



## **Principios de Electricidad (Parte No. 2)**

**Objetivos de la unidad:** Investigar y describir con interés los fenómenos electromagnéticos, diseñando circuitos, o aparatos y calculando experimentalmente sus propiedades y leyes que les sirvan para valorar el progreso de estas tecnologías en el bienestar de la vida del ser humano

### **Indicadores de Logros:**

- 3.1 Indaga, analiza y explica con iniciativa e interés el origen y definición de la electrostática.
- 3.2 **Analiza, interpreta y explica con interés el origen y la ley de las cargas eléctricas.**
- 3.3 **Resuelve con seguridad y persistencia problemas de cálculo sobre fuerzas y campos eléctricos, aplicando la ley de Coulomb.**
- 3.4 **Indaga y describe con interés el trabajo realizado por una fuerza al mover una carga de prueba dentro de un campo eléctrico.**
- 3.5 **Resuelve problemas para calcular con seguridad la energía a partir de la diferencia de potencial eléctrico.**
- 3.6 **Representa y describe correctamente la corriente eléctrica e identifica con interés el Amperio como unidad de medida.**
- 3.7 **Experimenta, explica y diferencia con seguridad la diferencia entre resistividad y resistencia de algunos materiales del entorno.**
- 3.8 **Experimenta y clasifica con interés algunos materiales del entorno en conductores, semiconductores y aislantes de electricidad.**
- 3.9 **Explica con interés la diferencia entre conductividad y conductancia de algunos materiales del entorno**
- 3.10 **Analiza y aplica con seguridad la Ley de Ohm en la solución de problemas de circuitos eléctricos.**
- 3.11 **Analiza y construye creativamente circuitos eléctricos en serie o en paralelo, siguiendo esquemas e instrucciones verbales o escritas.**

**3.12 Explica con interés la diferencia entre conductividad y conductancia de algunos materiales del entorno.**

**3.13 Analiza y construye creativamente circuitos eléctricos en serie o en paralelo, siguiendo esquemas e instrucciones verbales o escritas.**

## **CORRIENTE ELECTRICA**

El estudio de la corriente eléctrica, es de gran importancia ya que nos permite comprender muchas de las aplicaciones de la electricidad dentro de nuestras actividades así como también, para explicar y comprender algunos comportamientos de sistemas biológicos.

Por ejemplo, las anguilas eléctricas crean grandes voltajes como mecanismos de defensa, algunos peces navegan por medio de pequeñas corrientes que establecen en el agua, también se pueden explicar el transporte de impulsos nerviosos a lo largo de las fibras nerviosas, a través de pequeños pulsos eléctricos.

Como sabemos, en un conductor existen cargas libres, o sea cargas que pueden moverse libremente en el conductor. Si aplicamos un campo eléctrico a un conductor, este campo actuará sobre las cargas libres, poniéndolas en movimiento ordenado, entonces decimos que se establece una corriente eléctrica en el conductor.

Cuando no existe campo eléctrico, las cargas libres se encuentran en movimiento desordenado debido a la agitación térmica. Al hablar de la estructura atómica de la materia, analizamos que en el átomo, las cargas eléctricas que se mueven son los electrones por lo tanto podemos definir la corriente eléctrica así:

Corriente eléctrica en un conductor metal, es el desplazamiento de electrones libres entre dos puntos que se encuentran con una diferencia de potencial. Estos electrones libres se desplazan en forma ordenada en sentido contrario al campo eléctrico aplicado.

Para un conductor líquido (electrolito) las cargas libres son iones positivos y negativos, observándose que al aplicar un campo eléctrico los iones positivos se desplazan en la dirección del campo y los iones negativos en sentido contrario. Así, en un conductor líquido, la corriente eléctrica está constituida por el movimiento de iones positivos y negativos en sentido contrario. Sentido de la corriente eléctrica: En los conductores metálicos, puede decirse que existen dos sentidos para la corriente eléctrica:

- a) Sentido Convencional. Considera que la corriente eléctrica es el movimiento de cargas positivas o sea de positivo a negativo.
- b) Sentido Real o Físico. que es el verdadero, en el cual la corriente se debe al movimiento de las cargas negativas o sea de negativo a positivo.

El sentido de la corriente, se sigue considerando como en un principio, del positivo al negativo, más que todo porque en la mayoría de los circuitos eléctricos, se considera el sentido convencional de la corriente.

## Intensidad de la Corriente Eléctrica (I).

Se define como intensidad de corriente eléctrica, la cantidad de carga eléctrica que atraviesa la sección de un conductor en la unidad de tiempo.

$$I = \frac{q}{t}$$

Dónde:

I = Intensidad de corriente eléctrica

q = Carga que atraviesa la sección del conductor en un tiempo t.

t = tiempo considerado en segundos.

Unidades de corriente eléctrica. En el Sistema Internacional (SI) la unidad de corriente eléctrica es el amperio (A), Para corrientes muy pequeñas se utiliza el miliamperio (mA) o el microamperio ( $\mu\text{A}$ ).

Un  $1 \text{ mA} = 1 \times 10^{-3} \text{ A}$  y  $1 \mu\text{A} = 1 \times 10^{-6} \text{ A}$ .

## Tipos de Corriente Eléctrica.

La corriente eléctrica puede ser:

**a) Directa o continua (DC).** Es el movimiento de cargas en una misma dirección. En este tipo de corriente, el campo eléctrico apunta siempre en el mismo sentido. Esta corriente es producida por pilas para linternas (pilas secas), por baterías de automóviles (pilas húmedas), por celdas fotovoltaica (celdas solares).

**b) Alterna (AC).** Se refiere a una corriente en la cual, las carga libres cambian periódicamente de sentido, esto es, las cargas libres se desplazan en un sentido y luego en sentido contrario. En este tipo de corriente, el vector campo eléctrico cambia de sentido con el mismo período.

La corriente que las empresas eléctricas alimentan a las casas y en las industrias es alterna. La corriente alterna, es producida por un generador eléctrico, en el cual la variación es periódica. Normalmente la frecuencia de la corriente alterna que usamos es de 60 Hertz (60 ciclos/s), es decir, que los electrones en el conductor ejecutan 60 vibraciones completas en un segundo.

Una corriente alterna, puede transformarse en corriente directa por medio de Rectificadores. El silicio y el Germanio (semiconductores) pueden usarse como rectificadores porque presentan anisotropía en la conducción de la corriente eléctrica, ya que en cierto sentido dejan fluir la corriente con relativa facilidad pero en sentido contrario prácticamente bloquean el paso de la corriente.

## Resistividad y resistencia / Conductividad y conductancia

Se ha establecido que los materiales se clasifican en buenos o malos conductores, dependiendo de su efectividad para permitir o no el paso de los electrones. Al grado de dificultad que encuentran los electrones en su desplazamiento a través de un conductor se le llama **resistividad eléctrica**. Este valor indica el comportamiento de un material

frente al paso de la corriente eléctrica, por tanto nos describirá, en alguna medida, si el material es conductor o aislante.

A partir de qué  $R \propto L$  y además  $R \propto 1/A$  y si  $\alpha = \rho$  entonces  $R = \rho L/A$

La resistividad es una característica propia de cada material y se simboliza así.

$$\rho = RA/L$$

En donde:

$\rho$  = resistividad medida en ohmios x metros.

R = valor de la resistencia eléctrica en ohmios.

A = área transversal medida en metros.

L = es la longitud del material medida en metros.

### Conductividad

Al inverso de la resistividad se le llama conductividad, y se representa por la letra griega sigma ( $\sigma$ ).  $\sigma = 1/\rho$

Resistencia (R): se denomina resistencia eléctrica a la oposición que encuentra la electricidad en su recorrido a través de un conductor. La resistencia (R) eléctrica de un conductor depende de varios factores, éstos son:

a) La naturaleza del conductor si comparamos algunos trozos de materiales conductores de la misma longitud y grosor, tales como plata, cobre, hierro, podemos observar que no ofrecen la misma resistencia, debido al material del cual están constituidos.

b) La longitud del conductor. La longitud del conductor es directamente proporcional a la resistencia eléctrica. Esto indica que a mayor longitud, mayor resistencia

c) Área transversal del conductor: si el área de un conductor es grande, la resistencia al flujo de los electrones será menor; por el contrario si se disminuye el área, la resistencia eléctrica será mayor. Véase el esquema:



- d) La temperatura En los metales, la resistencia se incrementa de manera directamente proporcional a su temperatura.  $R \propto T$

Unidades de la resistencia eléctrica: la resistencia eléctrica se mide en ohm en honor al científico alemán George Ohm. El ohm se simboliza así:  $\Omega = \text{ohm}$

En el Sistema Internacional, la equivalencia del ohm es:  $\Omega = \frac{V}{A}$

Conductancia (G): se llama conductancia eléctrica al inverso de la resistencia eléctrica (R). La unidad de la conductancia en el Sistema Internacional es el Siemens; se representa así:  $G = 1/R$

Cada material tiene su propio valor de resistencia y conductancia. Una resistencia de valor alto tiene una baja conductancia y viceversa.

Ejercicio:

- Un alambre de cobre de 5 m tiene una resistividad  $\rho = 1.72 \times 10^{-6} \text{ ohm} \times \text{m}$  y de área transversal  $A = 0.2 \text{ m}^2$ . Encontrar:

- Resistencia R
- Conductividad  $\sigma$
- Conductancia G

Material	Resistividad ( $\Omega\text{-m}$ ).
Plata	$1.59 \times 10^{-8}$
Cobre	$1.68 \times 10^{-8}$
Aluminio	$2.65 \times 10^{-8}$
Tungsteno	$5.60 \times 10^{-8}$
Hierro	$9.71 \times 10^{-8}$
Platino	$10.60 \times 10^{-8}$

Resistividad de algunos materiales $\rho$ en ( $\Omega\text{-m}$ ).
---

## CIRCUITO ELECTRICO.

Un circuito eléctrico es toda trayectoria cerrada por la que puede circular una corriente eléctrica.

Los elementos principales de un circuito eléctrico son:

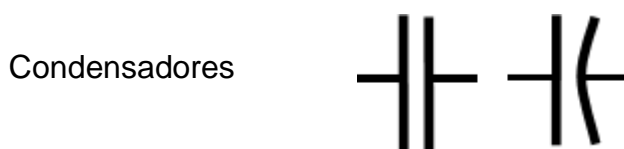
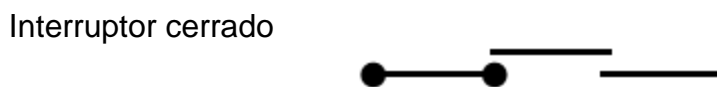
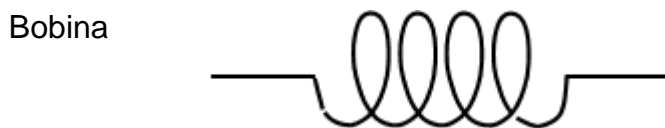
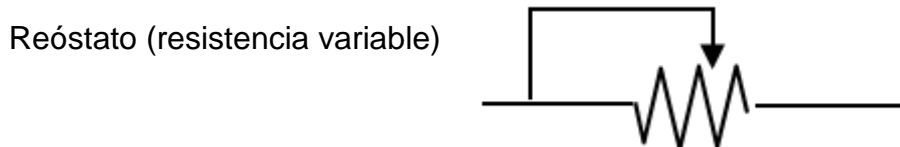
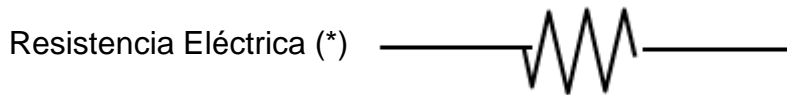
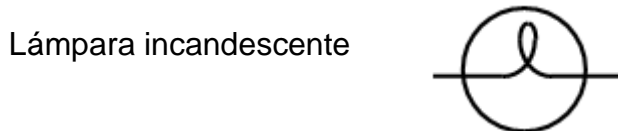
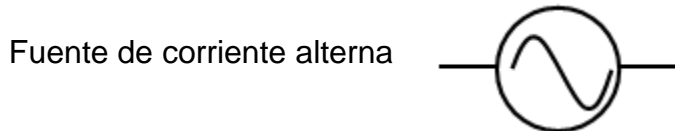
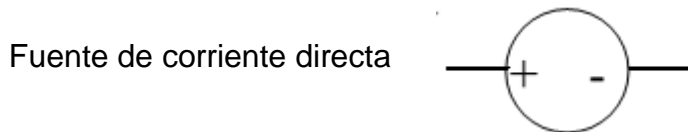
El generador de corriente o fuente de energía que puede ser una batería o un generador eléctrico.

La energía eléctrica la utilizan las luminarias eléctricas, monitores, refrigeradores, equipo eléctrico, motores, y todo equipo electrónico que reciben la energía eléctrica y la transforman en otras formas de energía o en formas de comunicación de datos. Esto se denomina "carga" o resistencia,

Los conductores, mediante ellos se transportan la corriente eléctrica desde el generador hasta los receptores y desde estos al generador.

Los interruptores, utilizados para abrir o cerrar un circuito y las protecciones, que pueden ser fusibles, circuito breakers, dispositivos termomagnéticos o algún otro circuito que sirva para "proteger" toda la instalación.

## Representación gráfica de los elementos de un circuito eléctrico.



## LEY DE OHM. RESISTENCIA Y RESISTORES.

Para producir una corriente eléctrica en un circuito, se requiere una diferencia de potencial. Una batería constituye una forma para producir esa diferencia de potencial. George Simons Ohm (1787-1854), fue quien estableció experimentalmente que la corriente en un alambre metálico ( $I$ ) es proporcional a la diferencia de potencial ( $V$ ) aplicada en sus extremos.

$$I \propto V$$

Este hecho se conoce como Ley de Ohm. Por ejemplo, si conectamos un alambre a una batería de 6 voltios, el flujo de corriente sería el doble del que circularía, si el alambre se encontrara conectado a una batería de 3 V (No se recomienda realizar este experimento sin la adecuada supervisión, es decir sin mi Ok)

La cantidad exacta de corriente que circula en un alambre depende no solo del voltaje, sino también de la oposición que ofrece el alambre al flujo de electrones, puesto que los electrones son retardados debido a las interacciones con los átomos del alambre. Cuanto mayor sea la oposición o resistencia que ofrezca el alambre, menor será la corriente para un voltaje determinado. Por tanto, definimos la resistencia de manera que la corriente sea inversamente proporcional a ella.  $R \propto 1/I$

Cuando combinamos esto con la proporcionalidad anterior tenemos:  $I = \frac{V}{R}$

La ecuación anterior se escribe a menudo como  $V = IR$

Esta forma de relacionar la corriente y la diferencia de potencial establece una forma lineal; pero la naturaleza de los dispositivos orgánicos no les permite estar sujetos a una linealidad entre voltaje y corriente; sin embargo para facilitar la comprensión del fenómeno eléctrico, se utilizará la ecuación lineal de Ohm.

**Resistencia.** Es una medida de la mayor o menor oposición que un conductor ofrece al paso de la corriente eléctrica. Los conductores metálicos tienen baja resistencia, los aisladores, tiene una resistencia muy alta.

**Resistores.** Son dispositivos hechos a propósito para ofrecer resistencia a flujo de la corriente en un circuito, se fabrican con un valor determinado de resistencia y se utilizan para limitar o controlar la cantidad de corriente que fluye en un circuito.

Hay ciertos resistores que utilizan la energía eléctrica para uso humano tales como: el filamento de una lámpara produciendo luz; una plancha eléctrica produciendo calor; como también una cocina eléctrica, que están esencialmente formadas por un resistor.

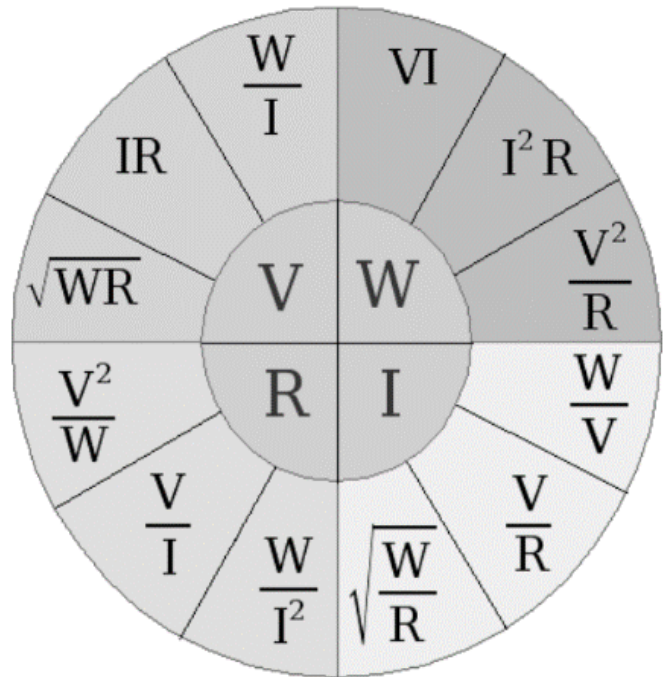
El valor de la resistencia de un resistor se mide en Ohmios ( $\Omega$ )  
1 Ohmio = Voltio/ Amperio.

En los circuitos de corriente continua, puede resolverse la relación entre la corriente, voltaje, resistencia y potencia con la ayuda de un gráfico de sectores, este diagrama ha sido uno de los más utilizados:

$$Potencia (P) = \frac{Trabajo}{tiempo} = \frac{qV}{t} = IV = I^2R = \frac{V^2}{R}$$

En este grafico puede apreciarse que hay cuatro cuadrantes que representan: V (Voltaje), I (Corriente), R (Resistencia) y W (Potencia). De modo que, conociendo la cantidad de dos cualesquiera, nos permite encontrar el otro valor. Por ejemplo, si se tiene una resistencia de 1k y en sus extremos se mide una tensión de 10 Voltios, entonces la corriente que fluye a través de la resistencia será  $V/R = 0.01A$  o 10mA.

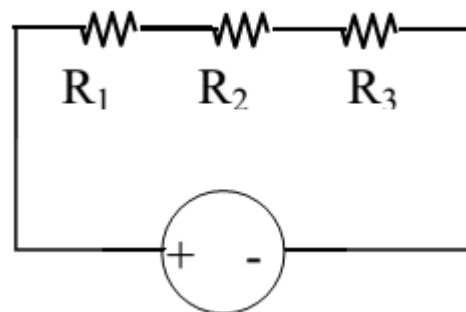
De forma similar, la potencia absorbida por esta resistencia será el cociente de  $V^2/R = 0.1W$  o 100mW, otra forma de hallar la potencia es con el producto de  $V \times I$  o sea,  $10V \times 0.01 = 0.1W$ , con esto se confirma lo dicho.



### ASOCIACION DE RESISTENCIAS.

Las resistencias que constituyen un circuito eléctrico pueden estar conectadas en serie, en paralelo o una combinación de ambos.

- a) **Circuitos en Serie.** Un circuito con resistencias en serie se forma al conectar dos o más resistencias a una fuente de alimentación, de tal forma que toda la corriente que salga del terminal negativo de la fuente, pasa a través de cada una de las cargas (resistencias) y regresa al terminal positivo de la fuente.



Flujo de la corriente en un circuito en serie. Hemos observado que en un circuito en serie, solo hay un camino por donde pasa la corriente. Este hecho constituye la primera regla concerniente al flujo de la corriente en un circuito en serie.

**Regla No.1.** En un circuito en serie, solo existe un camino para el flujo de la corriente y por lo tanto el flujo es igual en cualquier parte del circuito.  $I_T = I_1 = I_2 = I_3$



Resistencia en un circuito en serie. Anteriormente aprendimos que la resistencia se mide en ohmios, pero también necesitamos saber ¿qué pasa cuando se conectan resistores en serie?

Obviamente si conectamos resistores en serie, obtenemos una resistencia total igual a la suma de las resistencias que constituyen el circuito, deduciendo así la segunda regla para los circuitos en serie.

**Regla No.2. Las resistencias conectadas en serie se suman y el resultado se denomina resistencia combinada o resistencia total.**  $R_T = R_1 + R_2 + R_3$ .

Voltaje en un circuito en serie. Cuando la corriente fluye a través de un resistor se crea un voltaje entre sus dos extremos. Para medir este voltaje se puede utilizar la ley de ohm multiplicando la corriente por la resistencia para obtener el voltaje ( $V = I R$ )

Cuando los resistores están conectados en serie, el voltaje creado entre los extremos de cada resistor se divide proporcionalmente de acuerdo al valor de cada uno de ellos. Esto significa que habrá mayor voltaje en los resistores de alto valor y menor voltaje en los resistores de bajo valor. Cada uno de estos voltajes en un circuito en serie (sin tomar en cuenta el voltaje de la fuente de alimentación) se denomina caída de voltaje. La caída de voltaje a través de cada resistor se calcula multiplicando la corriente total por la resistencia de cada resistor. Si sumamos las caídas de voltaje de cada resistor obtenemos el voltaje de la fuente, lo cual es una expresión de la regla 3.

**Regla No.3. La suma de las caídas de voltaje en un circuito en serie es igual al voltaje de la fuente de alimentación.**  $V_T = V_1 + V_2 + V_3$ .

Comprobación de las caídas de voltaje. Para comprobar la caída de potencial de cada uno de los resistores en el circuito, conectamos un voltímetro entre los extremos de cada resistencia.

También es posible comprobar el flujo de la corriente en el circuito. Para comprobar la corriente  $I$ , tenemos que abrir el circuito (desconectado uno de los alambres) e insertando un Amperímetro (medidor de corriente) en serie con el circuito. Este medidor puede insertarse inmediatamente antes o después del elemento a comprobar.

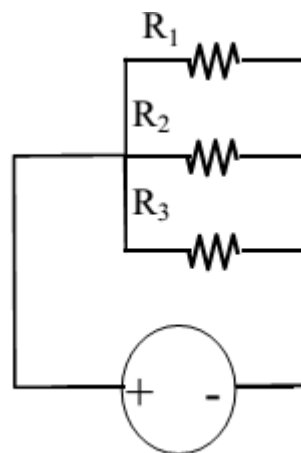
### **Polaridad en un circuito en serie.**

Los resistores y otras cargas no tienen problemas de polaridad. Esto quiere decir que estas partes pueden conectarse en un circuito, sin preocuparse de puntas positivas o negativas. Sin embargo, cuando fluye la corriente a través de estos componentes, se crea un voltaje y el lado por donde entra la corriente es negativo con respecto al lado de donde sale la corriente. Por lo tanto es necesario recordar este detalle al utilizar medidores, para medir la corriente y el voltaje, en los componentes de un circuito en serie.

- b) **Circuitos en Paralelo.** Cualquier circuito que tenga más de un camino para el flujo de la corriente, se denomina circuito en paralelo.

En los circuitos en paralelo, la corriente se divide y sigue distintos caminos. Un buen ejemplo de un circuito en paralelo, es el circuito eléctrico que tenemos en nuestra casa o en el automóvil.

En un circuito en paralelo cada una de las cargas proporciona un camino separado para el flujo de corriente. Estos caminos separados muchas veces se denomina ramales y la corriente que fluye por cada uno de ellos se llama corriente de ramal. En la siguiente figura se observa que la corriente sale del lado negativo de la batería y se divide en los diferentes ramales. Por lo tanto, podemos ver que la corriente que fluye en cualquier ramal es menor que el total de la corriente que fluye de la fuente de alimentación.



Reglas de un circuito en paralelo.  
Consideraremos el circuito de la figura

**Regla No.1. El voltaje aplicado en todas las resistencias conectadas en paralelo es el mismo en cualquiera de ellas. (En un circuito en paralelo sencillo, este voltaje equivale al voltaje de la fuente).**  $V_T = V_1 = V_2 = V_3$

**Regla No.2. El total de la corriente equivale a la suma de la corriente del ramal 1, más la corriente del ramal 2, más la corriente del ramal 3, etc.**  $I_T = I_1 + I_2 + I_3$ .

La cantidad de la corriente del ramal depende de la resistencia que tenga y del voltaje aplicado al circuito en paralelo. Puesto que todos los ramales tienen el mismo voltaje, cuanto más resistencia haya en un ramal, menor corriente circulara por él.

**Regla No.3. En un circuito en paralelo se tiene que, el inverso de la resistencia total del circuito es igual a la suma de los inversos de cada una de las resistencias que lo constituyen.**

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \text{O} \quad R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

- c) **Combinación de Circuitos. Circuito Serie-Paralelo.**

Un circuito serie-paralelo, puede solucionarse aplicando la ley de Ohm, tomando en cuenta que cada parte del circuito debe tratarse como un circuito sencillo, volviendo a dibujar el circuito ya simplificado y así poder encontrar la resistencia total.

## Ley de Joule

Cuando en un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se convierte en calor, lo que produce un aumento de temperatura del conductor, dando origen al fenómeno denominado "Efecto Joule", en honor al físico inglés Jame Prescott Joule (1818- 1889).

Basados en el efecto Joule, varios aparatos eléctricos funcionan en los hogares, por ejemplo: tostadores, parrillas eléctricas, planchas, entre otros.

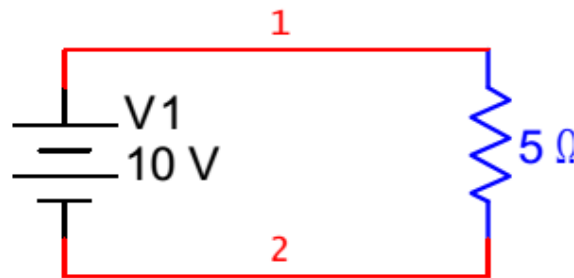
Los materiales que son buenos conductores de electricidad, como por ejemplo el cobre se calientan poco; otros materiales no son buenos conductores, pero se calientan mucho. Esto es aprovechado en la industria para fabricar artículos de calefacción.

### Ejercicios:

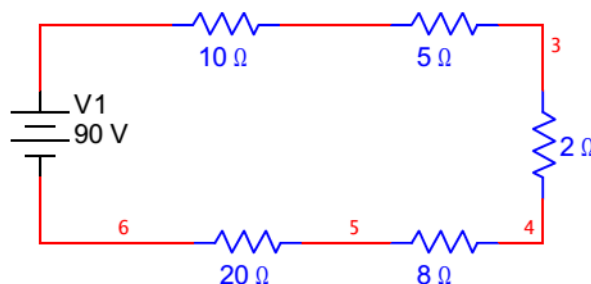
1. Tres resistencias de 10, 20 y 30 ohm se conectan en serie a una fuente de 25 volts, encuentra:
  - a) La resistencia total del circuito.
  - b) La corriente que fluye por el circuito
  - c) La caída de voltaje en cada resistor
2. Dos resistencias de 5  $\Omega$  y 10  $\Omega$  se conectan en serie a una batería de 12 voltios. Encontrar.
  - a) La resistencia total del circuito.
  - b) La intensidad que pasa por el circuito.
  - c) La caída de voltaje en cada resistencia
3. Tres resistencias de 40  $\Omega$ , 20  $\Omega$  y 10  $\Omega$  se conectan en paralelo a una diferencia de potencial de 120 V. Calcular:
  - a) La resistencia total del circuito
  - b) La corriente que fluye por el circuito ( I )
  - c) La corriente que fluye por cada rama del circuito
4. Tres resistores de 40  $\Omega$ , 30  $\Omega$  y 20  $\Omega$  se conectan en paralelo a una diferencia de potencial de 60 V. Calcula:
  - a) La resistencia total del circuito.
  - b) La corriente que fluye por el circuito ( I ).
  - c) La corriente que fluye por cada rama del circuito.
5. ¿Cuántos electrones pasan por cada segundo en un alambre que circula una corriente de 20 A?
6. Determine la corriente en Amperios cuando 690 C de carga pasan por un punto dado en 2 minutos?

7. Se coloca un fusible de 2 A en un circuito con una batería que tiene un voltaje de 12 V en sus terminales. ¿Cuál es la resistencia mínima para un circuito que contenga este fusible?
8. ¿Cuál es la caída de potencial a través de un resistor de  $4\ \Omega$  cuando a través de él circula una corriente de 8 A? ¿Cuál es la resistencia de un reóstato si la caída de potencial es de 48 V y la corriente de 4 A? ¿Cuál es la corriente a través de un resistor de  $5\ \Omega$  que tiene una caída de potencial de 40 V?
9. Una lámpara eléctrica tiene un filamento de  $80\ \Omega$  conectado a una línea de corriente directa de 110 V. ¿Cuál es la corriente que pasa por el filamento? ¿Cuál es la potencia disipada en Watt?
10. Suponga que el costo de energía en una casa es de 8 centavos por kilowatt hora. Si la familia sale de vacaciones 2 semanas y deja encendida una lámpara de 80 W, ¿cuál será el costo de este consumo?
11. ¿Qué longitud de alambre de cobre de  $1/16$  in de diámetro se requieren para fabricar un resistor de  $20\ \Omega$  a  $20^\circ\text{C}$ ? La resistividad del cobre es de  $1.72 \times 10^{-8}\ \Omega\text{-m}$ .
12. ¿Cuál es la resistencia de 200 ft de alambre de hierro que tiene un diámetro de 0.002 in a  $20^\circ\text{C}$ ? La resistividad del hierro es de  $9.5 \times 10^{-8}\ \Omega\text{-m}$ .
13. Un alambre de cobre tiene una resistencia de  $8\ \Omega$  a  $20^\circ\text{C}$ . ¿Cuál es la resistencia a  $90^\circ\text{C}$ ? ¿Y a  $-30^\circ\text{C}$ ? El coeficiente de temperatura de resistencia para el cobre es de  $4.3 \times 10^{-3}/^\circ\text{C}$ .
14. Un resistor de  $18\ \Omega$  y uno de  $9\ \Omega$  se conectan primero en paralelo y luego en serie con un acumulador de 24 V.
  - a. ¿Cuál es la resistencia efectiva de cada conexión?
  - b. ¿Qué corriente se toma en cada caso?
15. Dadas tres resistencias,  $R_1 = 80\ \Omega$ ,  $R_2 = 60\ \Omega$ ,  $R_3 = 40\ \Omega$ , determine su resistencia efectiva cuando se conectan en serie y luego en paralelo.
16. Una resistencia de  $9\ \Omega$  se conecta en serie con dos resistencias en paralelo de 6 y  $12\ \Omega$ . ¿Cuál es la diferencia de potencial de las terminales de la batería si la corriente total es de 4 A?
17. Una resistencia de  $6\ \Omega$  se coloca en un acumulador de 12 V cuya resistencia interna es de  $0.3\ \Omega$ . ¿Cuál es la corriente que circula por el circuito? ¿Cuál es el voltaje en sus terminales?

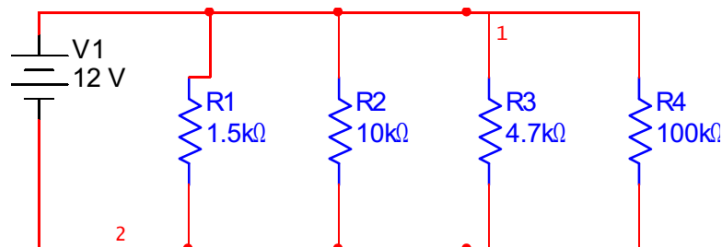
18. Dos resistencias de  $7\ \Omega$  y  $14\ \Omega$  están conectados en paralelo con una batería cuya fem. es de  $14\ \text{V}$ . La resistencia interna de la batería resulta ser de  $0.25\ \text{V}$ .
- ¿Cuál es la resistencia de la carga en el circuito?
  - ¿Cuál es la corriente suministrada?
  - ¿Cuál es la diferencia de potencial en las terminales?
19. En un experimento para determinar la resistencia interna de una batería, su diferencia de potencial a circuito abierto medido es de  $6.0\ \text{V}$ . La batería se conecta a un resistor de  $4.0\ \Omega$  y la corriente resulta ser de  $1.40\ \text{A}$ . ¿Cuál es la resistencia interna de la batería?
20. De acuerdo al circuito, ¿cuánta corriente produciría un voltaje aplicado de  $10$  volts a través de una resistencia de  $5$  ohms?



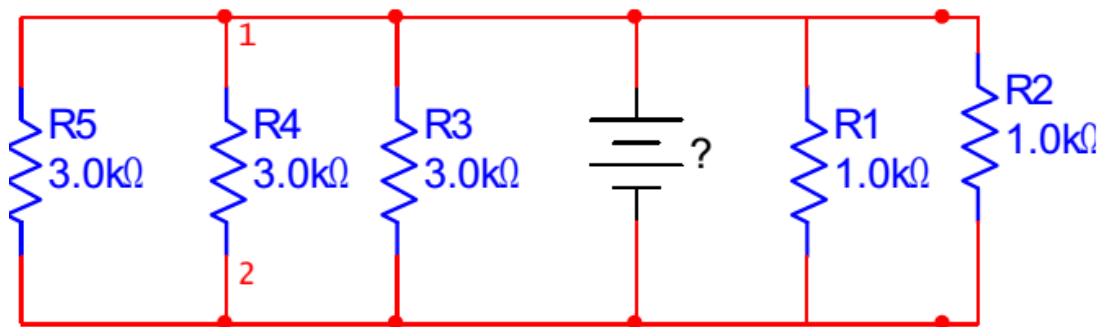
21. Calcular la corriente total que circula en el siguiente circuito con cargas en serie, considerando que la fuente es de  $90$  volts.



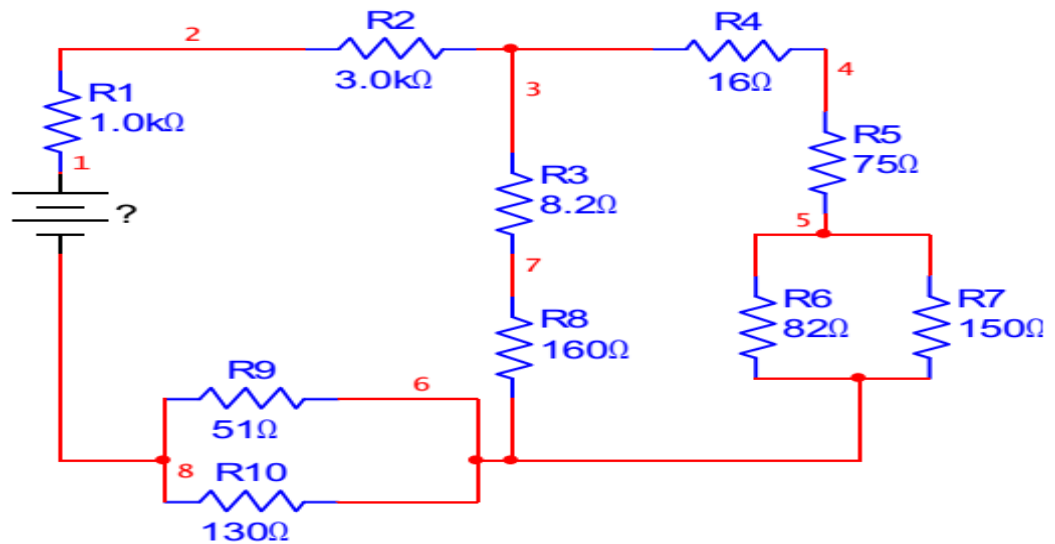
22. Encontrar la corriente que circula por el circuito mostrado, suponiendo que se tiene una fuente de  $12\text{V}$ .



23. Calcular el voltaje que proporciona la fuente para que exista una corriente de 6 amperes que fluye por todo el circuito de acuerdo al diagrama.



24. Determinar el voltaje que provee la fuente en el siguiente circuito, si existe una corriente circulando de 60mA:



25. Encontrar la corriente suministrada por la fuente de 45V en el circuito mostrado:

