

UNIDAD 1. FUNDAMENTOS DE LA ELECTRICIDAD

Teoría electrónica

Cualquier átomo está constituido por un núcleo subdividido, a su vez, en protones y neutrones; en torno a dicho núcleo giran los electrones. El protón tiene carga positiva y el electrón carga negativa. En un átomo eléctricamente neutro, el número de protones es igual al número de electrones, como muestra la figura 1.1

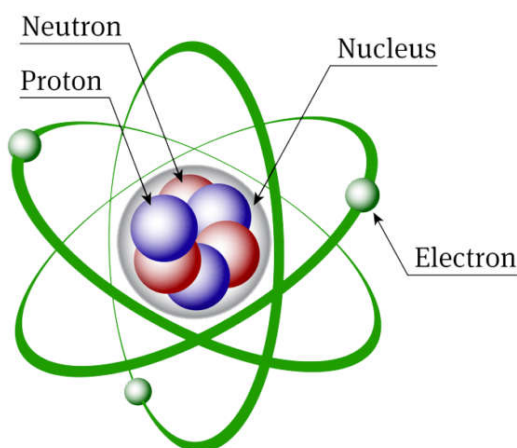


Figura 1.1. Estructura atómica.

Si un átomo pierde electrones queda electrizado positivamente, si , por el contrario, los adquiere, queda electrizado negativamente. De todos es conocido el fenómeno de electrización de los cuerpos por frotamiento. En electricidad, el electrón es la parte más importante del átomo, ya que de su facilidad para recorrer los distintos materiales va a depender que estos sean conductores o aislantes. Por tanto, podemos decir que la unidad elemental de carga eléctrica es el electrón.

Corriente eléctrica

Recibe el nombre de corriente eléctrica el desplazamiento de electrones sobre un cuerpo conductor. Todos los cuerpos tienden a quedar en estado eléctricamente neutro; así, si se ponen en contacto dos cuerpos, uno cargado con exceso de electrones y otro con defecto, se establecerá entre ellos un intercambio de electrones hasta que se igualen eléctricamente, tal y como se representa en la figura 1.2. El sentido convencional de la corriente eléctrica es el contrario al del movimiento de los electrones, esto es, de + a -.

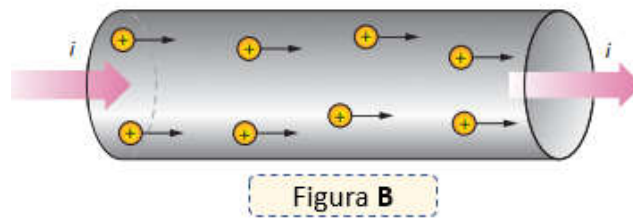


Figura 1.2. Desplazamiento de electrones

Circuito eléctrico

El circuito eléctrico es el camino a través del cual se desplazan los electrones. Para su mejor comprensión se establece un símil entre el circuito hidráulico y el circuito eléctrico. Sean dos recipientes que se encuentran a distinto nivel y unidos por medio de un tubo, como se observa en la figura 1.3.

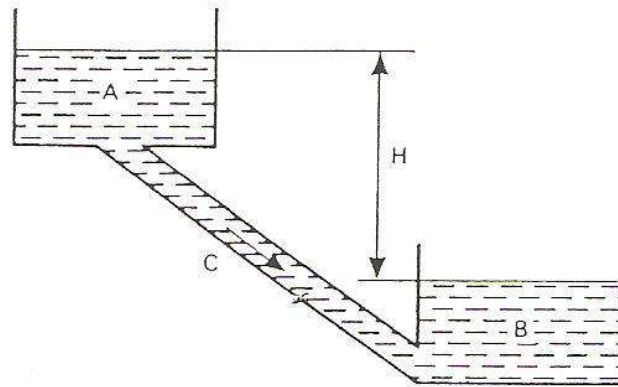
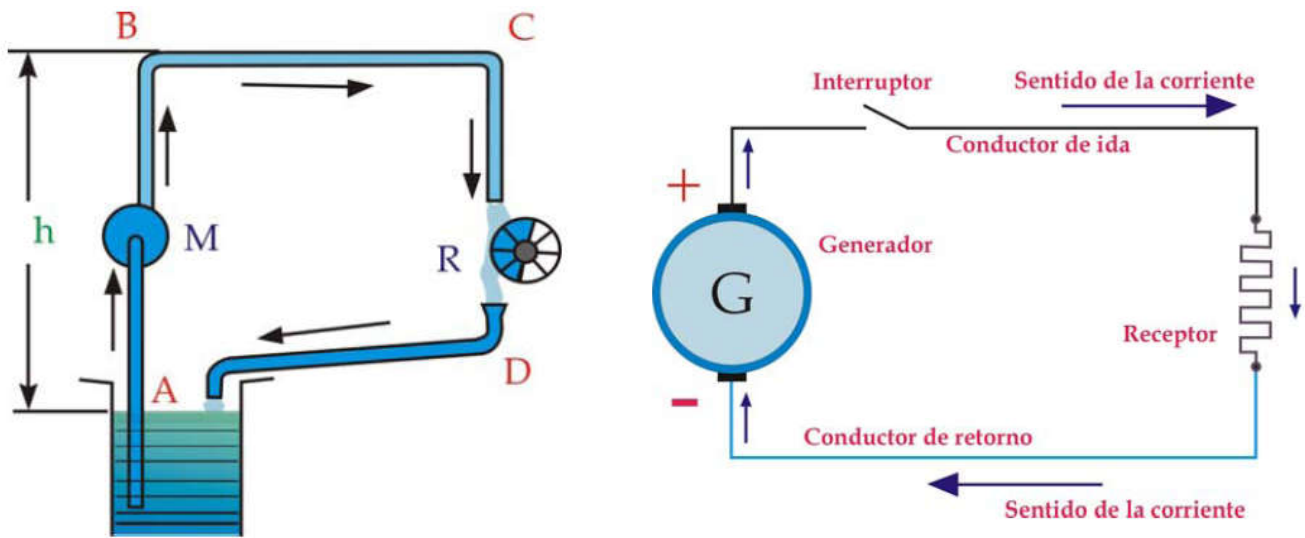


Figura 1.3. Circuito hidráulico

Entre ellos se establece una corriente de agua desde el depósito más alto hacia el que se encuentra más bajo y hasta que queda eliminado el desnivel H . Así como la corriente de agua se ha producido por la diferencia de nivel existente, la corriente eléctrica por una diferencia de potencial eléctrico (electrones) entre dos puntos unidos por un conductor.

Circuito hidráulico cerrado y circuito eléctrico

A continuación se representa un circuito hidráulico y un circuito eléctrico. El circuito hidráulico consiste en dos depósitos llenos de agua a diferentes desniveles conectados y entre los que se intercalan diferentes elementos. El circuito eléctrico consta de un consumidor y un generador eléctrico unidos mediante conductores.



Para mantener la circulación de agua de forma continua (figura de la izquierda), se precisa una bomba hidráulica (M) que la eleve desde el depósito A al nivel B. El agua en su recorrido descendente, produce un trabajo, al mover las paletas de la turbina (R). En un circuito eléctrico (figura de la derecha), el generador proporciona el desnivel eléctrico, esto es, la fuerza electromotriz (Fem.), y los electrones, en su recorrido, producen un trabajo al atravesar el receptor

Símil entre ambos circuitos

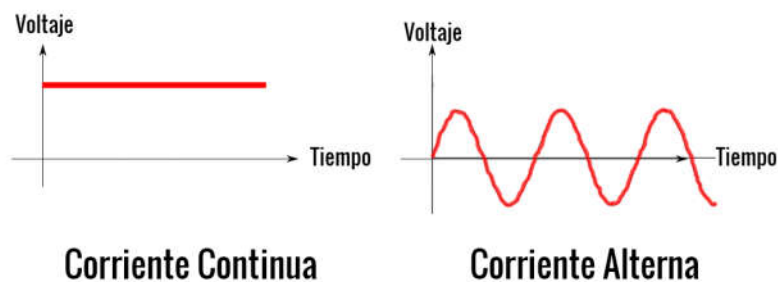
Hemos observado la analogía existente entre ambos circuitos y sabemos que se da una relación directa entre ellos:

- Una bomba hidráulica de mayor tamaño podrá desplazar el agua a una altura más elevada.
- Un generador mayor proporciona una fuerza electromotriz (Fem.), y por tanto una diferencia de potencial (ddp) más elevada.
- La turbina nos proporciona un trabajo mecánico en su eje al ser atravesado por los electrones en su recorrido.
- Una tubería de mayor sección puede transportar más cantidad de agua y producir mayor trabajo con menos pérdidas.
- La válvula permite o interrumpe el paso de agua.
- El interruptor deja pasar la corriente o la interrumpe.

- Para que circule el agua, la válvula debe estar abierta.
- Para que circule la corriente, el interruptor debe estar cerrado.

Tipos de corriente.

La corriente eléctrica en un circuito puede circular siempre en el mismo sentido, o hacerlo alternativamente en ambos sentidos. En el primer caso se trata de corriente continua, y en el segundo caso de corriente alterna.



1.2. MAGNITUDES Y FENÓMENOS ELÉCTRICOS

En todo circuito eléctrico se ponen de manifiesto una serie de magnitudes eléctricas, como son: fuerza electromotriz, diferencia de potencial, cantidad de electricidad, intensidad de corriente, densidad de corriente, resistencia, potencia y energía.

Fuerza electromotriz (fem)

Es la causa que origina el movimiento de los electrones en todo circuito eléctrico, su unidad es el voltio. Es una magnitud que se refiere únicamente al generador. En el resto del circuito se emplea el Voltaje o Diferencia de Potencial.

Diferencia de potencial (ddp)

También se conoce como tensión eléctrica o voltaje. Es el trabajo que tiene que realizar una carga eléctrica para moverse entre dos puntos de un circuito. De alguna manera es el “desnivel” existente entre dos puntos de un circuito. Su unidad es el voltio (V). Se mide con un voltímetro. Se representa con la letra U o V.

Cantidad de electricidad o carga eléctrica (Q)

Es el número total de electrones que recorre un conductor, Como la carga del electrón es de un valor muy pequeño, la unidad práctica que se emplea es el Culombio (C)

$$1 \text{ Culombio} = 6,3 \cdot 10^{18} \text{ electrones}$$

Intensidad de corriente (I)

Es la cantidad de electricidad que atraviesa un conductor en la unidad de tiempo (1 s). La unidad es el amperio (A), se mide con un amperímetro

$$I = \frac{Q}{t} \quad [A] = \frac{[C]}{[s]}$$

I = Intensidad [A]

Q = Carga [C]

t = Tiempo [t]

Densidad de corriente eléctrica (δ)

Es el número de amperios que circula por cada mm² de conductor, esto es, la intensidad por unidad de sección. Se representa por la letra δ (*“delta”*) y la unidad es el A/mm²

$$\delta = \frac{I}{S}$$

δ = Densidad [A/mm²]

I = Intensidad [A]

S = Superficie de la sección del conductor [mm²]

Resistencia (R)

Es la dificultad que presenta un material al paso de la corriente eléctrica, se representa con la letra R y su unidad es el ohmio [Ω]. Dicha dificultad responde a la atracción de los núcleos sobre los electrones en su propio desplazamiento. Cada material posee una resistencia específica característica que se conoce con el nombre de resistividad. La resistividad se representa por la letra ρ (*“rho”*) y la unidad de medida es el Ω·mm²/m. A continuación se exponen la resistividad de algunos metales:

Material	Resistividad a 20°C [Ω·mm ² /m]
Plata	0,016
Cobre	0,017
Aluminio	0,028

Estaño	0,12
Mercurio	0,94

Por tanto, la resistencia (R) de un conductor depende directamente de su resistividad y longitud y es inversamente proporcional a su sección. Se mide con un óhmetro. La resistencia de un conductor valdrá, por tanto:

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

R = Resistencia [Ω] ρ = Resistividad [$\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$] L = longitud del conductor S = Superficie de la sección del conductor [mm^2]

En función de su resistividad, los materiales se clasifican en Conductores, Semiconductores o Aislantes.

Ley de Ohm

La ley de Ohm relaciona la intensidad, la tensión y la resistencia mediante el siguiente enunciado: En un circuito eléctrico, la intensidad de la corriente que lo recorre, es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia que presenta éste. En la figura siguiente se puede ver un circuito básico, compuesto por una pila o batería y un elemento resistivo R como carga.

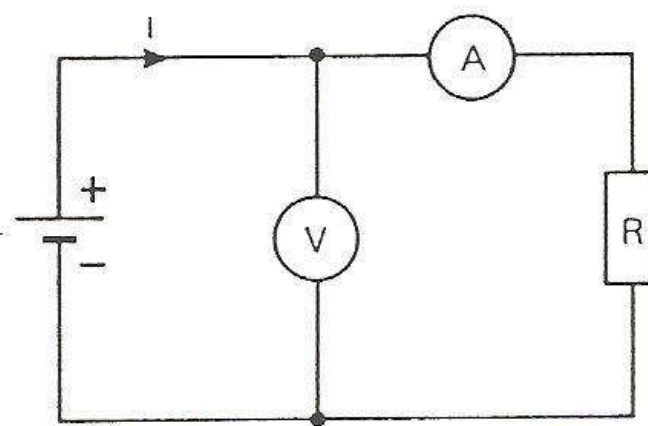


Figura 1.6. Circuito eléctrico básico

A este circuito se le puede aplicar la ley de Ohm de forma que matemáticamente se expresaría de la siguiente forma:

$$V = R \cdot I$$

V = Tensión [V]

R = Resistencia [Ω] I = Intensidad [A]

Potencia eléctrica (P)

Potencia eléctrica es la cantidad de trabajo desarrollada en la unidad de tiempo. En un circuito eléctrico es igual al producto de la tensión por la intensidad. Su unidad es el vatio (W). Se mide con un vatímetro.

$$P = V \cdot I \quad \text{ó también} \quad P = R \cdot I^2$$

P = Potencia [W]

V = Tensión [V]

R = Resistencia [Ω] I = Intensidad [A]

Rendimiento eléctrico (η)

En un receptor eléctrico, durante el proceso de transformación de la energía eléctrica en otro tipo de energía (mecánica, calorífica...), siempre se producen una serie de pérdidas. Estas pérdidas provocan que, de la potencia que el receptor absorbe de la planta eléctrica, sólo una parte sea potencia útil y se transforme en el trabajo que debe desarrollar el receptor.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

η = Rendimiento

P_u = Potencia útil [W]

P_a = Potencia absorbida [W]

Energía eléctrica

Es el trabajo desarrollado en un circuito eléctrico durante un tiempo determinado. Su unidad es el Julio (J), aunque lo habitual es expresarlo en unidades de *potencia x tiempo*. Viene dado por la fórmula:

$$E = P \cdot t$$

E = Energía [J]

P = Potencia [W]

t = Tiempo [s]

El [W·s] es una unidad es muy pequeña, por lo que se emplea otra de valor más elevado, el kilovatio por hora [kW·h].

Efecto Joule

Se entiende por este nombre al calentamiento experimentado por un conductor al ser atravesado por la corriente eléctrica. Dicho calentamiento se debe al roce de los electrones con los átomos a su paso por el conductor. Las unidades caloríficas usadas son la caloría (cal) y la kilocaloría (kcal ó Cal). Caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua un grado centígrado. Kilocaloría es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un kilogramo de agua un grado centígrado.

$$1 \text{ Cal} = 1000 \text{ cal.}$$

Existe una equivalencia entre la unidad de energía eléctrica y la unidad calorífica:

$$1 \text{ julio} = 0,24 \text{ calorías.}$$

De la misma manera, la energía calorífica y la energía eléctrica vienen relacionadas por la expresión siguiente, conocida como la Ley de Joule:

$$Q = 0,24 \cdot E \quad \text{ó también} \quad Q = 0,24 \cdot R \cdot I^2 \cdot t$$

Q=Calor [cal]

R=Resistencia [Ω]

I=Intensidad [A]

t=Tiempo [s]

El efecto Joule se aprovecha para la generación de calor de forma sencilla en elementos calefactores, mediante el uso de resistencias eléctricas. Sin embargo, este efecto puede tener efectos no deseados en ciertas aplicaciones eléctricas, por ejemplo en el transporte de energía. Un conductor eléctrico, por bueno que sea, siempre tiene una cierta resistencia ohmica, y al ser atravesado por una corriente eléctrica va a generar un calentamiento. Este aumento de calor no deseado debe ser disipado, pues de lo contrario los aislantes eléctricos del cableado no lo soportarán, pudiendo ocasionarse accidentes.

Influencia de la temperatura en la resistencia de un conductor

Al calentarse un metal, aumenta la agitación de sus átomos, lo que dificulta el desplazamiento de electrones; el resultado es un aumento de la resistencia en el conductor. Se define como coeficiente de temperatura al aumento de resistencia que experimenta un conductor al incrementar su temperatura un grado centígrado. Por lo

tanto, la resistencia de un conductor al aumentar la temperatura es igual a la que tenía inicialmente más el aumento experimentado, y viene dada por la fórmula:

$$R_f = R_i \cdot (1 + C_T \cdot \Delta T)$$

R_f =Resistencia inicial [Ω] R =Resistencia final [Ω] C_T =Coeficiente temperatura
 ΔT =variación temperatura [$^{\circ}\text{C}$]

A continuación se representan los coeficientes de temperatura de algunos metales:

Material	Coeficiente de temperatura
Plata	0,0036
Cobre	0,00393
Aluminio	0,004
Estaño	0,0045
Tungsteno	0,0042
Manganina	0,00001

1.3 MEDICIÓN ELÉCTRICA

La tarea de realizar mediciones de diferentes magnitudes eléctricas es importante a la hora de verificar el correcto funcionamiento de un circuito eléctrico, así como cuando es necesario solucionar una avería. Los aparatos de medición eléctrica han evolucionado desde los que se basaban en el movimiento de una aguja sobre una escala, hasta los modelos digitales actuales, en los que se muestra una magnitud medida de forma numérica sobre una pantalla. Pueden realizar mediciones en corriente continua (CC), en alterna (CA), o en ambas. Según la aplicación existen instrumentos portátiles, fijos o de laboratorio. Asimismo, existen tres formas de presentar la medición:

- Indicadores. Presentan la medición de forma instantánea
- Registradores. Realizan la medición a lo largo del tiempo y la proporcionan en algún tipo de soporte (informático, papel, ...).
- Contadores. Realizan una medición acumulativa a lo largo del tiempo. Un ejemplo es el contador de energía eléctrica consumida.

A la hora de emplear un medidor, se deben tener en cuenta sus características:

- El **alcance** de medición es la parte de la escala (el mínimo y el máximo) que el

aparato es capaz de medir correctamente

-La **sensibilidad** es la capacidad del aparato para detectar variaciones en la medida

-El **fondo de escala**, es la capacidad del aparato para ajustar la medición a varias escalas

-La **resolución** es el valor mínimo que puede detectar el aparato

Una medición nunca es completamente exacta, puesto que el **valor real** (V_R) que pretendemos medir siempre va a ser ligeramente diferente al **valor medido** (V_M) que nos indique el aparato. La diferencia entre ambos valores es el **error absoluto** (E_A)

Los aparatos de medida vienen identificados por el **error relativo** que cometen, que es el cociente entre el error absoluto y el valor real, expresado en %.

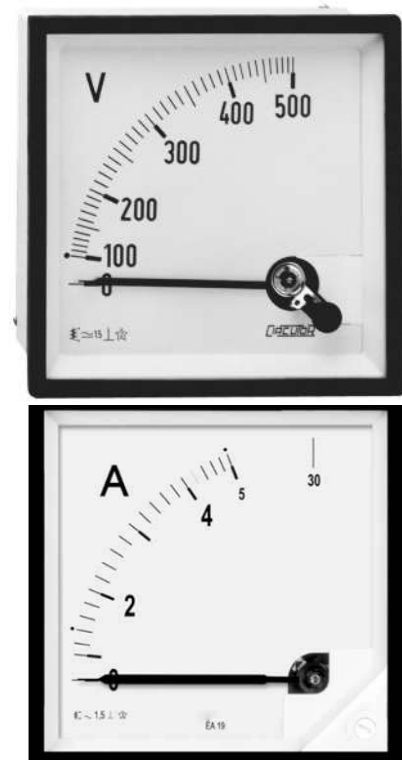
Los aparatos de medición analógicos aprovechan los efectos electromagnéticos o electro térmicos para construir mecanismos internos capaces de mover una aguja indicadora que está conectada a un resorte (muelle) que controla su sensibilidad y la hace volver a su posición de reposo (cero) cuando termina la medición.

Los aparatos digitales no tienen elementos mecánicos y utilizan circuitos electrónicos para convertir la magnitud que se está midiendo en tensión, y de esta manera. Son más precisos y de más fácil lectura que los analógicos, y suelen necesitar menos calibración.

Medición de la tensión eléctrica

Se realiza con un voltímetro, el cual se conecta en paralelo con el objeto a medir. Se debe tener la precaución de seleccionar el tipo de corriente (continua o alterna), así como el fondo de escala a medir. En caso de desconocer, se debe seleccionar la escala más alta e ir disminuyéndola hasta obtener una lectura correcta. Tienen una gran resistencia interna, para no afectar a la medida

Medición de la intensidad de la corriente



Se realiza con un amperímetro, que debe ser conectado en serie con el circuito a medir. Se debe vigilar el rango máximo de la corriente que el polímetro es capaz de afectar. Tiene una resistencia interna muy baja, para no afectar a la medida.

Nunca se deben medir intensidades entre dos bornes (de una batería, de un enchufe), puesto que lo que estaremos haciendo es colocar el aparato en paralelo, y dado que su resistencia interna es mínima, se provocará un cortocircuito que dañará el aparato y hará saltar las protecciones eléctricas de la instalación

Medición de la resistencia eléctrica

Se realiza con un óhmetro, que se conecta en paralelo con la resistencia a medir, pero se debe realizar sin tensión. Es la propia batería del aparato la que proporciona la corriente necesaria para la medición.

Otras magnitudes mesurables

Hoy en día existen multitud de aparatos capaces de medir todo tipo de magnitudes, por ejemplo:

- Potencia, potencia reactiva y factor de potencia (vatímetro, varímetro y fasímetro)
- Frecuencia (frecuencímetro)
- Capacidad de los condensadores (capacímetro)
- Resistencia de aislamiento (megaóhmetro)



Varímetro analógico



Fasímetro analógico



Megaóhmetro

EL POLÍMETRO / MULTÍMETRO / TESTER

Es un aparato con el cual se pueden realizar distintos tipos de mediciones. Al menos tensión, intensidad, resistencia y continuidad, y tiene un selector para utilizarlo con varias escalas de medida. Tiene varios bornes en función de la magnitud que se vaya a medir. Normalmente son tres bornes. Uno es común, el segundo es para la mayor parte de medidas, mientras que el tercero se reserva para la medición de corrientes, generalmente hasta 10A.



A PINZA AMPERIMÉTRICA

Se utiliza para medir la intensidad de una corriente alterna de baja tensión sin necesidad de interrumpir el circuito. El aparato tiene forma de pinza y puede abrirse y cerrarse con facilidad. La pinza constituye el núcleo magnético del primario de un transformador de intensidad, y el secundario tiene sus extremos conectados a un amperímetro que también va incorporado a la pinza.



OTROS APARATOS

Si bien no son estrictamente aparatos de medición, es interesante conocer: el buscapolos

En uno de los extremos se coloca una punta de prueba y en el otro un borne metálico. Para comprobar la posible tensión en un punto se coloca el buscapolos se indica de forma que el cuerpo humano cierre el circuito a tierra. La lámpara se encenderá cuando el extremo toque un punto activo fase o polo. Para evitar posibles accidentes puede cerrarse el circuito con un cable eléctrico.

