

## TEMA 2: RESISTENCIA ELÉCTRICA

### 1.- Resistencia eléctrica

Como vimos en el tema anterior es la resistencia eléctrica es una de las tres magnitudes que se necesitan para poder medir la electricidad y se puede definir:

*“La resistencia eléctrica es la mayor o menor oposición que presenta un cuerpo al paso de la corriente eléctrica.”*

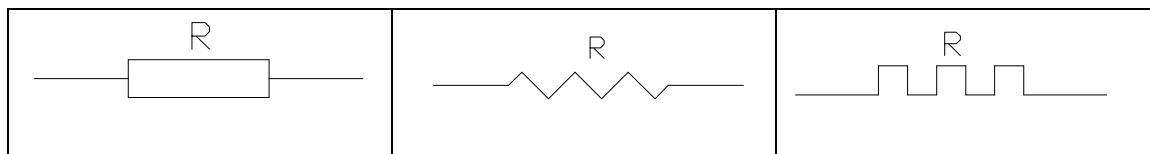
Todo cuerpo se opone al paso de la corriente eléctrica, esto es, los electrones rozan con los átomos del material por el cual circulan. Cuanto menos rozamiento exista entre los electrones y los átomos, menor será la resistencia.

La unidad que se utiliza para medir la resistencia eléctrica es el ohmio y se representa por la letra griega omega  $\Omega$  y se representa con la letra **R**.

Teniendo en cuenta el anexo 1 del tema anterior, las unidades que vamos a utilizar para la resistencia eléctrica son:

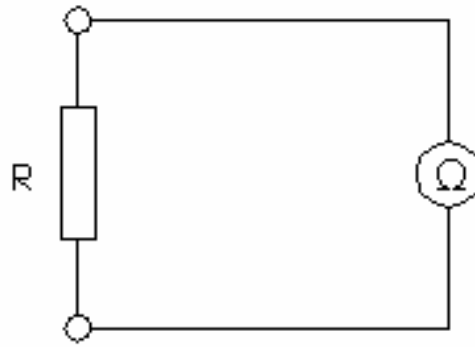
FACTOR	NOMBRE DEL PREFIJO	SÍMBOLO DEL PREFIJO
$1.000.000 \Omega = 10^6 \Omega$	Mega ohmio	M $\Omega$
$1.000 \Omega = 10^3 \Omega$	Kilo ohmio	K $\Omega$
1 $\Omega$	ohmio	$\Omega$
$0,001 \Omega = 10^{-3}$	Mili ohmio	m $\Omega$

Los símbolos más utilizados para representar la resistencia eléctrica son:



### 2.- Medida de la resistencia eléctrica

La resistencia eléctrica también se puede medir. Se utiliza un aparato llamado óhmetro. Para medir la resistencia de un material, solo hay que conectar los extremos el óhmetro al material.



**NOTA: Nunca medir resistencia de un material cuando esté conectado a una tensión o conectado con otros elementos.**

### Ejercicio 1

Realiza los cambios de unidades siguientes:

1.500Ω =	KΩ
0,25MΩ =	Ω
2.752mΩ =	Ω
32.000 KΩ =	MΩ
0,000.015 MΩ =	Ω
12Ω =	mΩ

## 2. La ley de Ohm

Hasta ahora hemos estudiado tres magnitudes eléctricas: intensidad de corriente, tensión y resistencia. El físico Ohm fue capaz de relacionar las tres magnitudes y definió la ley de Ohm: *“la intensidad de corriente que recorre un circuito eléctrico es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica”*

$$I = \frac{V}{R}$$

$I$  = intensidad de corriente (A)  
 $V$  = tensión (V)  
 $R$  = resistencia eléctrica (Ω)

Siempre necesitaremos conocer dos datos de la ley de Ohm para calcular el tercero, por eso, despejando de la ley de Ohm, también podemos tener estas dos expresiones:

$$V = R \cdot I$$

$$R = \frac{V}{I}$$

### Ejercicio 2

Calcular la intensidad que circula por el filamento de una lámpara incandescente de 10 ohmios de resistencia, cuando está sometida a una tensión de 12 voltios.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12V}{10\Omega} = 1,2A$$

### Ejercicio 3

Se quiere determinar la resistencia eléctrica del filamento de una lámpara incandescente. Para ello, se somete a la lámpara a una tensión de 230V y mediante un amperímetro intercalado en serie, se mide el paso de una intensidad de corriente de 0,2A.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{230V}{0,2A} = 1.150\Omega$$

### Ejercicio 4

En condiciones desfavorables, es decir, con la piel húmeda, la resistencia del cuerpo humano es del orden de 2.500Ω. ¿Qué tensión será suficiente para provocar, en estas condiciones, el paso de una corriente peligrosa, de 30mA, por el cuerpo humano?

$$V = R \cdot I = 2.500\Omega \cdot 0,03A = 75V$$

### Ejercicio 5

Se sabe que una intensidad de corriente de 30mA puede ocasionar la muerte por fibrilación cardíaca. La resistencia eléctrica del cuerpo humano en condiciones normales suele ser del orden de 5.000 ohmios. Si una persona, por accidente, se pone en contacto con una red de 230V, ¿cuál será la corriente que atraviesa el cuerpo? ¿Existe algún peligro de muerte?

$$I = \frac{V}{R} = \frac{230V}{5.000\Omega} = 0,046A = 46mA$$

*Si existe peligro, ya que la intensidad que recorre el cuerpo es superior a 30mA*

### Ejercicio 6

Se dispone de una linterna que funciona con una pila de 1,5V, la lamparita tiene una resistencia de 50 ohmios. Calcular la intensidad del circuito.

### Ejercicio 7

Calcular la tensión de funcionamiento de un horno eléctrico que posee una resistencia de  $22\Omega$ , y que al ser conectado, se establece por él una intensidad de 5,7A.

### Ejercicio 8

¿Qué resistencia tiene una plancha eléctrica de 2A conectada a 230V?

## 3. Conductores y aislantes. Como se mueven los electrones

Como ya vimos anteriormente, los materiales están compuestos por átomos. Lo que se diferencian unos materiales de otros son el número de electrones que tienen.

Los electrones se distribuyen por órbitas alrededor del núcleo del átomo. Cada órbita puede tener un número máximo de electrones. Cuando una órbita está llena, se empieza la siguiente. El número de capas máxima son siete y cada una puede tener el siguiente número de electrones:

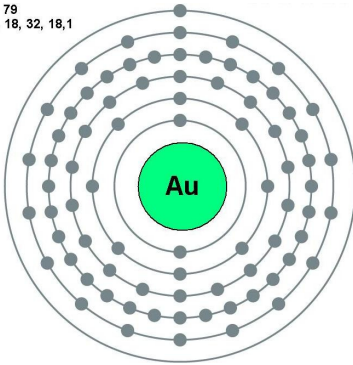
1ª órbita	2 e <sup>-</sup>
2ª órbita	8 e <sup>-</sup>
3ª órbita	18 e <sup>-</sup>
4ª órbita	32 e <sup>-</sup>
5ª órbita	32 e <sup>-</sup>
6ª órbita	18 e <sup>-</sup>
7ª órbita	8 e <sup>-</sup>

Los electrones se mueven porque tienen carga negativa y se ven atraídos por un potencial más positivo. Para poder desplazarse, lo que hacen es ir moviéndose de una órbita de un átomo a otra órbita del átomo más cercano. Cuando un electrón entra en la órbita de un átomo, el electrón que estaba en esa órbita sale disparado y buscará otra órbita donde poder entrar.

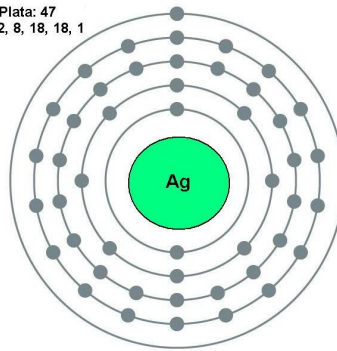
Los electrones que están más cercanos al núcleo o los que se encuentran en órbitas que están más de un electrón son muy difíciles de sacar de la órbita. De aquí podemos clasificar a los materiales según dejan pasar la electricidad, como conductores, aislantes y semiconductores.

- Conductores: son materiales que dejan pasar la electricidad. Los electrones van moviéndose de átomo en átomo, lo que hacen es saltar de la última órbita de un átomo al la última órbita del siguiente átomo, cuando el electrón entra en la órbita, expulsa al electrón que estaba allí y el que sale buscará otra órbita donde ir. Entre los materiales conductores podemos encontrar el oro, la plata, el cobre... Estas serían las estructuras atómicas de cada uno:

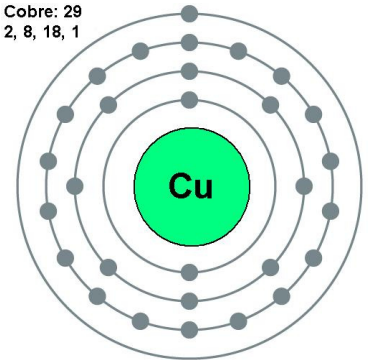
Oro: 79  
2, 8, 18, 32, 18, 1



Plata: 47  
2, 8, 18, 18, 1

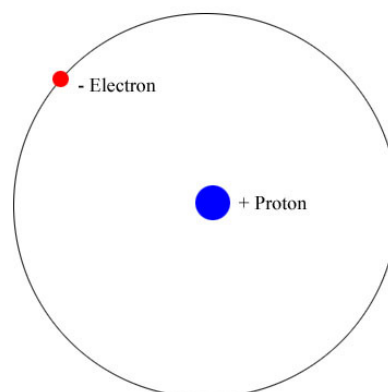


Cobre: 29  
2, 8, 18, 1



Los tres materiales son conductores pero el mejor conductor es el oro, después la plata y por último el cobre. Los tres elementos tienen un único electrón en la última órbita, por lo que será fácil poder sacarlo de ella, pero no el que tiene ese electrón más alejado del núcleo (en una órbita más exterior) será el mejor conductor.

- Aislantes: son materiales que no dejan pasar la electricidad. Tienen su última capa muy cercana al núcleo (pocas capas) o la última capa está con muchos electrones. Son materiales aislantes puros (no mezclados con ningún otro elemento): el azufre, el fósforo, el hidrógeno, el níquel...



Los materiales aislantes que se usan en electricidad son fabricados, como los plásticos para los cables, el vidrio y cerámica

- Semiconductores: son materiales que en principio son aislantes, pero bajo unas condiciones muy especiales se vuelven conductores. El más utilizado es el silicio.

**Tabla periódica**

Metales alcalinos y alcalino-térreos

No metales

1	H											2	He																						
3	Li	4	Be											5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne										
11	Na	12	Mg	3B	4B	5B	6B	7B	8B										1B	2B	13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar			
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
55	Cs	56	Ba	57	La	72	Hf	73	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir	78	Pt	79	Au	80	Hg	81	Tl	82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn
87	Li	88	Ra	89	Ac	104		105		106		107		108		109		110		111		112													

Serie de los lantánidos

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Td	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu

Serie de los actínidos

90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

#### 4. Resistencia de un conductor

La resistencia de un conductor es la mayor o menor oposición que presenta un cuerpo al paso de la corriente eléctrica.

Esto es muy importante para poder elegir el tipo de conductor que se va a utilizar en una instalación. Si se elige un muy buen conductor pero muy caro, la instalación tendrá pérdidas y si se elige un mal conductor y barato, la instalación tendrá muchas pérdidas eléctricas. El conductor más habitual que se usa para el cableado de las instalaciones es el cobre.

Para poder calcular la resistencia de los materiales se necesitamos conocer que es la resistividad:

*“La resistividad o resistencia específica de un material, es la resistencia característica que presenta un conductor de 1mm<sup>2</sup> de sección y 1 metro de longitud a una temperatura dada.”*

Se representa por la letra griega  $\rho$  y para cada material ya está medido cuanto vale su resistencia. En la siguiente tabla se muestran algunos materiales:

MATERIAL	SÍMBOLO	$\rho$ a 20°C ( $\Omega * mm^2 / m$ )
PLATA	Ag	0,0159
COBRE	Cu	0,0178
ALUMINIO	Al	0,028
ESTAÑO	Sn	0,12
HIERRO	Fe	0,13
PLOMO	Pb	0,21
MERCURIO	Hg	0,957
CARBÓN	Cu	63
MADERA		1013
BAQUELITA		1020
MICA		1021
VIDRIO		1021
PORCELANA		1024

La fórmula general para calcular la resistencia de cualquier tipo de material es:

$$R = \rho * \frac{L}{S}$$

$\rho$  = coeficiente de resistividad ( $\Omega * mm^2 / m$ )

$L$  = longitud del conductor (m)

$S$  = sección del conductor ( $mm^2$ )

$R$  = resistencia del conductor ( $\Omega$ )

### Ejercicio 9

¿Qué resistencia tendrá un conductor de cobre de 20 metros de longitud y  $1\text{mm}^2$  de sección?

$$R = \rho \frac{L}{S} = 0,0178 \frac{20}{1} = 0,34\Omega$$

### Ejercicio 10

¿Qué resistencia tendrá un conductor de aluminio de 20m de longitud y  $1\text{mm}^2$  de sección?

### Ejercicio 11

¿Qué sección poseerá un conductor de hierro de 12m de longitud, si se ha medido una resistencia entre sus terminales de  $6\Omega$ ?

### Ejercicio 12

Se desea medir la longitud de una bobina de cobre. Para no tener que desenrollar el conductor, se mide con óhmetro conectado a los extremos de la bobina una resistencia de  $1\Omega$ . Mediante un calibre medimos un diámetro de 0,5mm.

## 5. Influencia de la temperatura sobre la resistividad

Hay que tener muy en cuenta en las instalaciones eléctricas la temperatura que tienen que soportar porque pueden causar graves daños a los aparatos o al cableado. En concreto, la resistencia aumenta con la temperatura en los conductores metálicos. Este aumento depende del incremento de temperatura y de la materia de que esté constituido dicho conductor.

Con la siguiente expresión se puede calcular el valor que presentará un conductor cuando se aumenta la temperatura.

$$R_{t^{\circ}} = R_o(1 + \alpha\Delta t^{\circ})$$

$R_{t^{\circ}}$  = resistencia en caliente

$R_o$  = resistencia a temperatura inicial

$\alpha$  = coeficiente de temperatura

$\Delta t^{\circ}$  = elevación de temperatura en  $^{\circ}\text{C}$



El coeficiente de temperatura ( $\alpha$ ) es específico para cada material y en la tabla siguiente se puede ver el valor para algunos materiales.

MATERIAL	$\alpha$
Constatan	0,0001
Wolframio	0,0005
Oro	0,0035
Plata	0,0038
Aluminio	0,0038
Cobre	0,0040
Estaño	0,0044
Hierro	0,0600

Como se puede ver en la tabla, existen aleaciones, como el constantán, que apenas varían con los cambios de temperatura, lo que les hace muy buenos para la fabricación de resistencias en las que sea muy importante la estabilidad de su valor óhmico sea muy importante.

Un caso muy especial es la disminución de la temperatura, si se alcanzan cerca de los  $-273^{\circ}\text{C}$ , los conductores metálicos pueden a llegar a alcanzar la superconductividad, es decir, la ausencia de resistencia eléctrica.

### Ejercicio 13

Al medir la resistencia de una fase de un bobinado de cobre de un motor antes de haber funcionado (a la temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$ ), obteniendo un resultado de  $4\Omega$ . Determinar la resistencia que alcanzará cuando esté en funcionamiento a una temperatura de  $75^{\circ}\text{C}$ .

$$R_{75^{\circ}} = R_0(1 + \alpha\Delta t^{\circ}) = 4 \times (1 + 0,0040 \times 75) = 5,2\Omega$$

### Ejercicio 14

¿Cuál será el aumento de temperatura que experimenta una lámpara incandescente con filamento de wolframio, si al medir su resistencia a temperatura ambiente ( $20^{\circ}\text{C}$ ) obtuvimos un resultado de  $358\Omega$ , habiéndose calculado una resistencia en caliente de  $807\Omega$ ? ( $\Delta t^{\circ}=2.508^{\circ}\text{C}$ )

### Ejercicio 15

Determinar la corriente que aparecerá en la lámpara incandescente del ejercicio 8 al conectarla a 230V y en los siguientes casos: a) nada más conectarla, b) una vez encendida. ( $I=0,64\text{A}$ ;  $I=0,29\text{A}$ )

### Ejercicio 16

La resistencia a  $20^{\circ}\text{C}$  de una bobina de cobre es de  $5\Omega$ . Calcular la resistencia de la misma a  $80^{\circ}\text{C}$ .

### Ejercicio 17

Una resistencia ha aumentado  $1,05\Omega$  al incrementar su temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $t^{\circ}\text{C}$ . Determinar la resistencia final y la temperatura que alcanzó, si su coeficiente de temperatura es de 0,004 y la resistencia a  $0^{\circ}\text{C}$  es de  $65\Omega$

## 6. Rigidez dieléctrica

Es otra forma de poder medir la calidad de un material aislante. Se define como la tensión que es capaz de perforar un aislante y se expresa por la unidad kilovoltios por milímetro de espesor del aislante. Estos valores no son constantes y dependen de la humedad contenida en el aislante, de la temperatura, de la duración de la tensión aplicada, etc.

Si la tensión es capaz de perforar el aislante, la chispa que lo atraviesa suele provocar la destrucción del mismo, sobre todo si se trata de un material sólido, ya que las temperaturas que se alcanzan suelen ser muy grandes.

Es muy importante conocer cual es el valor de perforación que tiene cada aislante, para poder elegirlo bien al aislar una línea o cualquier aparato eléctrico, consiguiendo así evitar averías, cortocircuitos y accidentes a las personas que manipulan las instalaciones sometidas a tensiones peligrosas.

Estos son los valores de rigidez dieléctrica para algunos elementos:

AGUA	12,0 KV/mm
PAPEL	16,0 KV/mm
ACEITE MINERAL	4,0 KV/mm
CLORURO DE POLIVINILO	50,0 KV/mm
AIRE SECO	3,1 KV/mm
POLITILENO	16,0 KV/mm

En el “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión” se indican las tensiones que deberán soportar los aislantes de los conductores eléctricos con un margen de seguridad.

Los materiales que se usan para fabricar aislantes de conductores para instalaciones de baja tensión pueden ser:

- Policloruro de vinilo (PVC)
- Polietileno reticulado (XLPE)
- Etileno propileno (EPR)

## 7. Potencia eléctrica

En la vida cotidiana, interesa saber no sólo el trabajo que se pueda efectuar, sino también la rapidez con que se realiza, a esto se le llama potencia y se expresa con la siguiente fórmula:

$$Potencia = \frac{trabajo}{tiempo}$$

En electricidad vamos a usar la potencia eléctrica. En vez de hablar de trabajo, vamos a hablar de energía.

$$P = \frac{E}{t}$$

$P$  = potencia eléctrica (W, vatios)  
 $E$  = energía transformada (J, julios)  
 $t$  = tiempo (s, segundos)

Hablamos de energía transformada porque la ley de la conservación de la energía nos dice: *“la energía ni se crea ni se destruye, se transforma”*

### Ejercicio 18

Determinar la potencia que debe desarrollar un ascensor que pesa 500kg si para subir al 5º piso (a una distancia de 25m del suelo) emplea un tiempo de 50 segundos al moverse a una velocidad de 0,5m/s. Calcular también la energía consumida.

$$500kg \cdot 9,81 = 4.905Nw$$

$$E = F \cdot e = 4.905Nw \cdot 25m = 122.625J$$

$$P = \frac{E}{t} = \frac{122.625J}{50s} = 2.452,5W \cong 2,5K$$

La fuerza que impulsa un móvil es similar a la tensión que impulsa a moverse a los electrones por un circuito eléctrico. Por otra parte, la velocidad con que se mueve un móvil se puede comparar con la cantidad de electrones que fluyen en un circuito eléctrico en la unidad de tiempo, es decir de la intensidad de la corriente eléctrica. Según esto, la expresión de la potencia se expresa como: *“la potencia eléctrica es el producto de la tensión por la intensidad de la corriente”*

$$P = V \cdot I$$

$P$  = potencia eléctrica (W)

$V$  = tensión (V)

$I$  = intensidad de corriente (A)

### Ejercicio 19

En una habitación existe una base de enchufe de 16<sup>a</sup>. Se quiere determinar la potencia máxima del aparato eléctrico que se puede conectar al enchufe, teniendo en cuenta que la tensión es de 230V.

$$P = V \cdot I = 230V \cdot 16A = 3.680W$$

### Ejercicio 20

Calcular la potencia que consume un horno eléctrico si se conecta a una tensión de 230V y su resistencia es de 50Ω.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{230V}{50\Omega} = 4,6A$$

$$P = V \cdot I = 230V \cdot 4,6A = 1.058W$$

### Ejercicio 21

La potencia de una cocina eléctrica es de 3,5KW. Se quiere saber si será suficiente con una base de enchufe de 25A para conectarla a una red de 230V.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{3.500W}{230V} = 15,2A$$

*Como la base de enchufe soporta 25A, está claro que es suficiente para conectar la cocina.*

Uniendo la ley de Ohm con la potencia, se pueden sacar dos fórmulas más:

$$P = V \cdot I \xrightarrow{\quad} P = R \cdot I \cdot I = R \cdot I^2$$

$$V = R \cdot I \xrightarrow{\quad} \boxed{P = R \cdot I^2}$$

$$P = V \cdot I \xrightarrow{\quad} P = V \cdot \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R}$$

$$I = \frac{V}{R} \xrightarrow{\quad} \boxed{P = \frac{V^2}{R}}$$

### Ejercicio 22

La placa de características de una plancha eléctrica indica que su potencia es de 500W y su corriente nominal de 4A. Calcular el valor de la resistencia de caldeo.

$$V = \frac{P}{I} = \frac{500W}{4A} = 125V$$

$$R = \frac{P}{I^2} = \frac{500W}{(4A)^2} = 31,25\Omega$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{125V}{4A} = 31,25\Omega$$

### Ejercicio 23

Se dispone de una resistencia calefactora para un horno eléctrico de la que sólo se conoce su potencia (700W) y el valor óhmico de la misma (69Ω). ¿A qué tensión se podrá conectar el horno para que funcione correctamente?

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow V = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{700W \cdot 69\Omega} = 220V$$

### Ejercicio 24

Al conectar una lámpara a una toma de corriente de 100V se miden por el circuito 750mA. Determinar la potencia de la lámpara y su resistencia.

### Ejercicio 25

¿A qué tensión habrá que conectar una estufa de 750W si su resistencia es de 75Ω? ¿Cuál será la intensidad de la corriente?

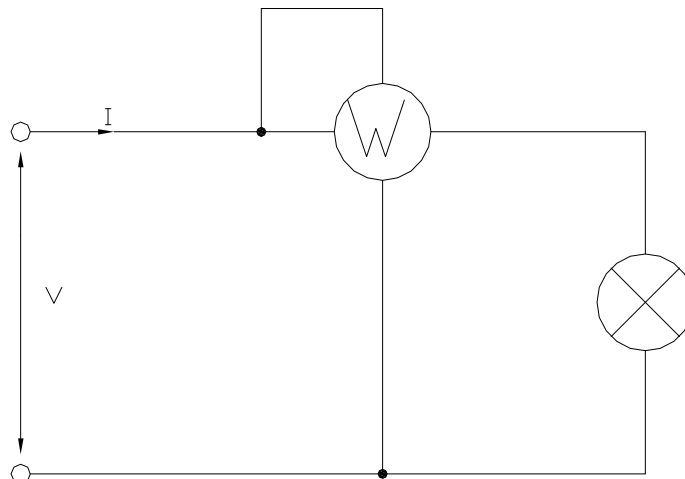
### Ejercicio 26

Un calentador de agua presenta en su placa de características los siguientes datos, 3KW/220V. Determinar: a) Intensidad de la corriente y resistencia, b) potencia, si se conecta ahora a 125V, considerando que la resistencia permanece constante.

## 6. Medida de la potencia eléctrica

El aparato que mide la potencia eléctrica es el vatímetro.

En realidad el vatímetro mide por separado la tensión y la intensidad de la corriente, para después realizar la operación internamente y multiplicar la tensión y la intensidad.



Este aparato consta de dos bobinas; una amperimétrica y otra voltimétrica. La bobina amperimétrica posee unas características similares a la de un amperímetro (tiene una resistencia muy baja y se conecta en serie). La bobina voltimétrica posee las mismas características que las de un voltímetro (tiene una resistencia muy alta y se conecta en paralelo)

## 8. Energía eléctrica

De la expresión que relaciona la energía con la potencia se deduce que la energía es el producto de la potencia por el tiempo. El cálculo de la energía eléctrica es muy importante porque se puede calcular el precio de la electricidad que se consume.

$$E = P \cdot t$$

$E$  =energía eléctrica (KW)

$P$  =potencia (KW)

$t$  =tiempo (h)

Si se quiere saber el gasto de la energía que se ha consumido, hay que conocer el precio del kWh y la energía consumida y aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Gasto} = E \cdot \text{preciokWh}$$

### Ejercicio 27

Calcular la energía en kWh consumidos por un calefactor de 500W en 8 horas de funcionamiento. Si el precio del kWh es de 0,06€, ¿cuánto ha gastado?

$$E = P \cdot t = 0,5kW \cdot 8h = 4kWh$$

$$\text{Gasto} = 4kWh \cdot 0,06 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 0,24\text{€}$$

### Ejercicio 28

¿Cuánto tiempo podemos tener conectado un televisor de 150W si deseamos gastar 1€ en energía, si el precio del kWh es de 0,06€?

$$E = \frac{\text{Gasto}}{0,06} = \frac{1\text{€}}{0,06} = 16,67kWh$$

$$t = \frac{E}{P} = \frac{16,67kWh}{0,15kW} = 111,13h$$

### Ejercicio 29

La placa de una cocina eléctrica indica que consume una potencia de 2,5kW a la tensión de 230V. Calcular: a) la intensidad de funcionamiento de la cocina; b) el valor de la resistencia; c) la energía eléctrica que consumirá (en kWh) en un mes, si funciona durante dos horas al día; d) el gasto si el precio del kWh es de 0,06€.

### Ejercicio 30

Para elevar agua de un pozo se instala una motobomba movida por un motor eléctrico de 2.200W a una red 380V, calcular: a) la intensidad de corriente; b) el gasto bimensual si el motor funciona por término medio 8 horas al día. El precio del kWh es de 0,06€.

## 9. Medida de la energía eléctrica

El aparato que mide la energía eléctrica consumida es el contador y es el que mide la energía consumida y dice cuanto hay que pagar a la compañía eléctrica.

El contador se conecta igual que un vatímetro y el más utilizado es el de inducción. Tiene un disco que va girando (más o menos rápido) según la energía consumida. Cada vuelta tiene un valor de energía consumida.