

Electricidad

Corriente eléctrica

La corriente eléctrica consiste en el flujo de cargas eléctricas a través de un conductor. En el caso de los conductores metálicos (por ejemplo un alambre de cobre), la corriente eléctrica está constituida por un flujo de electrones. En los conductores líquidos (por ejemplo una solución de cloruro de sodio o sal común en agua) la corriente eléctrica está constituida por el movimiento de iones positivos (cationes) e iones negativos (aniones). En el caso de los gases (por ejemplo en las lámparas de vapor de mercurio) la corriente está constituida por el movimiento de cationes, de aniones, y también de electrones libres.

En un alambre la corriente eléctrica es un flujo de electrones, y en un electrolito la corriente eléctrica corresponde a un flujo de cationes y aniones. La intensidad de la corriente eléctrica (representada por la letra I) en el SIU se denomina ampere (símbolo A) y se define como:

$$1 A = 1 C / s$$

Es decir, si en un conductor circula una corriente de $1 A$, ello significa que por dicho conductor está circulando una carga de $1 C$ en cada segundo. Generalmente se utilizan submúltiplos del ampere, tales como el miliampere ($1 mA = 10^{-3} A$) y el microampere ($1 \mu A = 10^{-6} A$).

Tipos de corriente

Hay dos tipos de corriente eléctrica: corriente directa o continua (CD ó CC) y corriente alterna (CA). La corriente directa es aquella que fluye en una sola dirección (unidireccional o de sentido constante). Este tipo de corriente es proporcionada, por ejemplo, por las pilas (que se emplean en las linternas, radios, etc.) o bien por las baterías o acumuladores del automóvil.

La corriente alterna es aquella que cambia periódicamente de dirección, desplazándose unas veces en una dirección y otras en dirección contraria. Este tipo de corriente es que la suministran las empresas de electricidad en casi todas las ciudades del mundo y es utilizada en nuestros hogares (electrodomésticos, equipos de sonido, televisión, computadoras, etc.) y en la industria. Una corriente alterna puede transformarse en corriente continua por medio de dispositivos especiales, denominados “rectificadores”, obteniéndose una corriente rectificada.

Fuerza electromotriz o Tensión

La fuerza que impulsa a la corriente a lo largo de un conductor es denominada fuerza electromotriz (FEM), su unidad en el SIU es el volt (v) y normalmente se usa el término “voltaje” en lugar de FEM. Se suele representar por las letras E o V . Sin embargo, es sumamente útil tener en mente la expresión “fuerza electromotriz”, ya que ésta fortalece la idea de una fuerza que empuja o jala las cargas alrededor del circuito para hacer que fluya corriente. Esta fuerza eléctrica o voltaje, siempre aparece entre dos puntos, y se dice que es la “diferencia de potencial” entre dichos puntos.

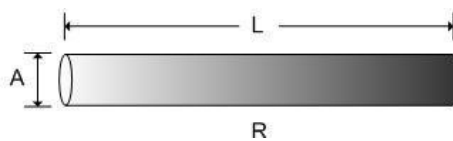
El voltaje suele expresarse mediante múltiplos, tales como el kilovolt ($1 kV = 10^3 V$) y el megavolt ($1 MV = 10^6 V$), y también mediante submúltiplos como el milivolt ($1 mV = 10^{-3} V$) y el microvolt ($1 \mu V = 10^{-6} V$).

Resistencia

La resistencia (R) representa la oposición al flujo de cargas a través de un conductor. Tanto mayor sea el valor de R mayor será la oposición que ofrece el conductor al paso de la corriente a través de él. En el SIU, la unidad de medida para la resistencia se denomina ohm y se representa por la letra griega Ω . En la industria se utilizan los siguientes submúltiplos: el miliohm ($1 \text{ m}\Omega = 10^{-3} \Omega$), el microhm ($1 \mu\Omega = 10^{-6} \Omega$), y los múltiplos: kilohm ($1 \text{ K}\Omega = 10^3 \Omega$) y el megaohm ($1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$).

Resistividad de un material

La experiencia nos muestra que si consideramos un conductor como el mostrado en la figura, el valor de su resistencia dependerá de su longitud y del área de su sección transversal.



Al realizar mediciones cuidadosas se observa que la resistencia de un material es directamente proporcional a su longitud e inversamente proporcional al área de su sección transversal, es decir:

$$R = \rho \cdot L / A$$

Donde ρ se denomina “resistividad eléctrica” del material. Su unidad en el SIU es $\Omega \text{ m}$. La resistividad es una propiedad característica del material que constituye el conductor, es decir, cada sustancia posee un valor diferente de resistividad. La tabla siguiente presenta valores de resistividad eléctrica de algunas sustancias, a una temperatura de 20°C . Si se tienen varios alambres de la misma longitud y del mismo grosor, pero hechos de diferente material, el de menor resistividad será el de menor resistencia. Es decir, que cuanto menor sea la resistividad de un material, tanto menor será la oposición que este material ofrezca al paso de la corriente a través de él.

Material	Resistividad ($\Omega \text{ m}$)
Plata	1.59×10^{-8}
Cobre	1.70×10^{-8}
Oro	2.44×10^{-8}
Aluminio	2.82×10^{-8}
Tungsteno	5.60×10^{-8}
Hierro	10×10^{-8}
Platino	11×10^{-8}
Plomo	22×10^{-8}
Mercurio	94×10^{-8}
Níquel – cromo	1.50×10^{-6}
Carbón	3.50×10^{-5}
Germanio	0.46
Silicio	640
Vidrio	$10^{10} - 10^{14}$
Caucho duro	$\approx 10^{13}$
Azufre	10^{15}
Cuarzo fundido	75×10^{16}

Ley de Ohm

La relación entre el voltaje aplicado (V), la corriente (I) y la resistencia (R) en un circuito eléctrico está dada por la ley de Ohm, la que establece que para un valor fijo (constante) de resistencia, la corriente es directamente proporcional al voltaje, es decir:

$$R = V / I$$

Por tanto, si el voltaje se duplica, también se duplica la corriente, si se triplica el voltaje se triplica la corriente, si el voltaje se reduce a la mitad la corriente también se reducirá a la mitad, etc.

Potencia eléctrica

La potencia eléctrica, representada por la letra P , es la tasa (velocidad) de producción o consumo de energía, como la potencia de un generador o la potencia disipada en una lámpara. La energía en el SIU se expresa en joules (J) y la potencia se mide en watts (W) o con frecuencia en kilowatts (kW), donde:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J} / \text{s} \qquad 1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

El consumo de energía eléctrica por lo general se suele medir en kilowatts–hora (kWh), el cual se define como el consumo de un artefacto de 1000 W de potencia durante una hora. Sin embargo, es práctica común en la industria utilizar otras unidades para expresar la potencia eléctrica, como son los caballos fuerza (hp) y la Unidad Térmica Británica (BTU). Las equivalencias de estas unidades con el watt son:

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W} \qquad 1 \text{ W} = 3.41 \text{ BTU/h}$$

Ley de Watt

La ley de Watt, establece que la potencia en un aparato eléctrico se puede determinar mediante cualquiera de las siguientes expresiones equivalentes

$$P = V \cdot I$$

$$P = I^2 \cdot R$$

$$P = V^2 / R$$

Es decir, si se conoce el voltaje aplicado y la intensidad de corriente que circula por el circuito, se puede calcular la potencia desarrollada en el equipo.

El efecto Joule

La resistencia es la componente que transforma la energía eléctrica en energía calorífica, por ejemplo en un horno eléctrico, una tostadora, un hervidor de agua, una plancha, etc. El efecto Joule puede predecir la cantidad de calor que es capaz de entregar (disipar) una resistencia.

El efecto Joule establece que la cantidad de energía calorífica (Q_c) producida por una corriente eléctrica depende directamente del cuadrado de la intensidad de corriente (I), del tiempo (t) que esta circula por el conductor y de la resistencia (R) que opone el mismo al paso de la corriente. La cantidad de calor se puede determinar mediante cualquiera de las siguientes expresiones equivalentes:

$$Q_c = V \cdot I \cdot t$$

$$Q_c = I^2 \cdot R \cdot t$$

$$Q_c = V^2 \cdot t / R$$

Aplicaciones del efecto Joule

Todos los dispositivos eléctricos que se utilizan para calentamiento se basan en el efecto Joule. Estos aparatos consisten esencialmente en una resistencia que se calienta al ser recorrida por la corriente. Las lámparas de incandescencia (o de filamento incandescentes), como la lámpara de tungsteno, conocida comúnmente como bombilla de luz, también constituyen una aplicación del efecto Joule. Sus filamentos de tungsteno, que es un metal cuyo punto de fusión es muy elevado, al ser recorridos por una corriente eléctrica, se calientan y pueden alcanzar altas temperaturas (casi 2 500 °C), volviéndose incandescentes y emitiendo una gran cantidad de luz.

Otra aplicación del efecto Joule se encuentra en la construcción de fusibles, elementos que se emplean para limitar la corriente que pasa por un circuito eléctrico; por ejemplo, en un automóvil, una casa, un aparato electrodoméstico, etc. Estos dispositivos están constituidos por una tirilla metálica, generalmente de plomo, el cual tiene un punto de fusión bajo; de esta manera, cuando la corriente que pasa por el fusible sobrepasa cierto valor (el amperaje propio de cada fusible), el calor generado por el efecto Joule produce la fusión del elemento, interrumpiendo así el paso de corriente excesiva. Por ejemplo, en una casa a medida que se van conectando a la red eléctrica varios aparatos, la corriente que “entra” a la casa a través del fusible, se va volviendo cada vez mayor. Si no existiera el fusible y el número de aparatos conectados fuera muy grande, la corriente que circularía en la instalación podría llegar a ser muy intensa. Esto produciría un calentamiento indeseable, e incluso peligroso, de los conductores. El fusible impide que esto suceda, porque al fundirse, interrumpe el paso de la corriente cuando alcanza un valor mayor que el límite superior de seguridad.

En la actualidad, además de los fusibles se emplean en las casas los llamados interruptores termomagnéticos (automáticos). En estos últimos elementos, el calentamiento de un dispositivo bimetálico produce su dilatación, haciendo que el circuito se abra. El fusible y el interruptor automático también protegen a un circuito eléctrico cuando ocurre un “cortocircuito”. Este fenómeno se produce cuando por un motivo cualquiera, la resistencia conectada de un circuito se vuelve muy pequeña, haciendo que la corriente alcance un valor muy intenso, lo cual hace que el fusible o interruptor abra el circuito, impidiendo que se produzcan efectos perjudiciales.

Como se puede observar el efecto Joule tiene muchas aplicaciones beneficiosas, en los que se requiere el calor que desprende un conductor por el paso de la corriente a través de él. Sin embargo, en muchas otras aplicaciones es un efecto indeseado y la razón por la que los aparatos eléctricos y electrónicos requieran de un ventilador que disipe el calor generado y evite el calentamiento excesivo de los diferentes dispositivos.

Análisis de circuitos eléctricos

Un circuito eléctrico es una interconexión de componentes eléctricos tales que la carga eléctrica fluye en un camino cerrado, por lo general para ejecutar alguna tarea útil. Los componentes en un circuito eléctrico pueden ser muy variados, puede tener elementos como resistores, capacitores, interruptores, transformadores y componentes electrónicos. Los circuitos electrónicos contienen componentes activos, normalmente semiconductores, exhibiendo un comportamiento no lineal, que requiere análisis complejos. Los componentes eléctricos más simples son los pasivos y lineales. En este análisis nos vamos a limitar a estos últimos.

Los circuitos eléctricos se pueden construir con corriente continua o con alterna y esto depende de la fuente de electricidad que se utilice. Al comienzo analizaremos los de corriente continua por ser más simples de comprender.

En todos los casos, un circuito se compone de unos elementos mínimos sin los cuales un circuito no tiene utilidad alguna. Estos componentes son la fuente, los conductores y el o los resistores. Se denomina resistores a cualquier dispositivo que convierta la energía eléctrica a otra forma de energía, tales como lámparas, motores, calefactores, generadores de microondas, etc. En un mismo circuito puede haber uno o más de cualquiera de estos tres elementos. Asimismo pueden estar presentes otros elementos como interruptores, relés, llaves de corte, etc.

Para analizar un circuito en forma teórica se utilizan una serie de símbolos que representan a los elementos que pueden estar en un circuito. Los más frecuentes son los que se muestran en la Fig. 1.




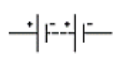













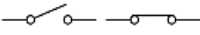





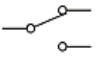


Componen	Image	Símbolo
Pila		
Batería		
Alternador		CA 
Cable		
Resistencia		
Bombilla		
Timbre		
Motor		
Interruptor abierto y cerrado		
Pulsador NA		
Pulsador NC		
Conmutador		
Fusible		

Fig. 1. Símbolos usuales para circuitos eléctricos

Circuitos en serie y circuitos en paralelo

Los tres componentes mínimos para construir un circuito se pueden conectar de múltiples maneras, pero se consideran dos disposiciones básicas: circuitos en serie y circuitos en paralelo.

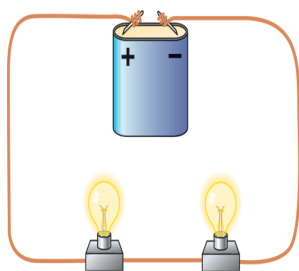


Fig. 2. circuito en serie

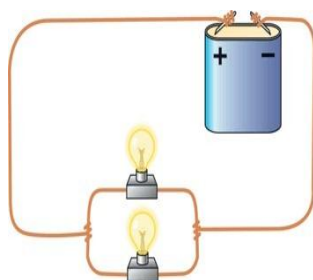


Fig. 3. circuito en paralelo

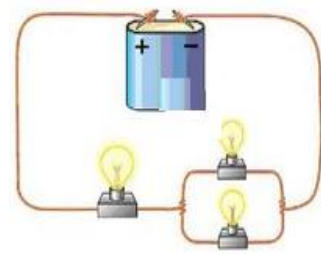


Fig. 4. circuito mixto

Se considera que un circuito está en serie cuando la corriente tiene que pasar necesariamente por todos los resistores para volver a la fuente. En otras palabras, un circuito es en serie cuando los electrones tienen que pasar a través de cada resistor para poder llegar al siguiente (ver Fig 2).

En un circuito en paralelo la corriente tiene caminos alternativos para seguir, es decir que los electrones se distribuyen y algunos pasan por unos resistores y otros pasan por otros resistores. Sin embargo, todos los resistores reciben electrones (ver Fig 3). En este diseño, cada camino alternativo se denomina *derivación* y cada punto donde los conductores se bifurcan se denomina *nodo*. Eventualmente todos los electrones que forman la corriente se reúnen en algún nodo antes de regresar a la fuente.

Además de estos dos circuitos “puros”, existen muchas otras combinaciones de estos. A todas ellas se las denominan circuitos mixtos (ver Fig 4).

Leyes de Kirchhoff

El comportamiento de los circuitos eléctricos que contienen solamente resistencias y fuentes electromotrices de corriente continua está gobernado por las Leyes de Kirchhoff. Para estudiarlo, el circuito se descompone en mallas eléctricas, estableciendo un sistema de ecuaciones lineales cuya resolución brinda los valores de los voltajes y corrientes que circulan entre sus diferentes partes.

La resolución de circuitos de corriente alterna requiere la ampliación del concepto de resistencia eléctrica, ahora ampliado por el de impedancia para incluir los comportamientos de bobinas y condensadores. La resolución de estos circuitos puede hacerse con generalizaciones de las leyes de Kirchhoff, pero requiere usualmente métodos matemáticos avanzados, como el de Transformada de Laplace, para describir los comportamientos transitorios y estacionarios de los mismos.

Primera ley de Kirchhoff o ley de nodos

Esta ley dice que "la sumatoria de las corrientes que entran a un nodo es igual a la sumatoria de las que salen", es decir, que si varios cables se unen en un punto (nodo), la sumatoria de las corrientes de los cables es igual a la sumatoria de las corrientes que salen del nodo.

Esta ley tiene aplicación en los circuitos en paralelo, ya que son estos los que tienen nodos. Para comprender esta ley debemos tener en cuenta que la corriente o intensidad es el caudal de electrones o la cantidad de electrones que circulan por segundo a través de una determinada sección del circuito. Cuando la corriente llega a un nodo, los electrones se distribuyen en cada una de las derivaciones posibles. La cantidad de electrones que se coloque en cada derivación dependerá de la resistencia al paso que se encuentre en esa derivación.

La primera ley de Kirchhoff señala que la suma total de las corrientes de todas las derivaciones que salen de un nodo es igual a la suma total de corrientes que entran en él. En otras palabras, que todos los electrones que lleguen a una bifurcación del circuito tendrán que ir hacia alguna de las derivaciones posibles y que ninguno se puede perder ni pueden aparecer electrones que vengan de otro lado.

También debemos considerar qué ocurre con la tensión en este tipo de circuitos. Recordemos que la tensión está relacionada con la cantidad de energía que tiene cada electrón para moverse. Esta cantidad de energía no se modifica cuando la corriente se divide en varias derivaciones. De esto se deduce que la tensión se mantiene constante en todas las derivaciones y que va a ser igual a la tensión que había antes del nodo.

Segunda ley de Kirchoff o ley de mallas

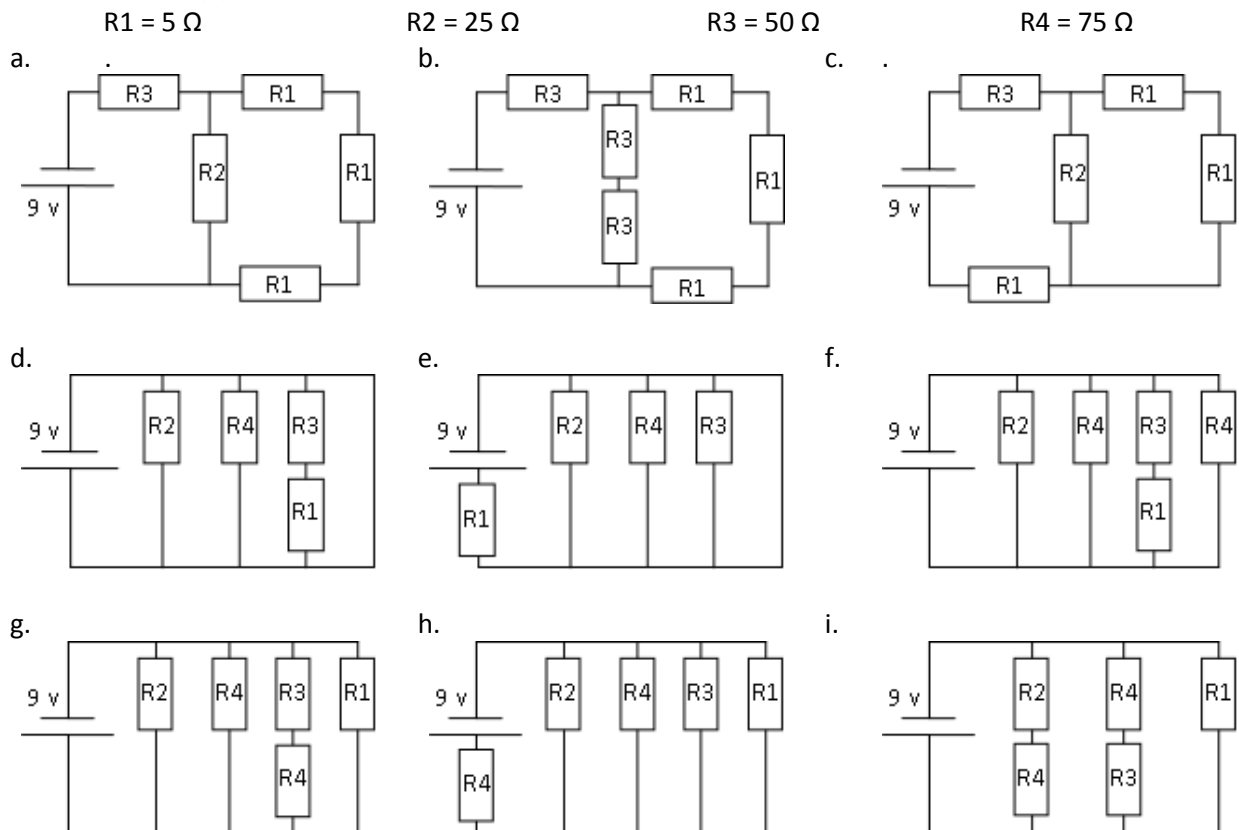
Esta ley dice que "la sumatoria de todas las caídas de tensión en un circuito es igual a la tensión aplicada".

Para comprender esta ley es necesario entender qué pasa con la energía cuando la corriente atraviesa un resistor. Pongamos por ejemplo una lámpara de filamento para que resulte más sencillo entender. Cuando la corriente pasa por una lámpara de filamento, los electrones atraviesan por completo el filamento y la lámpara saliendo finalmente por el otro lado. Sin embargo, en su camino, parte de la energía eléctrica que trasportaban se transformó en energía lumínica y calórica que la lámpara liberó al ambiente. Por lo tanto, la cantidad de energía de cada electrón (es decir, la tensión) es menor al salir que al entrar en la lámpara. De esto se desprende que cada vez que la corriente de electrones pasa por un resistor, hay menor tensión que antes de atravesarlo. Luego, la tensión cae cada vez que la corriente pasa por un resistor.

La segunda ley de Kirchoff afirma que la suma total de las caídas de tensión de todos los resistores es igual a la tensión suministrada por la fuente (por ejemplo 1,5 v, 3 v, 9 v para las pilas o 220 v para la línea). Aplicando este concepto a los circuitos en serie, se observa que cada resistor recibe menos tensión que el anterior a medida que se avanza en el circuito. Por otra parte, la corriente nunca cambia ya que la cantidad total de electrones debe atravesar todos los resistores.

Análisis de circuitos eléctricos

- Para cada uno de los circuitos calcular la resistencia total equivalente (R_{eq}), corriente total (I_t) y potencia eléctrica (P) considerando



2. Para cada uno de los casos indicar la corriente total. En caso de que ésta supere el límite de la llave termomagnética (TM), indicar qué cambio se podría proponer para corregirla. Considerar
- Tres motores de 1100 w cada uno y un motor de 3000 w que se encienden con el mismo interruptor. TM: 25A / V:220 v
 - Diez lámparas de 75 w con un solo interruptor, tres motores de 300 w y uno de 1100 w con interruptores independientes. TM: 10A / V:220 v
 - Seis lámparas de 75 w con un solo interruptor, cuatro motores de 50 w y uno de 300 w con interruptores independientes. TM: 5A / V:110 v
3. Para cada uno de los siguientes diagramas, indicar si están bien conectados. En caso de no estarlo, indicar qué pasaría si se usara tal como está y cómo habría que corregirlo.

