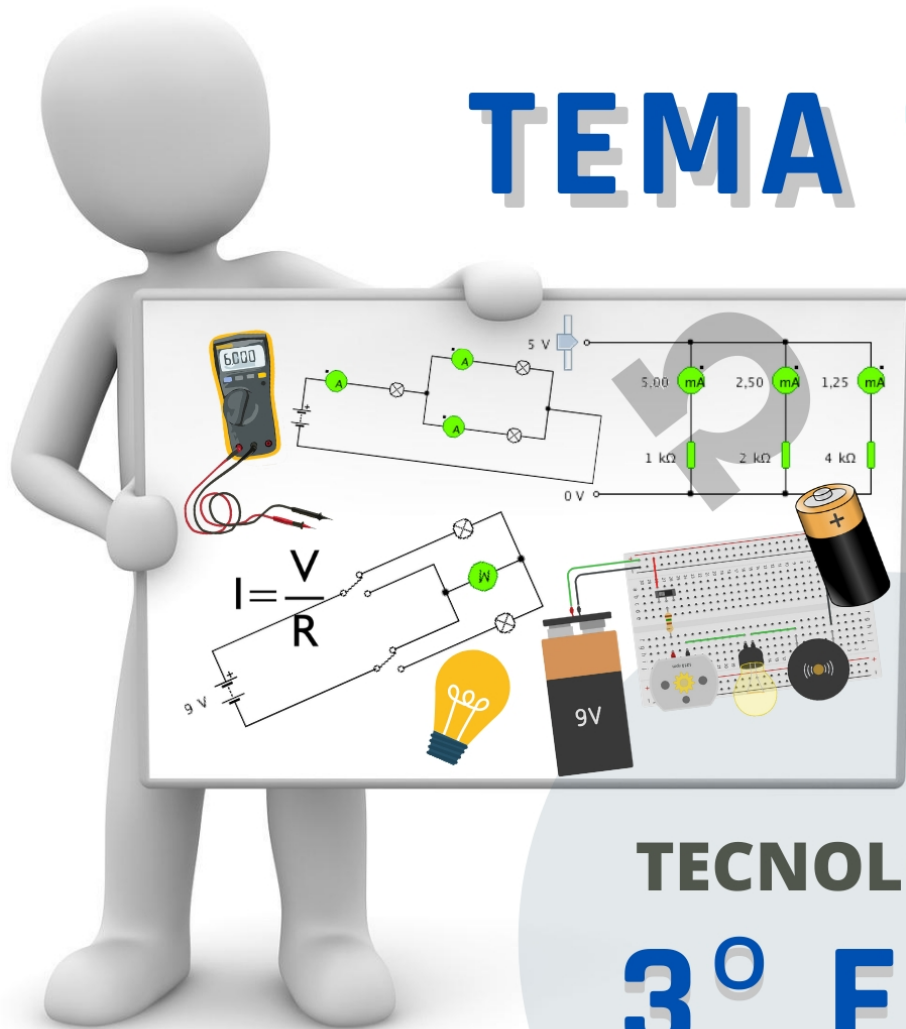


ELECTRICIDAD

TEMA 1



TECNOLOGÍA
3º ESO

I. INTRODUCCIÓN

Para poder entender los fenómenos eléctricos debemos conocer cómo está constituida la materia. La materia está formada por partículas muy pequeñas llamadas átomos. A su vez, los átomos están constituidos por **electrones** que se mueven alrededor de un núcleo, constituido por protones y neutrones. Los **protones** y los **electrones** tienen una propiedad conocida como **carga eléctrica**, responsable de que ocurran los fenómenos eléctricos.

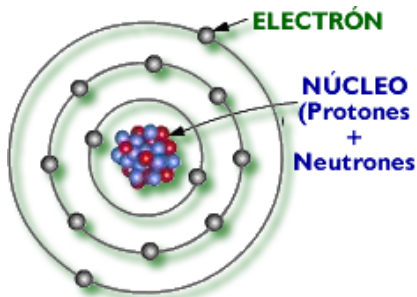


Fig 1: Estructura básica de un átomo.

Mientras que los neutrones no poseen carga eléctrica, la carga de un electrón es igual a la carga eléctrica de un protón, pero de distinto signo. Por convenio, los **electrones tienen carga negativa**, mientras que los **protones poseen carga positiva**.

Como la carga de un electrón es muy pequeña, en el Sistema Internacional (S.I.), para expresar la cantidad de carga se emplea como unidad la carga de $6,242 \cdot 10^{18}$ electrones (6,242 trillones de electrones), llamada **Culombio o Coulomb (C)**.

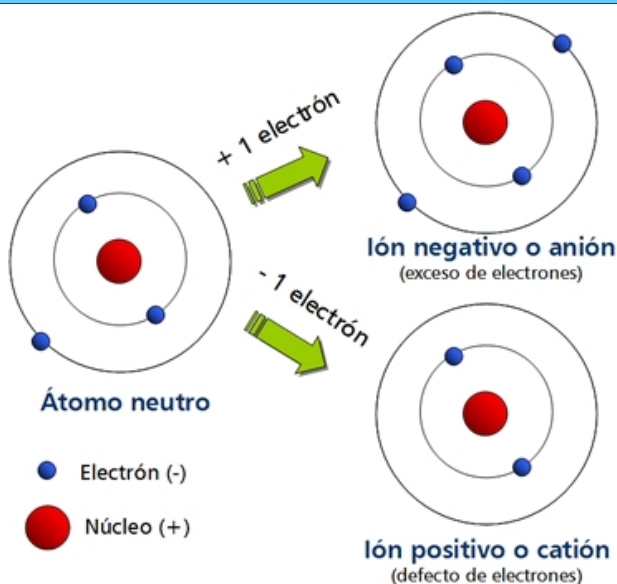


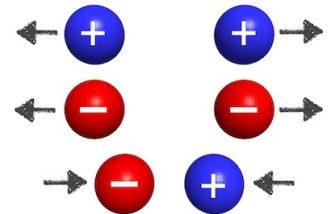
Fig 2: Formación de iones a partir de un átomo neutro.

En general, los materiales son **neutros**; es decir, existe un equilibrio entre el número de cargas negativas (electrones) y positivas (protones). Sin embargo, en ciertas ocasiones los

electrones pueden moverse de un material a otro originando **cuerpos con cargas positivas** (con defecto en electrones) y **cuerpos con carga negativa** (con exceso de electrones), pudiendo actuar sobre otros cuerpos que también están cargados.

Por tanto, **para adquirir carga eléctrica, es decir, para electrizarse, los cuerpos tienen que ganar o perder electrones**.

Una característica de las cargas, es que **las cargas del mismo signo se repelen, mientras que las cargas con diferente signo se atraen** (tal y como muestra la figura).



Si frotamos un bolígrafo con nuestro jersey de lana, veremos que éste es capaz de atraer pequeños trozos de papel. Decimos que el bolígrafo se ha **electrizado**. Del mismo modo, si frotamos un globo con un trapo de lana podremos comprobar, fácilmente, como podrá atraer tus pelos o desviar un pequeño chorro de agua.

Scan
to discover !

EXPERIMENTA
CON LA
ELECTRICIDAD
ESTÁTICA



II. CORRIENTE ELÉCTRICA Y MAGNITUDES ELÉCTRICAS

1. MATERIALES AISLANTES Y CONDUCTORES:

Hay materiales, como los plásticos, en los que los electrones no se mueven de un átomo a otro. Estos materiales se llaman **aislantes**.

En otros materiales, los electrones se pueden mover con cierta facilidad. Estos materiales se denominan **conductores**. **Son buenos conductores los materiales que ofrecen poca resistencia al paso de los electrones**, como por ejemplo los metales (plata, cobre, aluminio, etc.).

2. CORRIENTE ELÉCTRICA Y TENSIÓN (V)

Si conectamos dos elementos entre sí (por medio de un material conductor) y uno de ellos tiene mayor carga eléctrica negativa que el otro, decimos que tiene mayor

tensión o potencial eléctrico. Una vez conectados, los electrones en exceso de uno serán atraídos a través del hilo conductor (que permite el paso de electrones) hacia el elemento de menor potencial, hasta que las cargas eléctricas de los dos cuerpos se equilibren. Se trata de un fenómeno similar al que tiene lugar cuando colocamos dos recipientes con distinto nivel de agua y los conectamos entre sí mediante un tubo: el líquido pasa de un recipiente a otro a través del tubo hasta que los niveles se igualan.

La **corriente eléctrica** se puede definir como el flujo de electrones a través de un material conductor desde un cuerpo con carga negativa (exceso de electrones) a un cuerpo con carga positiva (deficitario en electrones).

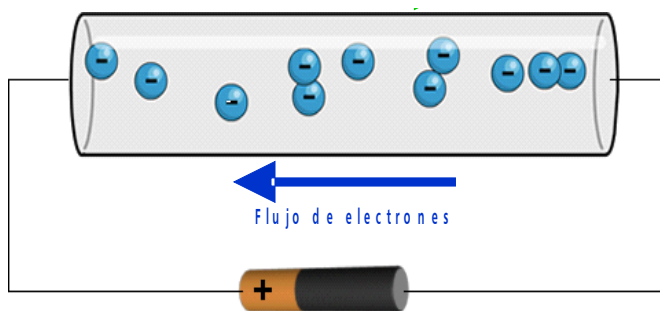


Fig 3: Flujo de electrones hacia el polo positivo de una pila. Como veremos más adelante (pág. 5) el sentido de la corriente, por convenio, será el contrario.

Por consiguiente, para que se origine una corriente eléctrica es necesario que entre los extremos del conductor exista una **diferencia de potencial eléctrico**; es decir, que en entre ambos extremos exista un **desnivel eléctrico o tensión (V)**.

La **diferencia de potencial (ddp), tensión o voltaje (V)** es el trabajo que hay que realizar para transportar una carga positiva entre dos puntos de un circuito; es decir mide el desnivel eléctrico entre dos puntos del circuito. Su unidad, en el SI es el **Voltio (V)**. La tensión entre dos puntos del circuito se mide con un **voltímetro** que se colocará en paralelo con el componente cuya tensión se va a medir.

Esto lo podemos conseguir conectando cargas de distinto signo en los extremos del conductor (por ejemplo colocando una pila). Piensa: ¿por qué los enchufes tienen dos agujeros? En cierto sentido, el funcionamiento de la electricidad se parece a la circulación de agua por tuberías. En el ejemplo del agua sería como colocar una extremo de la tubería en un punto alto (polo positivo) y el otro extremo en un punto bajo (polo negativo) Entonces el agua, la corriente, bajará hacia el extremo inferior de la tubería.

Cuanto mayor sea la tensión eléctrica, con más fuerza recorrerán los electrones el conductor (al igual que cuanto mayor sea el desnivel en una tubería por la que circula el agua, mayor será su velocidad y fuerza). Por tanto, **si no**

hay tensión entre dos puntos no habrá corriente eléctrica.

3. INTENSIDAD DE CORRIENTE (I)

En el ejemplo del agua, la cantidad de agua que pasa por una tubería en un segundo se llama caudal. Por ejemplo, podemos decir que una tubería tiene un caudal de 2 L/s. Eso quiere decir que cada segundo pasa 2 L de agua por la tubería.

En un punto de un circuito, la **intensidad de corriente** será la cantidad de carga (Q) que pasa por un punto del circuito por unidad de tiempo (t).

$$\text{Intensidad (I)} = \frac{\text{Cantidad de carga (Q)}}{\text{tiempo (s)}}$$

Su unidad, en el S.I; es el **Amperio (A)** que se podrá definir como "la intensidad de una corriente que transporta 1 culombio en un segundo".

$$1 \text{ Amperio} = \frac{1 \text{ Culombio}}{1 \text{ segundo}}$$

La intensidad de corriente se mide con un dispositivo llamado **amperímetro**, que se colocará en serie con el receptor cuya intensidad queremos medir.

Cuanto mayor sea el número de electrones que pase cada segundo por el cable, mayor será la intensidad de la corriente eléctrica.

Cuanto mayor sea la tensión en los extremos de la pila, **mayor será la intensidad de corriente** que circule por el circuito; es decir, más cantidad de electrones por segundo estarán atravesando el hilo conductor.

4. RESISTIVIDAD (ρ) Y RESISTENCIA (R)

En cualquier conductor por el que circules, las cargas encuentran cierta oposición o resistencia a su movimiento (al igual que el agua en una tubería puede encontrarse con obstáculos que dificulten el flujo de agua).

La resistencia eléctrica específica de un determinado material (el cobre, el oro, la madera....) se denomina **resistividad**. Su valor describe el comportamiento de un material frente al paso de corriente eléctrica. Así para materiales aislantes encontramos valores altos de dicha magnitud, mientras que para materiales conductores la resistividad será baja.

La **resistividad (ρ)** es una propiedad intrínseca de cada material (cada material tiene la suya), que indica la dificultad que encuentran los electrones a su paso. Su unidad en S.I. es el **ohm·m (Ω·m)**, aunque normalmente los datos de resistividad se expresan en **Ω·mm²/m**.

La **conductividad** de un material se define como la inversa de la resistividad.

$$\text{Conductividad } (\sigma) = \frac{1}{\text{Resistividad } (\rho)}$$

Su unidad en el S.I es el $\Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

Además de la naturaleza del material, la resistividad depende de la temperatura, de forma que:

- En **metales**: Su resistividad aumenta; es decir, **su conductividad disminuye con la temperatura**.
- En **semiconductores**: Su resistividad disminuye con la temperatura; es decir, **conducen mejor cuanto mayor sea la temperatura**.

Por otro lado, normalmente hablaremos de la oposición a la corriente que ofrece un determinado elemento del circuito; es decir, de la **resistencia eléctrica**.

La **resistencia eléctrica (R)** es la oposición que ofrece un objeto o elemento del circuito al paso de la corriente eléctrica. Se mide con el **óhmetro** y se expresa en **Ohmios (Ω)**.

Esta resistencia (R) depende del material con qué está hecho (de la resistividad), de la longitud del cable, y de su sección, según la fórmula:

$$R = \text{Resistividad } (\rho) \cdot \frac{\text{Longitud del elemento (L)}}{\text{Sección del elemento (S)}} = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Como se desprende de dicha fórmula, la resistencia es directamente proporcional a la resistividad del material, y a su longitud (aumenta al hacerlo dichos parámetros) e inversamente proporcional a su sección transversal (disminuye al aumentar la sección).

Scan
to discover !



**RESISTENCIA
&
RESISTIVIDAD**



5. MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS

Al igual que pasa con las unidades de volumen o masa, en electricidad muchas veces es aconsejable expresar el voltaje, la intensidad de corriente o la resistencia en múltiplos o submúltiplos de sus unidades. Así, por ejemplo podemos

expresar la intensidad en miliamperios (mA); es decir la milésima parte de un amperio; el voltaje en milivoltios (mV) o la resistencia en kilohmios (k Ω) o megaohmios (M Ω).

III. CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Se denomina **circuito eléctrico** al conjunto de elementos conectados entre sí, que permiten establecer una corriente entre dos puntos, para aprovechar la energía eléctrica.

Todo circuito eléctrico se compone, al menos, de unos elementos mínimos (generador, receptor y conductor). Sin embargo en la mayoría de los casos los circuitos suelen incorporar otros dispositivos, los elementos de maniobra y los de protección.

1. LOS GENERADORES O FUENTES DE TENSIÓN

Los **generadores** son los elementos que transforman cualquier forma de energía en energía eléctrica. Proveen al circuito de la necesaria diferencia de cargas entre sus dos polos o bornes (tensión), y además, son capaces de mantenerla eficazmente durante el funcionamiento del circuito. Ejemplos de ellos son las pilas y baterías y las fuentes de alimentación.

Scan
to discover !



**SIMIL CIRCUITO
ELÉCTRICO -
FLUJO AGUA**



Un generador consta de dos polos, uno negativo (**ánodo**) y uno positivo (**cátodo**). No basta con conectar un extremo del conductor al polo negativo del que salen los electrones. Hay que conectar el otro extremo al polo positivo, al que vuelven los electrones. Si cortamos el cable en un punto, los electrones se detienen en todo el cable (al igual que cuando cerramos un grifo el agua se detiene en toda la tubería).

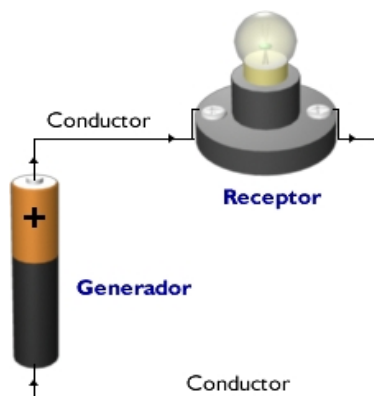


Cuando ambos polos se unen mediante el hilo conductor, los electrones se mueven a través de él, desde el polo negativo al polo positivo.

SENTIDO DE LA CORRIENTE

Por convenio se fijó que **su sentido es contrario al flujo de electrones**. Esto se debe a que, antes de que se descubriese que la corriente eléctrica es el resultado del movimiento de los electrones por un circuito, se pensaba que era debida al movimiento de cargas positivas.

Los electrones circulan siempre desde el polo negativo de la pila (ánodo) hacia el polo positivo de la pila (cátodo). Por tanto, **la corriente circulará en sentido contrario, desde el polo positivo hacia el negativo** (desde el cátodo al ánodo).



En la figura el sentido de la corriente viene indicado por el sentido de las flechas.

Nota: para la designación del ánodo y cátodo de un dispositivo se sigue el siguiente criterio:

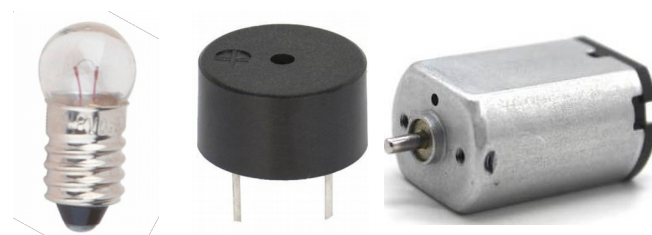
DISPOSITIVO	ÁNODO	CÁTODO
Proporciona energía	-	+
Consume energía	+	-

Scan
to discover !



2. LOS RECEPTORES

Los **receptores** son los elementos encargados de convertir la energía eléctrica en otro tipo de energía útil (lumínica, mecánica, calorífica...) de manera directa. Los receptores eléctricos más usuales en nuestro taller serán las **lámparas** o **bombillas**, **timbres** o **zumbadores**, **resistencias** eléctricas, **motores**...



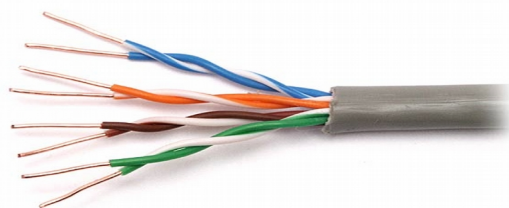
Bombilla

Zumbador

Motor eléctrico

3. LOS CONDUCTORES

Los **conductores** son los elementos que conectan los distintos elementos del circuito permitiendo el flujo de electrones.

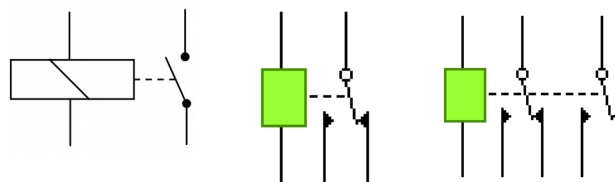


Para transportar los electrones de un sitio a otro se utilizan cables de metal, normalmente de cobre, recubiertos de plástico para que los electrones no *salgan* del cable. En aplicaciones especiales se emplean otros metales como la plata o el platino, mejores conductores que el cobre, aunque de un precio mucho mayor.

4. ELEMENTOS DE CONTROL O MANIOBRA

Son los dispositivos usados para dirigir o interrumpir el paso de corriente. Los más importantes son los **interruptores**, **conmutadores**, **pulsadores** y **relés**. Estos últimos, pueden estudiarse como receptores, aunque nosotros lo englobaremos dentro de los elementos de control. A diferencia de los interruptores, conmutadores y pulsadores, los cuales se accionan manualmente, **los relés permiten abrir o cerrar circuitos** sin la intervención humana; es decir, **de forma automática**.

Los relés pueden considerarse como la combinación de un electroimán o bobina y un interruptor o uno o varios conmutadores. Su simbología puede variar en función del número de contactos que tenga:



Relé con
interruptor (SPST-
Single Pole Single
Throw)

Relé con conmutador
de dos vías (SPDT-
Single Pole Double
Throw)

Relé con 2
conmutadores de 2
vías (DPDT-Double Pole
Double Throw)

El relé consta de una bobina conectada a una corriente. Al aplicarle corriente, la bobina se excita y actúa como un electroimán, generando un campo magnético, atrayendo a la armadura o inducido que, al bascular, provoca el cambio de posición de uno o más contactos. Cuando dejamos de suministrar corriente a la bobina, el campo electromagnético desaparece y el contacto del relé se vuelve a abrir, dejando sin corriente el circuito.

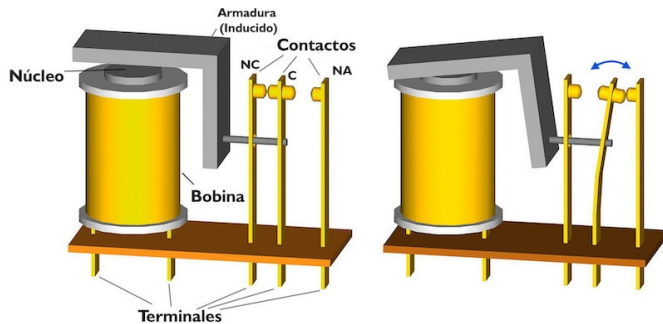


Fig 4: Esquema funcionamiento de un relé: (adaptación de la imagen creada por Bisgaard, y publicada originalmente en Wikipedia CC BY-SA 3.0.)

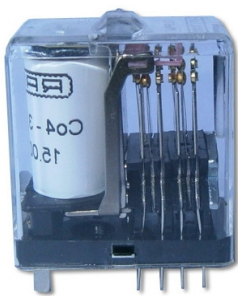


Fig 5: Imagen de un relé

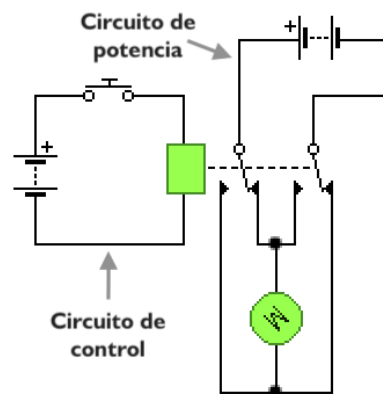


Fig 6: Esquema de un circuito de inversor de giro de un motor con relé DPDT.



Los relés sirven para activar un circuito que tiene un consumo considerable alto de electricidad (circuito de potencia) mediante un circuito de pequeña potencia (circuito de control) que imanta la bobina; para parar y cambiar el sentido de giro y la velocidad de motores eléctricos; para la automatización de procesos tales como la apertura y cierre de puertas automáticas, encendido y apagado de luces de semáforos...

5. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Son los elementos encargados de proteger al resto de los elementos del circuito frente a corrientes demasiado elevadas o frente a derivaciones o fugas de potencia. Son los **fusibles**, **interruptores diferenciales** y los **interruptores magnetotérmicos**.

● **Fusibles:** Formados por un hilo muy fino que se funde si la corriente es demasiado alta, abriendo de ese modo el circuito.



Seguramente, alguna vez se habrá ido la corriente de tu casa. Cuando esto ocurre, lo más probable es que alguna de las palancas de los dispositivos del cuadro eléctrico de tu casa esté bajada. Normalmente para devolver la corriente eléctrica basta con subir las palancas bajadas. Si el rearme no es posible (vuelven a bajarse) será hora de llamar a un técnico (**Nunca las forcéis, pues si saltan es por seguridad**). Dentro del cuadro de luces podréis observar distintos dispositivos de seguridad:

● **Interruptor diferencial:** es un sistema de protección automático cuya función es la proteger la instalación (y a las personas) frente a derivaciones a tierra, cortando automáticamente el suministro eléctrico de la instalación al detectar una fuga de intensidad. Sin entrar en detalles, su funcionamiento se basa en comparar la intensidad de corriente de entrada y de salida de la vivienda. Si las intensidades son diferentes, eso significa que parte de la intensidad está pasando por un lugar diferente, y el diferencial abre el circuito (salta la palanca). Los interruptores diferenciales disponen de un botón, llamado tester, para comprobar que el funcionamiento del interruptor es correcto.

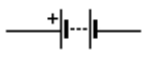
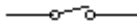
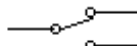
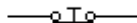
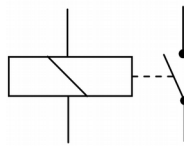


● **Interruptor magnetotérmico:** dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica que pasa a través de él si ésta sobrepasa unos valores máximos, evitando cortocircuitos y sobrecargas. Como su nombre indica, su funcionamiento se basa en dos principios: uno magnético y otro térmico. La **protección magnética** evita que la instalación se queme ante un cortocircuito. La **protección térmica** evita que se queme la instalación por una posible sobrecarga; es decir, por conexión de muchos aparatos receptores en un mismo punto. Este interruptor no es un interruptor de seguridad para las personas (eso lo hace el diferencial) sino que es un interruptor de seguridad para los cables y para evitar el incendio de la vivienda.



SIMBOLOGÍA NORMALIZADA

A la hora de dibujar los circuitos eléctricos en un plano, no se utiliza una representación realista de los diferentes elementos que los componen (sería más lento y costoso). En su lugar, utilizamos una serie de símbolos para representar dichos dispositivos. En la siguiente tabla vemos algunos de ellos, así como su función:

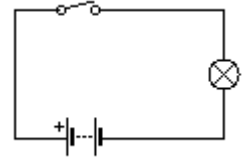
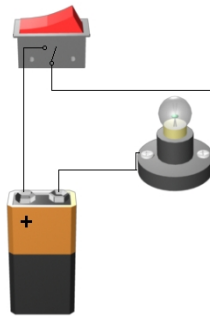
	SÍMBOLOS	DISPOSITIVO	FUNCIÓN
GENERADORES		Pila	Generan corriente continua
		Batería	
RECEPTORES		Lámpara o bombilla	Produce luz
		Resistencia	Produce calor y limita el paso de corriente
		Motor de corriente continua	Genera movimiento
		Timbre o zumbador	Produce sonido
		Altavoz	Produce sonido
ELEMENTOS DE CONTROL O MANIOBRA		Interruptor	Permite o impide el paso de corriente
		Conmutador	Permite alternar la corriente entre dos circuitos
		Pulsador (NC)	Interruptor que permite el paso de corriente mientras no es accionado, impidiéndolo en caso contrario.
		Pulsador (NA)	Interruptor que permite el paso de corriente sólo mientras es presionado, impidiéndolo en caso contrario.
		Relé SPST	Permite, interrumpe o conmuta el paso de corriente en un circuito de media o alta potencia a través de un circuito electrónico de baja potencia. Actúa como un interruptor o conmutador automático.
INSTRUMENTOS DE MEDIDA		Amperímetro	Mide intensidades de corriente. Se coloca en serie
		Voltímetro	Mide voltajes o tensiones. Se coloca en paralelo

EJEMPLOS DE CIRCUITOS

A la derecha podemos ver un circuito formado por:

- una pila de 9 V,
- un interruptor,
- y una bombilla

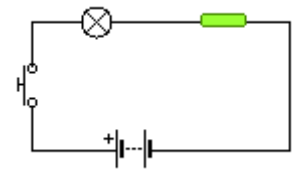
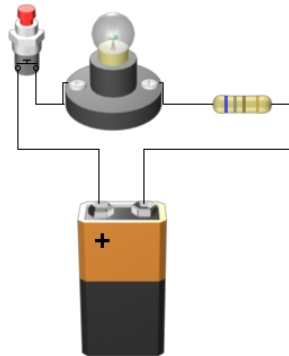
A su derecha figura el esquema simbólico del mismo.



En el circuito de la derecha se han conectado:

- una pila de 9 V
- un pulsador NC,
- una bombilla,
- y una resistencia

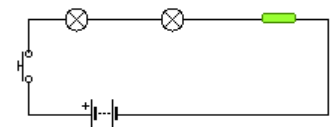
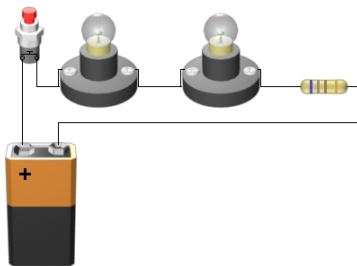
A su derecha se muestra el esquema simbólico del mismo.



En el siguiente ejemplo, el circuito está formado por:

- una pila de 9 V,
- un pulsador NC,
- dos bombillas,
- y una resistencia

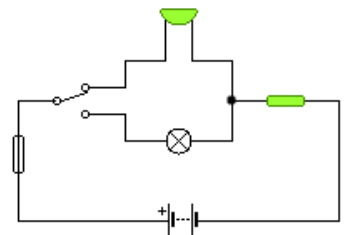
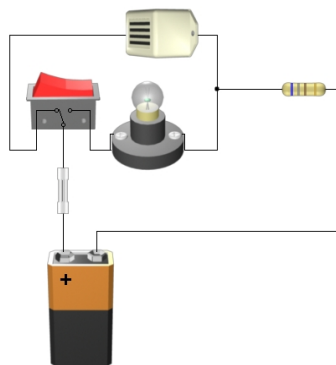
A su lado podrás observar el esquema del mismo.



En el siguiente circuito se han conectado:

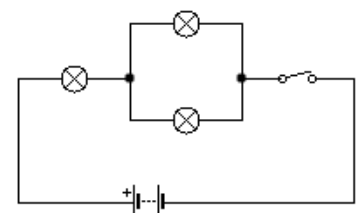
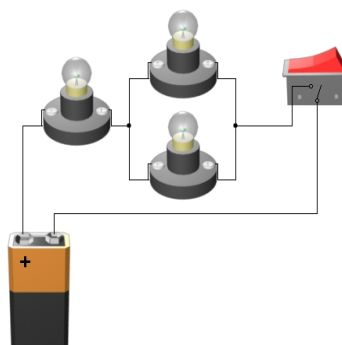
- una pila de 9 V
- un conmutador,
- un zumbador,
- una bombilla,
- y una resistencia

Fíjate que a diferencia del interruptor, el conmutador tiene tres contactos (en lugar de 2).



A la derecha podemos ver un circuito formado por:

- una pila de 9 V
- tres bombillas,
- y un interruptor.



CIRCUITOS BÁSICOS (SERIE, PARALELO Y MIXTO)

- ◆ Un **CIRCUITO EN SERIE**, es aquel que tiene conectados sus receptores uno a continuación del otro.

Las características de este tipo de circuito son:

- ✓ Si uno de los elementos del circuito deja de funcionar el resto tampoco funcionan.
- ✓ El voltaje de la pila se reparte entre todos los receptores conectados en serie (por eso las bombillas brillan poco).
- ✓ La intensidad de la corriente que atraviesa cada receptor es la misma para todos los receptores.
- ✓ La resistencia equivalente es igual a la suma de las resistencias individuales.

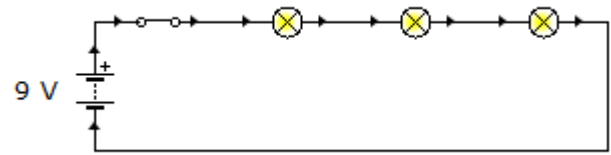


Fig 7: Circuito donde las tres bombillas están colocadas en serie (una a continuación de las otras).

- ◆ Un **CIRCUITO PARALELO**, es aquel que tiene conectados los terminales de sus receptores unidos entre sí.

Las características de este tipo de circuitos son:

- ✓ Si uno de los elementos deja de funcionar, el resto funciona normalmente, como si no hubiese pasado nada.
- ✓ Todos los receptores funcionan con la misma tensión (todas las bombillas lucen con la misma intensidad e igual a como lucirían si estuviesen ellas solas conectadas a la batería).
- ✓ La intensidad de la corriente que genere la pila se reparte entre todos los receptores.
- ✓ La inversa de la resistencia equivalente es igual a la suma de las inversas de las resistencias individuales.

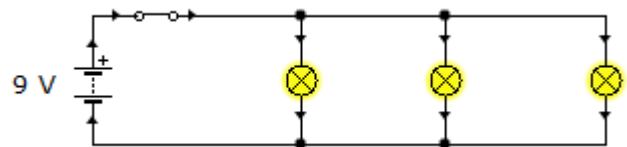


Fig 8: Circuito donde las tres bombillas están colocadas en paralelo (con los terminales unidos entre sí).

Cabe citar que los elementos eléctricos de nuestras viviendas están conectados en paralelo.

- ◆ Un **CIRCUITO MIXTO**, es aquel que tiene elementos en paralelo y en serie. (Por ejemplo, las bombillas 2 y 3 están conectadas en paralelo; al mismo tiempo que están conectadas en serie con la 1).

Estos circuitos poseen las características de los dos circuitos, por lo que se tiene que resolver poco a poco, por partes. En primer lugar se resuelven los elementos que están en paralelo, y luego los que están en serie

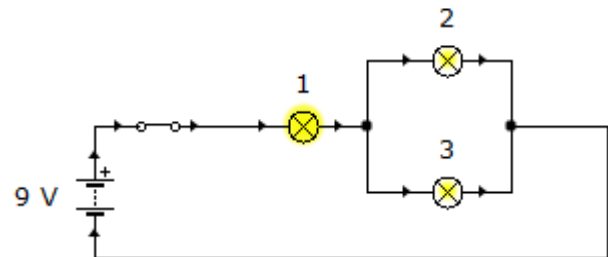


Fig 9: Circuito mixto, donde la bombilla 1 está en serie con respecto a las bombillas 2 y 3, que están en paralelo una con respecto a la otra.

IV. LEY DE OHM

I. LEY DE OHM

En 1822 científico George Simon Ohm, relacionó la intensidad de corriente, la tensión y la resistencia, enunciando la ley de Ohm de la forma siguiente:

Ley de Ohm: La intensidad de corriente que circula por un hilo conductor es directamente proporcional a la tensión entre sus extremos e inversamente proporcional a la resistencia

Esta ley, que se cumple siempre en todos los elementos sometidos a tensión y por los que circula intensidad de corriente, se puede expresar de forma matemática como:

$$\text{Intensidad (I)} = \frac{\text{Voltaje (V)}}{\text{Resistencia (R)}}$$

De donde se deduce que:

$$1 \text{ Amperio} = \frac{1 \text{ voltio}}{1 \text{ Ohmio}}$$

Así, en un conductor cuya resistencia sea de 1Ω y en el se aplique una tensión de 1 V la intensidad de corriente será de 1 A .

Es importante saber que **no podemos variar la intensidad de un circuito de forma directa**. Según la Ley de Ohm para hacerlo **tendremos que, obligatoriamente, modificar la tensión o la resistencia**.



2.APLICACIONES DE LA LEY DE OHM

La ley de Ohm nos va permitir conocer, ente otras magnitudes, la tensión, intensidad o resistencia en cualquier punto del circuito. Vamos a ver algunos ejemplos.

EJERCICIO RESUELTO

Se conecta una resistencia de 3 kΩ a una pila de 9V. ¿Cuál será la intensidad que recorre el circuito?

El primer paso es expresar las magnitudes en unidades apropiadas. En nuestro caso, 3 kΩ = 3000 Ω.

A continuación, sustituimos las magnitudes conocidas (en el ejemplo, la tensión y la resistencia) en la fórmula de la ley de Ohm, para calcular la magnitud desconocida (en este caso la intensidad).

$$I = \frac{V}{R} = \frac{9V}{3000\Omega} = 0,003 A = 3mA$$

Por último, expresaremos el resultado en la unidad adecuada (en este caso mA).

Del ejemplo anterior podemos intuir las funciones de las resistencias. Dichas funciones son el **limitar y regular la cantidad de corriente que circula por un determinado circuito**; y **proteger algunos componentes** por los que no debe circular una intensidad de corriente elevada.

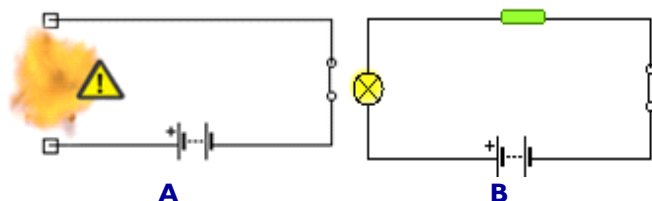


Fig 10: Función de la resistencia.

Por ejemplo, si a una pila de 9 V le conectamos directamente una bombilla de 3 V, ésta se fundirá (Figura 10A). Para evitar

que se funda, podemos colocar una resistencia en serie con la bombilla para que se quede con, al menos, los 6 V que nos sobran (Figura 10B). Así, sólo le llegarán 3 V a la bombilla.

EJERCICIO RESUELTO

Para el circuito de la figura 10A, calcular cuál debe ser el valor mínimo de la resistencia para que no se funda la bombilla, suponiendo que ésta soporte una tensión máxima de 3 V y que la intensidad que circula por la lámpara es de 0,2 A.

Como la lámpara soporta una tensión de 3V, y la fuente proporciona 9V, la resistencia que coloquemos deberá reducir la tensión en 6 V. Aplicando la Ley de Ohm.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{6V}{0,2A} = 30\Omega$$

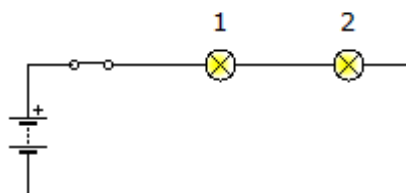
Por tanto, deberemos conectar una resistencia de al menos 30 Ω

Los cálculos de las magnitudes en un circuito es relativamente fácil cuando únicamente se tiene conectado un receptor al generador. Sin embargo, estos cálculos son más complejos cuando se integran dos o más receptores en el mismo circuito, ya que dependen de como estén colocados dichos receptores. A través del siguiente código QR podrás visionar algunas resoluciones de problemas relativo al cálculo de magnitudes eléctricas en distintos circuitos sencillos.



CIRCUITO EN SERIE

En el circuito mostrado la batería suministra una tensión de 9V y las bombillas tienen una resistencia interna de 200 Ω cada una. Calcular la resistencia total o resistencia equivalente, la intensidad de corriente y la tensión en cada una de las bombillas.



Por tratarse de un circuito en serie:

- x La **resistencia** total de l circuito o resistencia equivalente es la suma de las resistencias que lo componen ($R_T = R_1 + R_2$).

$$R_T = R_1 + R_2 = 200 \Omega + 200 \Omega = 400 \Omega$$

- x La **intensidad de corriente** que circula es la misma por todos los elementos ($I_T = I_1 = I_2$). Empleando la Ley de Ohm:

$$I_T = \frac{V}{R_T} = \frac{9V}{400 \Omega} = 0,0225 A = 22,5 mA$$

- x Puesto que **la intensidad que circula por cada bombilla es la misma, las dos lámparas lucirán igual** (con la misma intensidad)
- x La **tensión** generada por el generador se reparte entre los distintos elementos ($V_T = V_1 + V_2$). Aplicando la Ley de Ohm podemos obtener la tensión en cada elemento:

$$V_1 = I_1 \cdot R_1 = 0,0225 A \cdot 200 \Omega = 4,5 V$$

$$V_2 = I_2 \cdot R_2 = 0,0225 A \cdot 200 \Omega = 4,5 V$$

pudiendo comprobar que realmente se cumple:

$$V_T = V_1 + V_2 = 4,5 V + 4,5 V = 9 \text{ voltios}$$

Como resultado del reparto de tensiones entre las dos **bombillas** éstas **lucirán menos de lo que lo harían si sólo estuviera una sola de ellas**.

- x La **intensidad de corriente** total que sale del generador se reparte por todos los elementos ($I_T = I_1 + I_2$). Empleando la ley de Ohm.

$$I_T = \frac{V}{R_T} = \frac{9V}{100 \Omega} = 0,09 A = 90 mA$$

- x La **tensión** en cada receptor es igual a la del generador ($V_T = V_1 = V_2$), ya que están en paralelo:

$$V_T = V_1 = V_2 = 9 V$$

- x Aplicando la Ley de Ohm, conoceremos las **intensidades de corriente** individuales:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{9V}{200 \Omega} = 0,045 A = 45 mA$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{9V}{200 \Omega} = 0,045 A = 45 mA$$

- x Como comprobación :

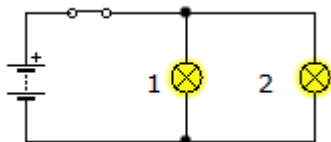
$$I_T = I_1 + I_2 = 90 mA$$

- x Resumiendo:

- ✓ Puesto que **la intensidad de corriente es la misma para las 2 bombillas, ambas alumbrarán con la misma intensidad**.
- ✓ **La intensidad de corriente, es mucho mayor que en el caso del circuito en serie (45 mA frente a 22,5 mA)**. Por tanto, **las bombillas iluminarán más que cuando están colocadas en serie**.
- ✓ Por suministrar una intensidad de corriente mayor, **la batería se agotará mucho antes**.

CIRCUITO EN PARALELO

En el circuito de la figura la tensión proporcionada por la batería es de 9 V y la resistencia de las bombillas es de 200 Ω cada una. Calcular la resistencia total o resistencia equivalente, la intensidad de corriente y la tensión en cada una de las bombillas.



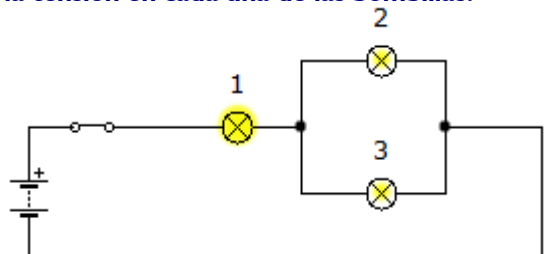
Como se trata de un circuito en paralelo:

- x La resistencia total o **resistencia equivalente** se podrá obtener sabiendo que su inversa es la suma de las inversas de las resistencias que lo componen.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{200 \Omega \cdot 200 \Omega}{200 \Omega + 200 \Omega} = 100 \Omega$$

CIRCUITO EN MIXTO

En el circuito mostrado, la pila proporciona una tensión de 9 V y la resistencia individual de cada bombilla es de 200 Ω . Calcular la resistencia equivalente del circuito, la intensidad de corriente y la tensión en cada una de las bombillas.



Estos circuitos poseen las características de los dos circuitos, por lo que se deben de resolver poco a poco, por partes. En primer lugar se resuelven los elementos que están en paralelo (bombillas 2 y 3), y después los que están en serie.

- x La **resistencia equivalente** de las bombillas en paralelo (R_p) será:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{200\Omega} + \frac{1}{200\Omega} = \frac{2}{200\Omega} \Rightarrow R_p = \frac{200\Omega}{2} = 100\Omega$$

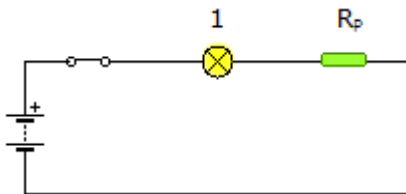
- x La **resistencia total** será la suma de R_p y R_1 .

$$R_T = R_p + R_1 = 100\Omega + 200\Omega = 300\Omega$$

- x De la ley de Ohm podemos obtener la **intensidad de corriente** total:

$$I_T = \frac{V}{R_T} = \frac{9V}{300\Omega} = 0,03A = 30mA$$

- x Ahora, que ya conocemos la resistencia y la intensidad total, podemos tratar el circuito como si fuese un circuito en serie como el de la figura:



- x La **intensidad de corriente** que circula por la bombilla 1 y por la resistencia equivalente del paralelo, será igual a la total:

$$I_T = I_1 = I_p = 30mA$$

- x Aplicando la Ley de Ohm, conoceremos la **tensión** que hay tanto en la bombilla 1 como en la resistencia equivalente del paralelo (V_p) de las bombillas 2 y 3.

$$V_1 = I_1 \cdot R_1 = 0,030A \cdot 200\Omega = 6V$$

$$V_p = V_2 = V_3 = I_p \cdot R_p = 0,030A \cdot 100\Omega = 3V$$

- x Como comprobación:

$$V_T = V_1 + V_p = 6V + 3V = 9V$$

- x Para hallar las **intensidades de corriente individuales** (bombillas 2 y 3) usamos la Ley de Ohm:

$$I_2 = \frac{V_p}{R_2} = \frac{3V}{200\Omega} = 0,015A = 15mA$$

$$I_3 = \frac{V_p}{R_3} = \frac{3V}{200\Omega} = 0,015A = 15mA$$

- x Como comprobación:

$$I_p = I_2 + I_1 = 15mA + 15mA = 30mA$$

- x Resumiendo: la **intensidad de corriente que circula a través de la bombilla 2 y 3 es la mitad de la que circula a través de la bombilla 1**. Como consecuencia las bombillas 2 y 3 lucirán menos que la 1.

V. EL POLÍMETRO

Tal y como se dijo en apartados anteriores, para las medidas de voltaje, intensidad y resistencia, podemos usar voltímetros, amperímetros o ohmímetros (u óhmetro), respectivamente. Sin embargo, lo más habitual es recurrir a un único instrumento, el **polímetro**. Dicho dispositivo, también llamado **múltímetro** o **tester**, engloba a todos los anteriores e incluso permiten otro tipo de medidas tales como la capacidad de un condensador, la ganancia de un transistor...etc.

Los polímetros poseen un display LCD donde se muestra las lecturas o avisos y una rueda selectora, la cual permitirá elegir el tipo de corriente con el que se trabaja (continua- DC o alterna- AC), la magnitud a medir y su escala (actualmente también existen los múltímetros que ajustan el rango o escala automáticamente). En principio, nosotros sólo mediremos magnitudes en circuitos alimentados por baterías o pilas, por lo que debemos elegir las mediciones en corriente continua (DC).



El polímetro posee una punta de prueba roja y otro negra. El **terminal negro se conectará siempre en la conexión marcada como COM (común)**, mientras que la **conexión roja dependerá de lo que se quiera medir: voltaje (V), intensidad (mA) o resistencia (Ω)**.



Los polímetros varían de unos fabricantes a otros, aunque mantienen una serie de instrucciones semejantes. Siempre conviene leer detenidamente las instrucciones antes de utilizarlo.

1. MEDIDA DE INTENSIDAD (A)

- Conectar la punta de prueba roja en el conector mA y la punta de prueba negra en el conector COM (salvo para medidas mayores de 200mA, que deberá conectarse al conector 10A).
- Si no sabemos la intensidad aproximada, con la rueda selectora, seleccionamos la mayor de las escalas para la intensidad (A).
- Conectar las puntas de prueba en serie con la carga que va a ser medida; es decir, **intercalar el polímetro en serie** con el dispositivo en el que queremos conocer la intensidad.

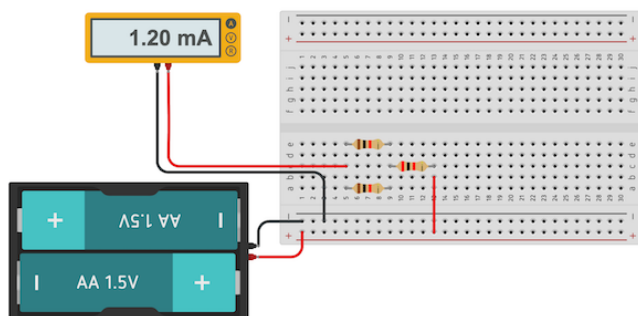


Fig 11: Medida de la intensidad de corriente con el multímetro. El multímetro deberá conectarse en serie

- En caso de no obtener una lectura, debemos mover la rueda selectora a escalas menores hasta que aparezca la medida correcta.

2. MEDIDA DE TENSIÓN (V)

- Conectar la punta de prueba roja en el conector VΩ y la punta de prueba negra en el conector COM (común).
- Dentro del selector DCV, seleccionamos la escala que más se asemeje a la medida esperada. Así, por ejemplo si el circuito se alimenta con una pila de 9V podemos elegir el valor superior a éste. Si la tensión es demasiado pequeña, podremos ir bajando a escalas inferiores.
- **Intercalar el polímetro en paralelo** con el dispositivo en el que queremos conocer la tensión. Lo más sencillo será colocar las puntas de prueba en los terminales del dispositivo del que se quiere comprobar el voltaje.
- En caso de no obtener una lectura, debemos mover la rueda selectora a escalas menores hasta que aparezca la medida correcta.

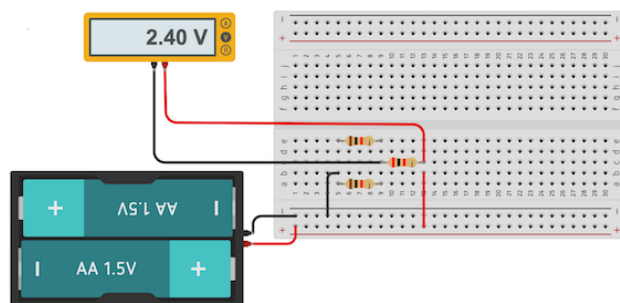


Fig 12: Medición de tensión en la resistencia en serie

3. MEDIDA DE RESISTENCIAS (Ω)

- Conectar la punta de prueba roja en el conector VΩ y la punta de prueba negra en el conector COM.
- Colocar la rueda selectora en el rango esperado de Ω.
- **Desconectar la resistencia del circuito** y colocar las puntas del polímetro en los terminales de la resistencia.

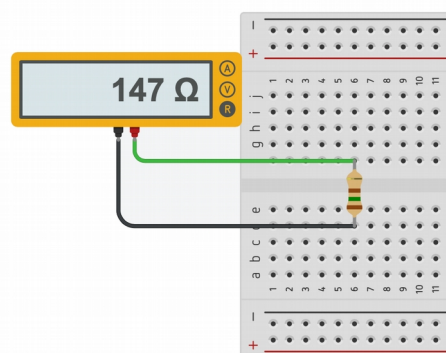


Fig 13: Medida de la resistencia con el multímetro.

- En caso de no obtener una lectura, debemos mover la rueda selectora a escalas menores hasta que aparezca la medida correcta.

VI. POTENCIA ELÉCTRICA Y ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica que se consume en los circuitos eléctricos se transforma en luz, movimiento, calor... Para expresar la energía consumida por unidad de tiempo se recurre a la **potencia eléctrica**.

Se define la **potencia** (P) de un aparato eléctrico como la cantidad de trabajo que es capaz de realizar en un tiempo determinado. Su unidad en el S.I. es el **vatio** (W), que equivale a un julio (J) por segundo (s). Un múltiplo muy utilizado es el **Kilovatio** (kW), que equivale a 1 000 vatios.

Por ejemplo, un aparato de 50 W de potencia es capaz de proporcionar una energía de 50 Julios cada segundo, o una bombilla de 100 W, consumirá una energía de 100 Julios cada segundo.

La potencia está relacionada con el voltaje de la fuente de alimentación o generador y con la intensidad de corriente mediante la expresión:

$$\text{Potencia (P)} = \text{Tensión (V)} \cdot \text{Intensidad (I)} = V \cdot I$$

Aplicando la ley de Ohm podemos obtener fórmulas equivalentes para conocer la potencia eléctrica:

$$P = V \cdot I = (R \cdot I) \cdot I = I^2 \cdot R$$

$$P = V \cdot I = V \cdot (V/R) = V^2 / R$$

Se llama la **energía eléctrica** a la energía que puede obtenerse a partir de una corriente eléctrica. En el S.I. Se expresa en **Julios (J)**. Sin embargo, para consumos eléctricos suele emplearse el **kilovatio hora (kWh)**, el cual equivale a la energía equivalente a 1 kilovatio (1kW) de potencia sostenida durante 1 hora.

Su expresión matemática es:

$$\text{Energía (E)} = \text{Potencia (P)} \cdot \text{tiempo (t)} = P \cdot t$$

Teniendo en cuenta la expresión de la potencia en función del voltaje (V) y la intensidad de corriente (I), la energía consumida en un tiempo dado (t) por un dispositivo eléctrico, viene dado por la expresión:

$$E = V \cdot I \cdot t$$

Mediante el empleo de las fórmulas anteriores, podemos encontrar la **equivalencia entre el kWh y los julios**:

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kw} \cdot \frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ kW}} \cdot 1 \text{ h} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 3600000 \text{ J}$$

Tabla 1: Potencia eléctrica aproximada de algunos electrodomésticos.

Electrodoméstico	Potencia orientativa
Aire acondicionado	4000 W
Horno eléctrico	2500 W
Secadora	2300 W
Secador de pelo	1500 W
Aspiradora	1200 W
Tostadora	1200 W
Horno microondas	1000 W
Plancha	1000 W
Nevera	500 W

Tabla 2: Comparativa de potencias de las lámparas incandescentes y las de bajo consumo. Las lámparas de bajo consumo ahorran un 80% de energía y duran un promedio de 6000 horas; seis veces más que las incandescentes.

Bombilla tradicional de incandescencia	Lámparas de bajo consumo fluorescentes
	
25 W	6-7 W
40 W	7-9 W
60W	11-12 W
100W	18-20 W
150W	23-27 W

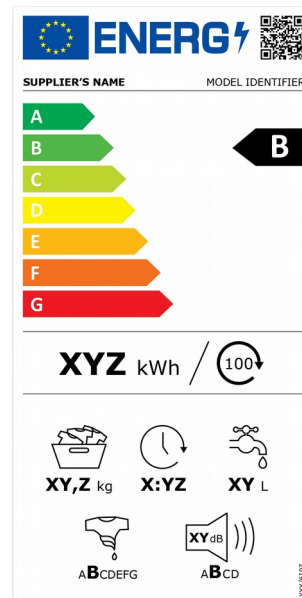


Fig 14: Ejemplo de Etiqueta Energética para una lavadora-secadora: La UE adoptó en 2019 el formato de las nuevas etiquetas de eficiencia energética para seis grupos de productos. El etiquetado energético indica, en una escala de A a G, el nivel de consumo de los aparatos eléctricos. La clase A (color verde) es la más eficiente desde el punto de vista energético y la clase G (color rojo), la menos eficiente.

EJERCICIO RESUELTO

La lámpara de tu mesa de estudio posee la siguientes indicaciones 230V y 60 W. Calcula la intensidad de corriente y el valor de la resistencia.

De la fórmula de la potencia:

$$P = V \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{60 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 0,26 \text{ A}$$

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V^2}{P} = \frac{230^2 \cdot V^2}{60 \text{ W}} = 881,6 \Omega$$

EJERCICIO RESUELTO

La secadora de tu casa tiene una potencia de 1500 W, y el secado dura 2 horas. ¿Cuánta energía consumirá? ¿Cuánto me cuesta cada secado si el precio del kWh es de 15 céntimos?

Energía consumida: $E = 1,5 \text{ kW} \cdot 2 \text{ h} = 3 \text{ kWh}$

Precio: $3 \text{ kWh} \cdot 0,15 \text{ €/kWh} = 0,45 \text{ €}$

EJERCICIO RESUELTO

Calcula cuánto ahorrarías al año al substituir las 20 lámparas de 100 W de una casa, por otras tantas de bajo consumo equivalentes (20 W). Supondremos una media de 400 h de funcionamiento al año para cada lámpara y un coste del kWh de 15 céntimos .

La diferencia entre las potencias de las lámparas es de 80 W, por lo que en un año nos ahorraremos:

$80 \text{ W} \cdot 400 \text{ h} = 32000 \text{ Wh} = 32 \text{ kWh}$ por cada lámpara.

$32 \text{ kWh} \cdot 20 \text{ lámparas} = 640 \text{ kWh}$

Si consideramos un precio de 0,15 €/kWh entonces nos ahorraremos:

$640 \text{ kWh} \cdot 0,15 \text{ €/kWh} = 96 \text{ €}$

VII. EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

La corriente eléctrica causa diversos efectos sobre los elementos que atraviesa, transformándose en otros tipos de energía. Estudiaremos algunos de dichos efectos.

1. ENERGÍA CALORÍFICA (CALOR)

Cuando los electrones circulan por un conductor, chocan contra las partículas (núcleos y electrones) del material por el que circulan. De este modo la energía que transportan se convierte en energía calorífica. Este fenómeno se conoce con el nombre de **efecto Joule**.

La energía perdida por efecto Joule se puede calcular mediante la fórmula :

$$E = I^2 \cdot R \cdot t,$$

donde I es la **intensidad de corriente**, expresada en amperios;

R la **resistencia**, expresada en ohmios ; y

t es el **tiempo** expresado en segundos.

Por un lado (por ejemplo a la hora de transportar la corriente), dicho efecto es un gran inconveniente; ya que este calentamiento implica la pérdida de energía eléctrica al hacer circular la corriente por cualquier conductor. Sin embargo, puede aprovecharse en equipos como planchas, hornos, secadores, cafeteras y en cualquier dispositivo eléctrico que transforma la energía eléctrica en calor. Los elementos empleados para producir calor a partir de la luz eléctrica son las resistencias.

2. ENERGÍA LUMÍNICA (LUZ)

Al ser atravesados por la corriente, los cuerpos incrementan su temperatura. Si este aumento es importante, los cuerpos se vuelven incandescentes: es decir, comienzan a emitir luz. Al principio la luz es roja y a medida que sigue aumentando la temperatura la luz tiende al blanco.

En este fenómeno de incandescencia se basa el funcionamiento de las bombillas convencionales, llamadas por ello, **lámparas de incandescencia**. En dichas lámparas, el filamento de wolframio (un metal) alcanza unas temperaturas de 2000-3000°C al pasar la corriente a su través. Para evitar que se queme, el filamento se encierra en una ampolla de vidrio en la que se elimina el oxígeno (haciendo vacío o conteniendo una mezcla de gas inerte, normalmente argón). Su eficiencia es muy baja, ya que sólo convierte en luz visible alrededor del 15% de la energía consumida. Debido a este bajo rendimiento energético y su tiempo de vida relativamente corto frente a otras opciones, la Unión Europea, prohibió la fabricación de este tipo de bombillas en territorio Europeo en el año 2012.



Fig 15: Esquema de una lámpara incandescente.

Por otro lado, la emisión de luz puede producirse por excitación de un gas al verse sometido a descargas eléctricas, como ocurre en el caso de las **lámparas o tubos fluorescentes**. Las lámparas fluorescentes están compuestas por una ampolla o tubo de vidrio soplado que contiene en su interior un gas inerte, normalmente argón y neón, a baja presión. Además, contiene una pequeña cantidad de mercurio. En los extremos del tubo se encuentran dos filamentos, entre los cuales se crea la diferencia de potencial para que funcione la lámpara. Al encender el tubo

fluorescente, se excitan los átomos de mercurio, los cuales emiten luz ultravioleta. Dicha radiación es absorbida por una sustancia fluorescente a base de fósforo, la cual emite luz visible al incidir sobre ella la luz ultravioleta.

Estos tubos suponen un gran ahorro de energía con respecto a las bombillas incandescentes, ya que no malgastan tanta energía en forma de calor (son frías al tacto), necesitan menor potencia y poseen un tiempo de vida bastante mayor. Sin embargo, presentan cierto retardo a la hora de encenderse o alcanzar su máxima potencia lumínica, su emisión no es continua (tras muchas horas de funcionamiento se puede apreciar el parpadeo), emplean elementos contaminantes (en especial el mercurio) y no conviene su instalación en ambientes donde se vaya a estar encendiendo y apagando continuamente.



3. ENERGÍA MECÁNICA (MOVIMIENTO)

La conversión de energía eléctrica en mecánica se realiza a través de motores, por ejemplo, en un tren eléctrico, en una batidora, en un exprimidor, en un ventilador...

Su funcionamiento se basa en el fenómeno de inducción electromagnética. En dicho efecto, la corriente que pasa por un conductor genera a su alrededor un campo electromagnético, comportándose como un imán. Este efecto, que además es reversible, se utiliza en los motores eléctricos, los cuales aprovechan las fuerzas de atracción y repulsión entre un imán y un hilo conductor enrollado colocado en su interior. Estas fuerzas provocan el movimiento del eje del motor.

