

1. La corriente eléctrica.

§ **Corriente eléctrica:** En sentido amplio, todo movimiento de cargas eléctricas constituye una corriente eléctrica. Sin embargo, se suele denominar corriente eléctrica a un movimiento de electrones a través de una sección transversal de un hilo conductor.

**La corriente eléctrica a través de un metal.** Los electrones libres del metal se mueven, globalmente considerados, en un campo electrostático.

**La corriente eléctrica a través de una disolución iónica.** En una disolución iónica, los iones se desplazan en el campo eléctrico creado al situar dos electrodos a diferente potencial.

- El sentido de la corriente eléctrica se ha establecido por convenio como el correspondiente al desplazamiento desde potenciales más altos a potenciales más bajos. En un conductor los electrones se desplazan en sentido contrario al asignado a la corriente.
- En función del sentido en el que circulen las cargas, la corriente puede ser:

**Continua:** El sentido no cambia con el tiempo. La corriente continua supone una diferencia de potencial constante y del mismo sentido entre los polos del generador. En esta situación, la intensidad de corriente estacionaria es constante, por lo que la gráfica intensidad de corriente ( $I$ ) – tiempo ( $t$ ) será una línea recta (ver gráfica). En este caso la corriente continua se llama constante o estacionaria. En caso contrario la corriente continua se denomina variable. Las pilas y baterías suministran corriente continua y constante.

**Alterna:** El sentido cambia con el tiempo de forma periódica. La corriente alterna supone que la diferencia de potencial varía de signo o sentido alternativamente y, lógicamente, también varía el sentido de la corriente que circula (ver gráfica). La corriente alterna es la que circula por los circuitos eléctricos de las casas. En Europa tiene una frecuencia de cambio de sentido de 50 Hz, y en EE UU, de 60 Hz.

§ **Banda de conducción:** Los materiales más empleados en la fabricación de conductores son los metales. Algunos electrones de los átomos poseen una energía incluida en la zona energética llamada banda de conducción y, debido a ello, pueden moverse libremente por toda la red metálica. Al aplicar un campo eléctrico externo entre los extremos de un conductor metálico, se establece una diferencia de potencial que arrastra electrones desde la zona de potencial más negativo hasta la de potencial más positivo.

§ **Electrólitos:** Los electrólitos son disoluciones que contienen iones positivos y negativos con libertad de movimiento en su seno. El flujo de cargas en los electrólitos tiene dos sentidos:

- Los iones positivos se mueven en el sentido de los potenciales decrecientes.
- Los iones negativos se mueven en el sentido de los potenciales decrecientes.

Ambas corrientes se suman en lugar de restarse, ya que la carga neta transportada a través de una sección transversal del conductor depende del signo de la carga.

## 2. Intensidad de corriente.

Si establecemos una diferencia de potencial entre dos puntos y el medio que los separa es conductor, se origina un movimiento o flujo de cargas sistemático y continuo mientras exista la diferencia de potencial.

El movimiento o flujo de cargas supone que, a través de una determinada superficie, pasa un número determinado de cargas eléctricas (electrones en caso de los metales o iones en el caso de las disoluciones de electrólitos) en un determinado intervalo de tiempo. El cociente entre la carga total que ha pasado y el tiempo considerado se denomina intensidad de corriente eléctrica y nos proporciona una medida del flujo de carga eléctrica:

La intensidad de corriente se mide en **amperios (A)** en el Sistema Internacional y es una magnitud de carácter fundamental, en consecuencia, el amperio es una unidad fundamental y equivale a un flujo de cargas de un culombio por cada segundo.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Es decir, una corriente de un amperio supone que pasa, a través de una sección perpendicular al conductor, un culombio de carga eléctrica en cada segundo o, lo que es lo mismo,  $6,25 \cdot 10^{18}$  electrones cada segundo. La definición correcta del amperio, al ser una unidad fundamental, se hace a partir de las interacciones entre corrientes eléctricas y, recientemente, a partir de fenómenos más complejos. Por esta razón debemos definir el culombio a partir del amperio:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta Q = I \cdot \Delta t \Rightarrow 1C = 1A \cdot 1s$$

[ver definición de culombio en el apartado “Fenómenos electrostáticos”]

## 3. Resistencia eléctrica.

§ **Ley de Ohm:** Ohm fue un físico alemán (1789-1854) que establece que, para los conductores metálicos, la resistencia es constante para cualquier diferencia de potencial (voltaje) aplicada:

$$\frac{(V - V')}{I} = \frac{(V - V')}{I'} = \frac{(V - V')}{I''} = \dots = \text{constante}$$

o sea:

$$\frac{V - V'}{I} = R = \text{constante}$$

Los medios conductores que cumplen con la ley de Ohm se llaman medios óhmicos o medios lineales. Existen otros medios conductores en los que la resistencia depende del voltaje aplicado: termistores, válvulas de vacío, semiconductores, transistores, etc.

§ **Resistencia eléctrica:** La constante  $R$  recibe el nombre de resistencia eléctrica del conductor y se mide en ohmios (O). De acuerdo con la ley de Ohm, un conductor

tiene una resistencia de 1  $\Omega$  cuando al establecer entre sus extremos una diferencia de potencial (ddp) de 1 V, circula por él una corriente de 1 A.

La dificultad que encuentran las cargas para moverse es distinta en cada metal. Depende de factores como el tipo de red y el tamaño de los átomos del metal. Esta dificultad característica de cada conductor se denomina resistividad o resistencia específica del material ( $\rho$ ). Permite calcular fácilmente el valor de la resistencia de los conductores, cuando estos tienen forma de hilo. La relación de la resistividad con la resistencia es:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

Siendo  $l$  la longitud del conductor y  $S$  el área de su sección. La unidad de medida de la resistividad en el sistema internacional es el  $\Omega \cdot m$ .

Los valores de resistividad son muy diversos. Para los conductores su valor es pequeño, mientras que para los aislantes su valor es enorme. La resistividad y la resistencia dependen de la temperatura: generalmente la resistencia de los conductores aumenta con la temperatura.

Valores de la resistividad para distintos conductores y aislantes a una determinada temperatura, igual para todos ellos:

<b>RESISTIVIDAD DE ALGUNOS CONDUCTORES Y AISLANTES</b>	
Material	Resistividad (en $\Omega \cdot m$ )
Plata	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Cobre	$1,7 \cdot 10^{-8}$
Aluminio	$2,8 \cdot 10^{-8}$
Hierro y acero	$10^{-7}$
Nicromo	$10^{-6}$
Vidrio	$10^{14}$
Madera	$1,08 \cdot 10^{14}$
Ámbar	$5 \cdot 10^{14}$

#### 4. Generadores y receptores eléctricos.

§ **Generadores eléctricos:** Para producir una corriente eléctrica en un hilo conductor se necesita establecer entre sus extremos una diferencia de potencial (ddp). A medida que circulan las cargas por el conductor se va reduciendo la diferencia de

potencial, hasta llegar a anularse. En este momento se ha alcanzado el equilibrio electrostático.

Si lo que se quiere es mantener de forma indefinida la corriente, hay que impedir que la diferencia de potencial se anule; para ello se utilizan unos dispositivos denominados generadores de corriente eléctrica.

Los generadores eléctricos son aparatos que se utilizan para convertir la energía mecánica en eléctrica, o a la inversa, con medios electromagnéticos. A una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica se le denomina generador, alternador o dínamo.

§ **Fuerza electromotriz:** Los generadores se caracterizan por la llamada fuerza electromotriz (f.e.m.),  $\varepsilon$ , que se define como la energía eléctrica que el generador comunica a la unidad de carga que circula a su través. Es decir:

$$\varepsilon = \frac{\text{energía}}{\text{carga}} = \frac{E}{q}$$

o:

$$\varepsilon = \frac{T}{q}$$

En función de la intensidad de corriente que circula, supuesta constante, tendremos la ecuación de la energía:

$$\text{Energía (E)} = \varepsilon \cdot q = \varepsilon \cdot I \cdot t$$

La potencia del generador será:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{\varepsilon \cdot I \cdot t}{t} = \varepsilon \cdot I$$

§ **Fuerza contraelectromotriz:** La fuerza contraelectromotriz se da en los receptores eléctricos (resistencia y motores) y es la energía eléctrica que cede la unidad de carga eléctrica cuando circula a través del mismo:

$$\varepsilon' = \frac{T'}{q} = \frac{T'}{I \cdot t}$$

Los receptores eléctricos tienen un rendimiento que se halla con el cociente entre la energía útil obtenida y la energía total empleada en su obtención. En el caso de los motores:

$$\eta = \frac{E.\text{útil}}{E.\text{total}} = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon' + I \cdot r'}$$

§ **Efecto Joule:** La energía eléctrica que el generador comunica a las cargas se transforma en energía mecánica si en el circuito hay un motor eléctrico; en energía química si hay una batería cargándose; etc. Si hay una resistencia, la energía se transforma en calor. La explicación está en los choques que experimentan las cargas eléctricas y que hacen que la energía eléctrica se transforme en calor, aumentando la temperatura de la resistencia. Este hecho se conoce como efecto Joule y representa la aplicación del principio de conservación de la energía a la transformación de energía eléctrica en calor. Si consideramos la equivalencia calor – trabajo ( $1\text{J} = 0,24 \text{ cal}$ ), el calor desprendido en una resistencia  $R$  por la que circula una corriente  $I$  durante un tiempo  $t$  será:

$$Q = \frac{(V - V') \cdot (V - V')}{R} \cdot t = I \cdot I \cdot R \cdot t$$

donde todas las magnitudes vendrán en unidades del sistema internacional. Si quisiéramos que  $Q$  estuviera en calorías (cal) se aplicaría lo siguiente:

$$Q = 0,24 \cdot \frac{(V - V') \cdot (V - V')}{R} \cdot t$$

§ **Potencia:** La potencia es la energía generada o consumida por unidad de tiempo:

$$P = \frac{T}{t} = (V - V') \cdot I = \frac{(V - V') \cdot (V - V')}{R} = I \cdot I \cdot R$$

Todos los dispositivos eléctricos domésticos, desde una simple bombilla hasta un televisor, indican la potencia que consumen. Como se conoce habitualmente la tensión a la que se conectan, es fácil calcular la intensidad que circula por ellos o la resistencia que poseen. La unidad de medida en el sistema internacional de la potencia es el vatio (W).

#### 5. Asociación de resistencias.

§ **Resistencias en serie:** Dos resistencias se encuentran en serie en un circuito cuando aparece una a continuación de otra, unidas por un solo hilo conductor. Se cumple que:

- a) La intensidad de corriente que circula por ellas es la misma y coincide con la que circula por el hilo conductor que las une.
- b) La diferencia de potencial (ddp) entre los extremos de la asociación es la suma de las ddp entre los extremos de cada resistencia.

En un circuito eléctrico, una asociación de resistencias en serie se puede sustituir por una resistencia equivalente a la suma de las mismas:

$$R_{\text{equivalent}} = \Sigma R$$

§ **Resistencias en paralelo o derivación:** Dos resistencias se encuentran en paralelo o derivación cuando se sitúan en dos conductores distintos que proceden de un punto común. En este caso:

- a) La diferencia de potencial (ddp) entre los extremos de ambas es la misma y coincide con la que existe en los extremos de la asociación.
- b) La intensidad de corriente en el circuito es la suma de las intensidades que circulan por cada una de las ramas de la asociación.

En una asociación de resistencias en paralelo, la inversa de la resistencia equivalente es

$$\frac{1}{R_{equivalente}} = \sum \frac{1}{R}$$

igual a la suma de las inversas de las resistencias.

§ **Asociaciones mixtas:** Los circuitos suelen tener asociaciones mixtas de resistencias, es decir, resistencias que se encuentran a la vez en serie con unas resistencias y en paralelo con otras.

Para calcular la resistencia equivalente en estos casos hay que calcular primero, la equivalente a las que se encuentran en paralelo y terminar el procedimiento considerando las resistencias equivalentes calculadas antes como resistencias situadas en serie con el resto.

#### 6. Redes eléctricas. Leyes de Kirchhoff.

Se llama red eléctrica a un conjunto de elementos unidos por conductores, tal que por cada elemento pasa una determinada corriente eléctrica. En toda red eléctrica se pueden distinguir los nudos (punto de la red donde concurren tres o más conductores), las ramas (parte de la red comprendida entre dos nudos consecutivos) y las mallas (parte cerrada de la red tal que, partiendo de un nudo, se puede regresar a él sin pasar dos veces por la misma rama).

Para calcular la corriente que circula por cada elemento de la red se utilizan las reglas o leyes de Kirchhoff:

- *Primera ley de Kirchhoff.* La suma algebraica de las corrientes que concurren en un nudo es siempre nula.

Es decir:

$$\sum I = 0$$

Esta ley es una consecuencia del principio de conservación de la carga eléctrica en un circuito en régimen estacionario, y también podemos expresarla así: las corrientes que llegan a un nudo son iguales a las que salen de él.

- *Segunda ley de Kirchhoff.* En una malla se cumple que la suma algebraica de las fuerzas electromotrices es igual a la suma algebraica de los productos de las resistencias por la corriente que circula por cada rama que compone la malla.

Es decir:

$$\sum \varepsilon = \sum I \cdot R$$

Las leyes de Kirchhoff son el método más general que existe para la resolución de circuitos, de modo que se pueden aplicar tanto a los circuitos sencillos como a los más complejos.

