para las instalaciones de Climatización son las siguientes:

- **Tensión**, también llamada Voltaje, que es la diferencia de potencial entre dos conductores. Se mide en Voltios. El aparato de medida se denomina voltímetro. Para medir lo conectaremos a dos conductores del circuito.
- **Intensidad aparente**, o cantidad de corriente que circula. Se mide en amperios. El aparato se llama amperímetro (pinzas amperimétricas). Se suele medir haciendo pasar el conductor por dentro de la pinza.
- **Tipo de corriente**: continúa o alterna. Monofásica o trifásica.

La tensión eficaz usual en la red de distribución europea es de 400 Voltios entre fases, y 230 entre fase y neutro.

- **Factor de potencia o $\cos \varphi$** : nos indica la parte de intensidad activa del total medido o aparente que utiliza el motor. Su valor suele ser entre 0,8 y 0,9.
- **Potencia eléctrica**: se mide en Watios o Kilowatios (1.000 Watios).

Para calcular la potencia absorbida por un receptor se utiliza la fórmula:

$$\text{Watios} = V \text{ (tensión en voltios)} \times I \text{ (intensidad en Amperios)} \times \cos \varphi$$

Si el receptor es trifásico:

$$\text{Watios} = V \text{ (entre fases)} \times I \text{ (Amp)} \times \sqrt{3} \times \cos \varphi$$

8.1. Placas de características de motores y equipos

Todos los receptores eléctricos llevan una placa donde se indica el tipo de corriente que precisa, la tensión e intensidad nominal y máxima.

Clase II, 400V 50Hz
3.750 W
$I_n = 6,77 \text{ A}$, $\cos \varphi 0,85$

En motores antiguos se indicaba la potencia en caballos (CV o HP). Recordemos que un CV son 736 Watios:

1 CV = 736 Watios

1 CV = 0,736 KW

Los motores hasta 2 KW suelen ser monofásicos, a partir de esta potencia suelen ser trifásicos.

En circuitos de control de los equipos de climatización es frecuente utilizar corriente continua a 12 ó 24 Voltios, que se consigue mediante un pequeño transformador de tensión. Hay que tener precaución de no conectar la tensión de línea a conductores de control, pues suele quemarse la placa electrónica del equipo.

8.2. Conexión de equipos a la red de alimentación

Se llama “Línea” o “Alimentación eléctrica” al conjunto de conductores que suministra corriente desde la red a una máquina eléctrica o receptor.

Las líneas usuales en instalaciones pueden ser:

Monofásicas

Tensión 230 V.

Frecuencia: 50 Hz.

Conductores:

1 de Fase, color normalmente **marrón**. Símbolo “L” (Line).

1 de neutro, color **azul**. Símbolo “N” (Neutral).

1 de protección denominado “Tierra”, color **verde-amarillo**. Símbolo “T” o “G”.

Trifásicas

Tensión 400 V. (En grandes potencias 700 o 1000 V).

Frecuencia: 50 Hz.

Conductores:

3 de Fase, colores **marrón**, **gris** y **negro**. Símbolo R, S y T.

1 de neutro, color **azul**. Símbolo N.

1 de protección denominado “Tierra”, color **verde-amarillo**. Símbolo “T” o “G”.

Para conectar un receptor monofásico 230V a una línea trifásica 400V, deberemos conectar:

Neutro con neutro (color azul).

Fase con una de las fases de línea (marrón, gris o negro).

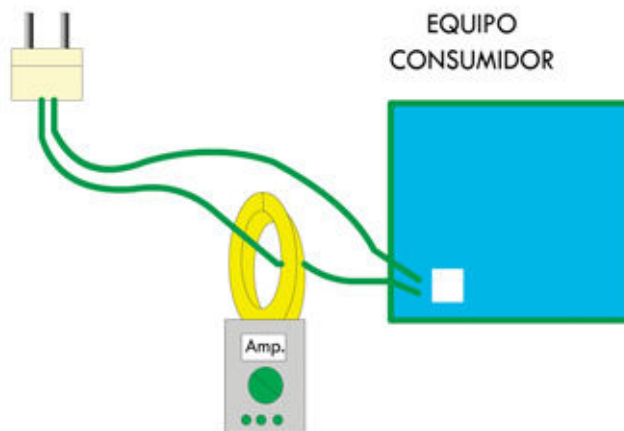
Si conectamos un receptor a una tensión mayor de la de diseño, es decir 400V donde se precisan 230V, con toda seguridad resultará dañado.

8.3. Medidas eléctricas

La tensión compuesta de la red la medimos con un voltímetro pinchando con las dos puntas dos conductores activos de la misma.

La intensidad la medimos con un Amperímetro, normalmente de pinza toroidal, separando uno de los conductores y midiendo:

- En líneas monofásicas la fase o el neutro.
- En líneas trifásicas, una de las fases.



Medición de la intensidad de corriente

8.4. Líneas de alimentación a equipos

Para conectar equipos climatizadores a una red eléctrica, deberemos dimensionar el conductor para que soporte la intensidad máxima del equipo.

La tabla siguiente nos indica el conductor mínimo a seleccionar según nos indica el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, según el tipo de colocación, y el número de cables.

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR								
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR								
B		Conductores aislados en tubos ¹⁾ en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
B2		Cables multiconductores en tubos ¹⁾ en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ¹⁾			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
E		Cables multiconductores al aire libre ²⁾ . Distancia a la pared no inferior a 0,1D ³⁾					3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁴⁾ . Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾					3x PVC			3x XLPE o EPR ¹⁾				
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁵⁾							3x PVC ⁶⁾		3x XLPE o EPR			
			mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre			1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
			2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
			4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
			6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
			10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
			16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
			25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
			35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
			50			103	117	125	133	145	159	175	188	250
			70				149	160	171	188	202	224	244	321
			95				189	194	207	230	245	271	296	391
			120				238	225	240	267	284	314	348	455
			150				296	276	290	319	338	383	404	525
			185				368	347	361	391	410	455	484	601
			240				484	453	467	507	526	581	610	741
			300				600	569	583	623	642	707	736	881

La tabla siguiente resume la anterior para conductores trifásicos de PVC o PE de 0,7 kV, montaje bajo tubo aislante empotrado en pared o suelo (columna 2). Este conductor es el adecuado para realizar líneas bajo tubo a equipos de climatización en interior de edificios.

Sección conductor en mm ²	Intensidad máxima A.	Sección conductor en mm ²	Intensidad máxima A.
1,5	11,5	50	94
2,5	16	95	100
4	21	120	125
6	27	150	150
10	37		
16	49		
25	64		
35	77		

RESUMEN

En la presente unidad hemos repasado los conceptos previos necesarios para afrontar el estudio de este modulo. La comprensión y el repaso de los mismos nos servirán como base de partida.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN

Unidades de temperatura

1. ¿Cuántos ° C son 512° F?
2. ¿Cuántos ° F son 250° C?
3. Pasa 465° K a ° C y a ° F

Unidades de calor, energía y potencia

4. Un aparato de climatización tiene una potencia de 23.000 Kcal/h. ¿Cuántos KW son?
5. El modelo de un climatizador es GW18. ¿Cuántas frigorías tendrá?
6. Un depósito de agua de 2000 L se llena con agua del grifo a 15°C. Para calentarlo a 95°C, ¿cuántas kcal se precisan? Si esto queremos que se realice en 3,5 horas, ¿de qué potencia será el calentador? Calcularlo en Kcal/h y en Watios.

Unidades de presión

7. Una bomba eleva el agua a 20 m de alto. ¿Qué presión en bar marcará el manómetro de la bomba? ¿Y si está en kPa?
8. Un ventilador debe impulsar aire con una presión de 125 mm.c.a, ¿Cuánto es en kPa? ¿Y en mm.Hg?
9. Un pilar de una nave industrial se apoya una placa de acero de 20 x 20 cm. Si el pilar soporta una carga de 40 toneladas, ¿qué presión en kg/cm² soporta la placa? ¿Y en kPa?
10. Un compresor aspira gas de un circuito cerrado para producir vacío, y el manómetro marca 750 milibares. Si la presión atmosférica ese día es de 770 mm.hg, ¿qué presión está venciendo en m.Hg.? ¿Y en Kpa).

Caudal

11. Un ventilador impulsa 400 m³/h a un local. ¿Cuántos L/s son? Si colocamos dos ventiladores en paralelo, ¿cuántos l/s impulsarán en total?
12. Por un conducto de 30 x 60 cm interiores, circula aire a una velocidad de 1 m/s. Calcula el caudal en m³/h y L/s.
13. Tenemos un conducto circular de 60 cm de diámetro. Si circulamos aire por su interior a 6 m/s, ¿qué caudal pasará en m³/h?
14. Una rejilla de aire mide 1 m x 2. Si tiene que pasar 10.000 m³/h. ¿A qué velocidad en m/s atravesará el aire la rejilla?

Electricidad

15. Un motor monofásico consume 6 Amperios. Si la tensión es de 230 V, ¿qué potencia en Watios absorbe? ¿Y en caballos? Suponer $\cos \varphi = 0,8$.
16. La potencia de un motor eléctrico es de 10 CV, con $\cos \varphi = 0,85$, y conectado a una red de 400 V trifásica, ¿qué intensidad de la línea será la normal?
17. Un equipo climatizador tiene una regleta de conexión que indica: con tres fichas rotuladas con L N E\$. ¿Es un equipo trifásico o monofásico? ¿Cuál será su tensión de alimentación, 230 ó 400 V?

LABORATORIO

1. Medir temperaturas de:

- **Interior aula** en: cerca de las paredes, centro del aula, a 0,3 m del suelo, a 1 m, a 2 m. Sacar la media.
- **Exterior aula**. Patio a la sombra, al sol.
- **Aparatos**. Radiadores del aula, una estufa

2. Medir temperaturas de un equipo climatizador funcionando, entradas y salidas de aire. Medir en varios puntos y calcular la media.

3. Medir la velocidad de salida de aire con un anemómetro en varios puntos de un equipo climatizador.

- Medir y calcular la sección del conducto o rejilla de salida del aire.
- Calcular el caudal de salida en m³/h.

4 Cálculo del COP aproximado de un equipo climatizador

En un equipo climatizador de tipo ventana o compacto se deberán tomar los datos siguientes:

- A) Localizar la placa de características del equipo e identificar en ella los datos siguientes: Tensión, Intensidad Nominal, Cos φ , Potencia en W.
- B) Medir la tensión de la red de alimentación, y con una pinza amperimétrica la intensidad aparente.
- C) Temperatura de entrada del aire.
- D) Temperatura de salida del aire.
- E) Velocidad de salida del aire.
- F) Sección de salida del aire

Pasos:

- 1º Calcular la potencia absorbida por el equipo con las medidas eléctricas.
- 2º Calcular el caudal en m³/h.
- 3º Calcular la potencia térmica con:
$$P \text{ (Kcal/h)} = Q(\text{m}^3/\text{h}) \times 1,2 \text{ (densidad aire)} \times 0,24 \text{ (Ce aire)} \times (T_2 - T_1)$$
- 4º Pasar todas las unidades a Watios y calcular el COP.

Otras prácticas

- Medir Presiones en tubería de agua. Cambiar de unidades Bar, PA, mmHg.
- Medir presiones en equipo frigorífico. Medir vacío.

Ejecución de las prácticas

Las medidas deberán realizarse con un termómetro con sonda, evitando que el alumno interfiera con su cuerpo la medida.

Al finalizar cada práctica se redactará una Memoria conteniendo los apartados siguientes:

1. Objetivo de la práctica.
2. Proceso a seguir.
3. Instrumentos y materiales utilizados, cantidad, coste.
4. Resultados.
5. Conclusión: Valoración, dificultades encontradas.