



**Universidad Nacional de San Luis**  
**Fac. Cs. Físico-Matemáticas y Naturales**  
**Departamento de Física**

# **APUNTES DE FISICA**

**Para Alumnos de las Carreras:**

**Analista Químico**

**Tecnicatura Univ. en Esterilización**

**Tecnicatura Univ. en Laboratorios Biológicos**

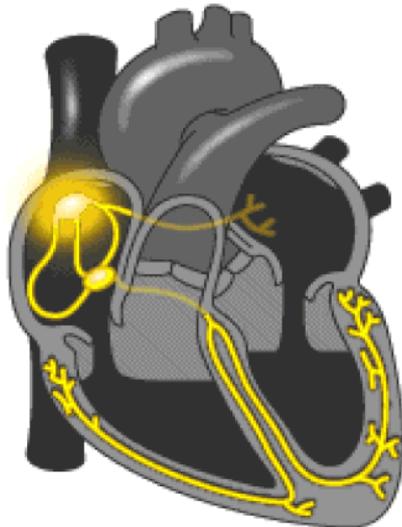
**Tecnicatura Univ. en Seguridad e Higiene en el Trabajo**

# **Capítulo 7**

## **Corriente Eléctrica**

# Corriente Eléctrica

El estudio de la corriente eléctrica es fundamental, no solamente los aparatos eléctricos y electrónicos utilizan corrientes, sino que ésta se halla presente en los sistemas biológicos, por ejemplo, es una corriente la responsable del transporte de los impulsos nerviosos.



# Corriente Eléctrica

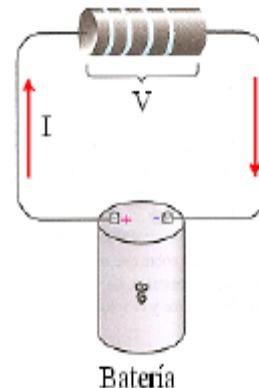
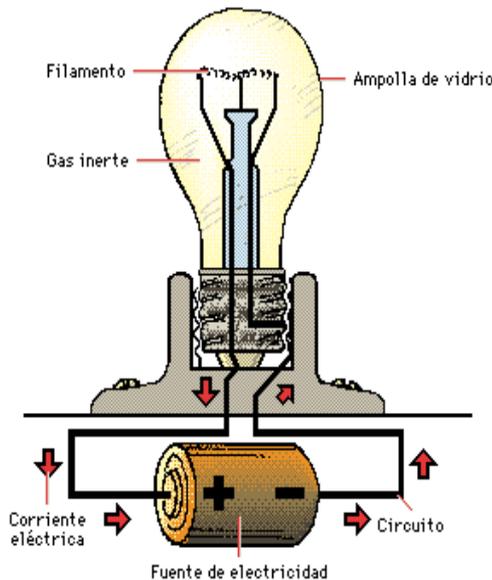
La **Corriente eléctrica** es el flujo de cargas a lo largo de un conductor.

Las cargas se mueven debido a una diferencia de potencial aplicada a los extremos del conductor.

Una **fuerza de energía** es necesaria para mantener en el tiempo esta diferencia de potencial.

La **intensidad** de corriente dependerá de la diferencia de potencial aplicada y de las características y propiedades del conductor.

Éstas determinan el valor de la **resistencia** del mismo.



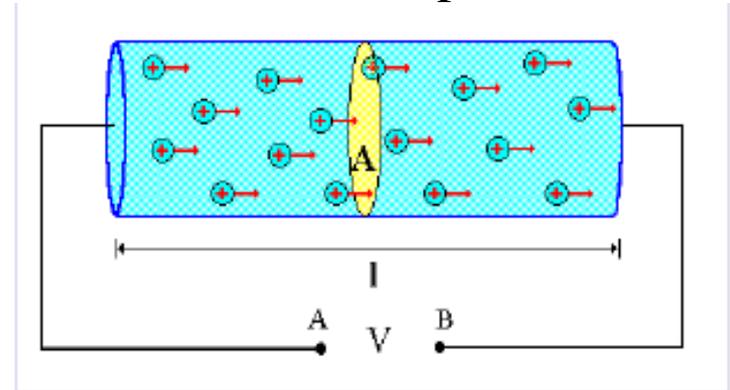
Principalmente estas tres magnitudes: **fuentes de energía, intensidad de corriente y resistencia**, que describen básicamente a un circuito eléctrico, serán estudiadas en este Capítulo.

# Corriente Eléctrica.

Consideremos un conductor cilíndrico de sección  $A$  y longitud  $l$ . En sus extremos se aplica una **diferencia de potencial  $V$** .

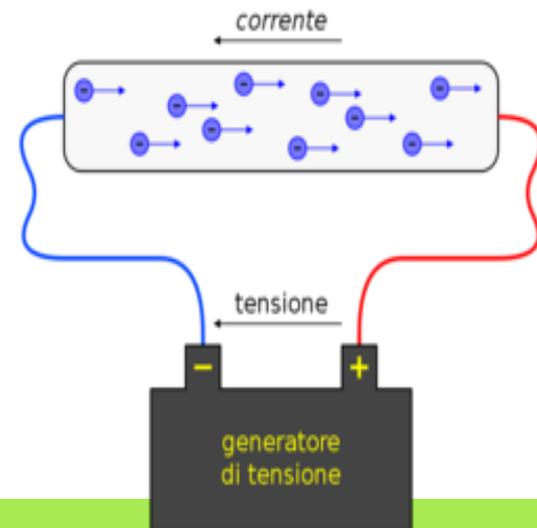
Se genera, en consecuencia, un campo eléctrico  $E$  en su interior. Si suponemos que  $V_A > V_B$ ,

El sentido de  $E$  es hacia la derecha, por lo que las cargas positivas libres se moverán la derecha.



Diremos que se ha originado una corriente eléctrica en el conductor en ese sentido.

**Convención:** El sentido de la corriente eléctrica es el sentido de movimiento de las cargas o portadores positivos.



# Corriente Eléctrica.

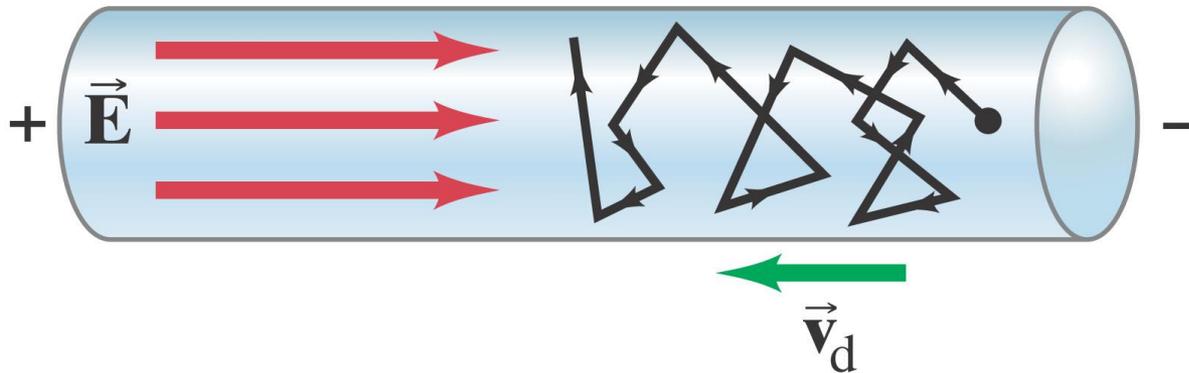
Si  $\Delta Q$  es la carga que cruza la sección  $A$  en un tiempo  $\Delta t$ , se define la intensidad de corriente media al cociente:

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

$$[i] = \frac{[Q]}{[t]} = \frac{\text{Coulomb (C)}}{\text{seg (s)}} = \text{Ampere (A)}$$

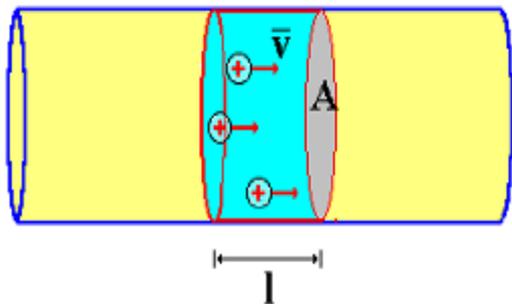
La intensidad puede ser escrita en función de la velocidad con la cuál se mueven las cargas en el interior del conductor.

Los electrones en un conductor tienen grandes velocidades al azar debido a su temperatura. Cuando una diferencia de potencial se aplica, los electrones también adquieren una velocidad de desplazamiento (deriva), lo que genera una corriente:



# Corriente Eléctrica. Análisis Microscópico

Sea  $v$  la velocidad media de las cargas en movimiento y  $n$  el número de cargas disponibles por unidad de volumen.

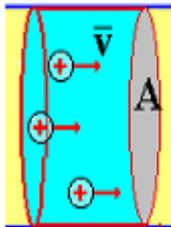


La carga que atraviesa la sección  $A$  en un tiempo  $\Delta t$  son aquellas que se encuentran en el interior de un cilindro de longitud  $l$ . Si en el interior de este cilindro hay  $N$  cargas de valor  $e$  (carga del electrón pero positiva), la carga total que pasa a través de  $A$  es:

$$Q = Nq = nAle$$

Si escribimos la longitud del cilindro en función de la velocidad media:  $l = v \Delta t$

$$Q = Nq = nAv\Delta te$$



$$l = v \Delta t$$

Recordando la definición de intensidad, obtenemos la expresión de esta como función de la velocidad media:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nAve$$

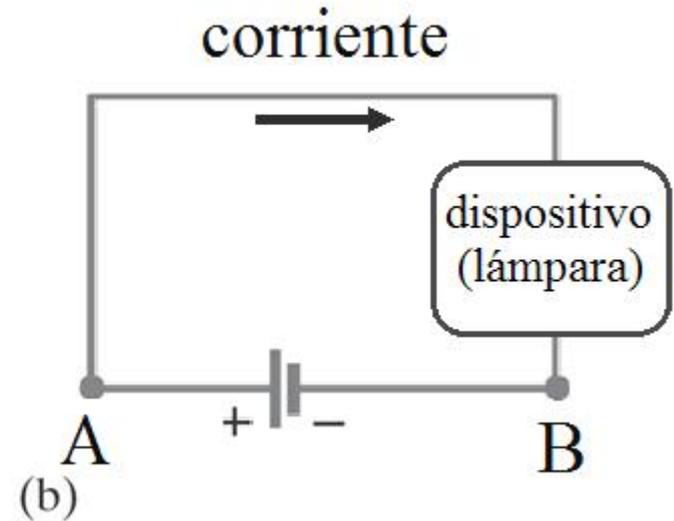
# Corriente Eléctrica.

Un circuito eléctrico completo es aquel en cual la corriente puede circular por una trayectoria cerrada.

Un circuito eléctrico simple es aquel que tiene sólo una única trayectoria para que la corriente circule.



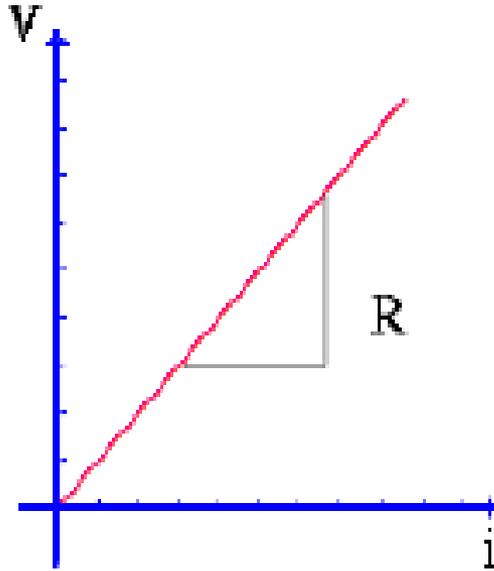
(a)



(b)

# Ley de Ohm. Resistencia Eléctrica

Dentro de ciertos límites, se verifica que la intensidad de corriente en un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial entre sus extremos.



$$I \propto V$$

Bajo estas circunstancias, al cociente  $V/i$ , que permanece constante (pendiente de la recta), se lo denomina **Resistencia** del conductor, y se representa de la siguiente manera:



**Ley de Ohm.**

$$V = iR$$

$$R = \frac{V}{I}$$

Los conductores que la verifican se llaman **óhmicos**.

# Ley de Ohm. Resistencia Eléctrica



Unidades:  $[R] = \frac{[V]}{[i]} = \frac{\text{volt (V)}}{\text{ampere (A)}} = \text{ohm } (\Omega) \text{ (SI)}$

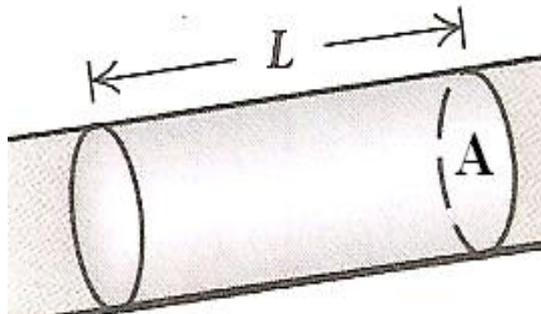
Dado un conductor, la resistencia del mismo es proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su sección. Esto es:



$$R \propto \frac{l}{A}$$



$$R = \rho \frac{l}{A}$$



La constante de proporcionalidad  $\rho$  es la **resistividad**.

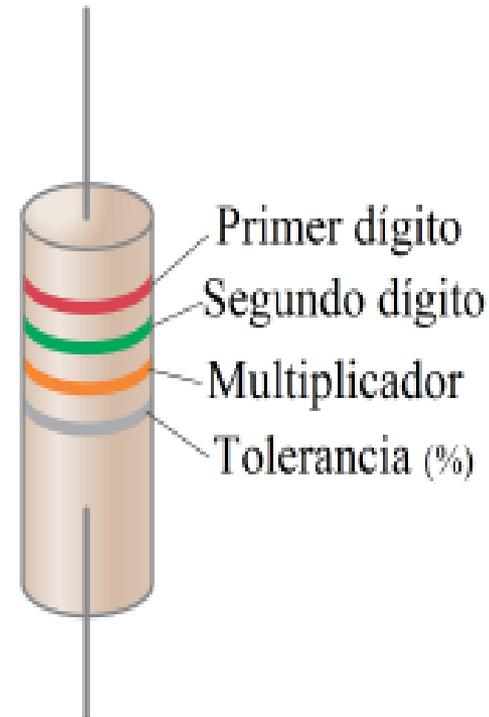
Depende del elemento con el que está construido el conductor.

La inversa de la **resistividad** se denomina **conductividad**:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

# Ley de Ohm. Resistencia Eléctrica

Material	Resistividad a 20°C ( $\Omega \cdot m$ )
<b>Conductores</b>	
Aluminio	$2.65 \times 10^{-8}$
Cobre	$1.72 \times 10^{-8}$
Oro	$2.24 \times 10^{-8}$
Hierro	$9.71 \times 10^{-8}$
Nicromio	$100 \times 10^{-8}$
Platino	$10.6 \times 10^{-8}$
Plata	$1.59 \times 10^{-8}$
Tungsteno	$5.65 \times 10^{-8}$
<b>Semiconductores</b>	
Carbono (grafito)	$1.5 \times 10^{-5}$
Germanio (puro)	$5 \times 10^{-1}$
Silicio (puro)	$3 \times 10^3$
<b>Aislantes</b>	
Vidrio	$10^7 - 10^{10}$
Cuarzo	$7.5 \times 10^{17}$



Las resistencias estándar se fabrican para su uso en circuitos eléctricos. Para su identificación se utiliza un código de color para indicar su valor y precisión.

# Ley de Ohm. Resistencia Eléctrica

Código de color de las Resistencias

Color	Número	Multiplicador	Tolerancia
Negro	0	$10^0$	
Marrón	1	$10^1$	
Rojo	2	$10^2$	
Naranja	3	$10^3$	
Amarillo	4	$10^4$	
Verde	5	$10^5$	
Azul	6	$10^6$	
Violeta	7	$10^7$	
Gris	8	$10^8$	
Blanco	9	$10^9$	
Oro		$10^{-1}$	5%
Plata		$10^{-2}$	10%
Sin Color			20%

¿Cuál es el valor de la resistencia?



$$25 \times 10^3 \Omega = 25000 \Omega = 25 \text{ k}\Omega$$

Tolerancia 10%

# Ley de Ohm. Resistencia Eléctrica

Dos cables cilíndricos, **A** y **B**, están hechos del **mismo metal**, tienen **igual longitud**, pero la RESISTENCIA del cable **A** es cuatro veces la resistencia del cable **B**. ¿Cómo se comparan sus diámetros?



$$R_A = 4R_B$$

①  $d_A = 4 d_B$

②  $d_A = 2 d_B$

③  $d_A = d_B$

④  $d_A = 1/2 d_B$

⑤  $d_A = 1/4 d_B$

Mismo metal

$$R = \rho \frac{l}{A}$$



$$R_A = \rho \frac{l}{A_A}$$

$$R_B = \rho \frac{l}{A_B}$$

Siendo  $A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi \frac{d^2}{4}$

$$R_A = \cancel{\rho} \frac{l}{A_A} = 4 \left( \cancel{\rho} \frac{l}{A_B} \right)$$



$$\frac{1}{A_A} = \frac{4}{A_B}$$



$$A_B = 4A_A$$



$$\cancel{\pi} \frac{d_B^2}{4} = 4 \cancel{\pi} \frac{d_A^2}{4}$$

$$d_B = 2d_A$$

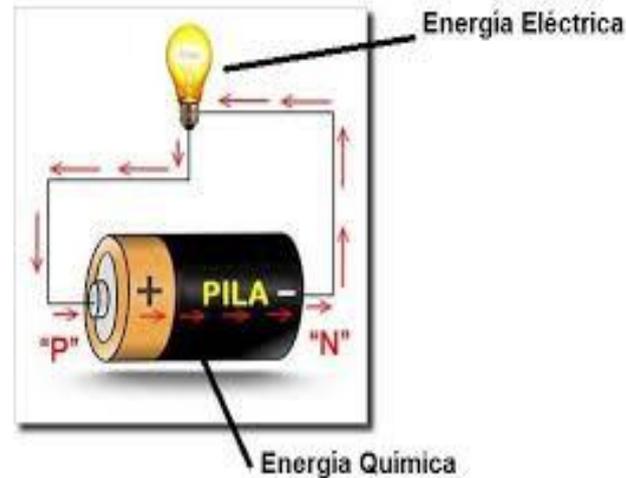
$$d_A = 1/2 d_B$$

$R_B$

# Fuente de Energía en los Circuitos

Para mantener la corriente eléctrica a lo largo de un recorrido conductor cerrado (circuito eléctrico), resulta necesaria la existencia de una **fente de energía**.

Son ejemplos de éstas fuentes, los generadores eléctricos, las pilas o las baterías. Éstos convierten algún tipo de energía en energía eléctrica.

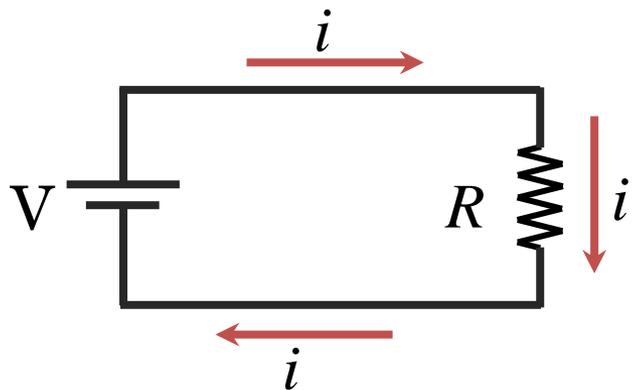


La diferencia de potencial entre las terminales de una batería cuando no está conectada a un circuito se llama fuerza electromotriz (fem) de la batería y se designa con el símbolo  $\varepsilon$  y su unidad es el volt.

# Resolución de Circuitos

Un circuito eléctrico completo es aquel en cual la corriente puede circular por una trayectoria cerrada.

Un **circuito eléctrico simple** es aquel que tiene sólo una única trayectoria para que la corriente circule. Son aquellos que están compuestos por una **fente** y una **única resistencia**.



Símbolo para los elementos de un circuito

Símbolo	Dispositivo
	Batería
	Capacitor
	Resistor
	Alambre con resistencia despreciable
	Interruptor
	Tierra

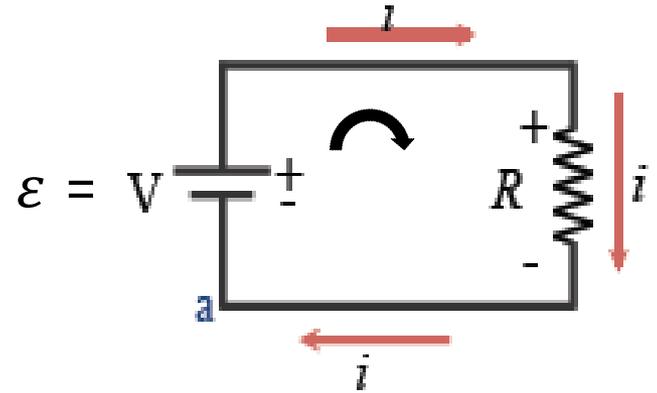
Para que la **corriente fluya** tiene que haber una **trayectoria cerrada**, que empiece por una terminal de la batería, recorre todo circuito y finalmente regresa a la otra terminal de la batería.

La **resolución de un circuito** consiste en determinar el valor de la intensidad de corriente en función de los elementos que constituyen el circuito (fuente eléctrica, resistencias, etc.).

# Resolución de Circuitos

Un modo de resolver el circuito es **recorrer** el mismo, considerando las variaciones de potencial a lo largo de este recorrido. Por ejemplo si partimos del punto **a** y efectuamos un giro completo en sentido horario, se obtiene:

$$V_a + \varepsilon - iR = V_a \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = iR$$



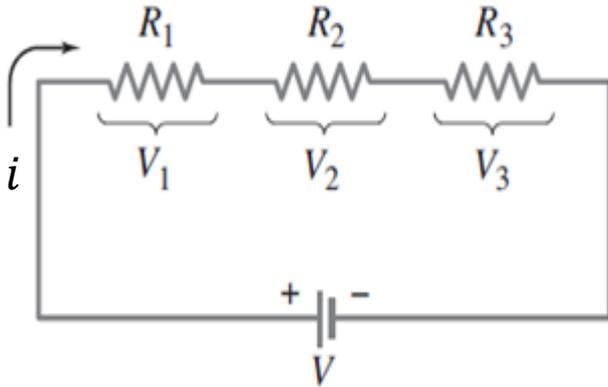
## Resistencia equivalente

Para la resolución de circuitos eléctricos resulta necesario efectuar simplificaciones del mismo. Primero se considera la **Resistencia Equivalente** de un grupo de resistencias.



# Resolución de Circuitos: Resistencias en serie

La **corriente (i)** a través de cada una de ellas **es la misma** y el voltaje total es la suma de los voltajes individuales.



La diferencia potencial de la batería es la suma de las diferencia de potencial en cada resistencia

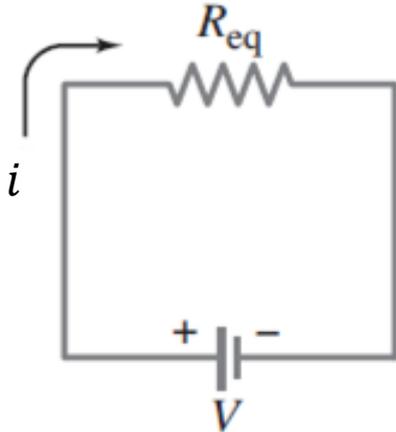
$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

Por la Ley de Ohm



$$V = iR$$

Circuito reducido



$$V = iR_1 + iR_2 + iR_3$$

$$V = i(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$V = i(R_{eq})$$

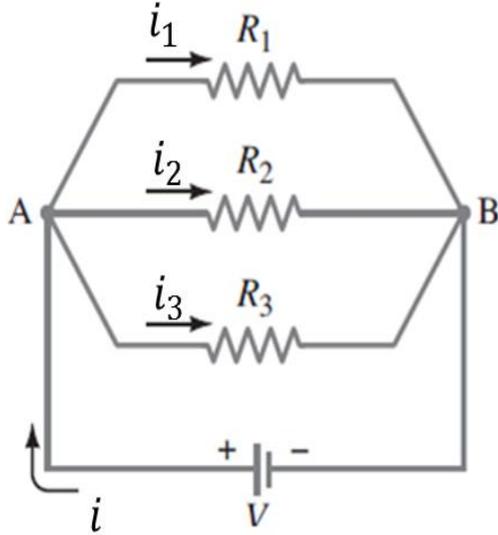
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

Cuando se conectan varias resistencias en serie, **la resistencia total o equivalente** es **la suma de las resistencias separadas.**

$$R_{eq} = \sum_i R_i$$

# Resolución de Circuitos: Resistencias en paralelo

La **diferencia de potencial** en los extremos de cada resistencia **es la misma**, mientras que la corriente de la fuente se divide en ramas o trayectorias separadas.



$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad (1)$$

Por la Ley de Ohm  $\rightarrow V = iR \rightarrow$  
$$i = \frac{V}{R}$$

$$i_1 = \frac{V}{R_1}; \quad i_2 = \frac{V}{R_2}; \quad i_3 = \frac{V}{R_3}$$

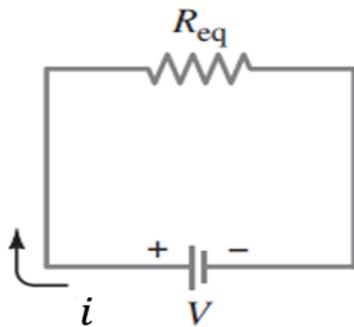
$$i = \frac{V}{R_{eq}}$$

*Reemplazamos en (1)*

$$\frac{V}{R_{eq}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \quad \rightarrow \quad \frac{V}{R_{eq}} = V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \rightarrow \quad \boxed{\frac{1}{R_{eq}} = \sum_i \frac{1}{R_i}}$$

Circuito reducido



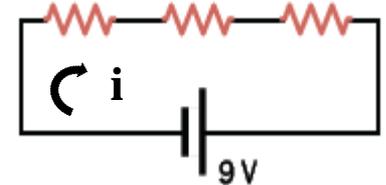
Cuando se conectan varias resistencias en **paralelo** la **inversa de la resistencia equivalente** es igual a **la suma de las inversas de las resistencias individuales**.

# Resolución de Circuitos

Si el voltaje a través de la batería es de **9 V** y las tres resistencias son **idénticas**. ¿cuanto vale la diferencia de potencial en cada resistencia?

- ① 9 V
- ② 4 V
- ③ 3 V
- ④ 0 V
- ⑤ Faltan datos

La **corriente (i)** a través de cada una de ellas **es la misma**



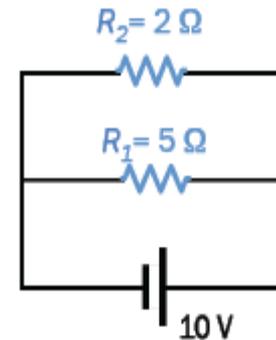
$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad \text{siendo} \quad \Rightarrow \quad R_1 = R_2 = R_3 = R$$

$$V = iR_1 + iR_2 + iR_3 \quad \Rightarrow \quad V = iR + iR + iR = 3iR \quad \Rightarrow \quad iR = \frac{V}{3} = \boxed{3V}$$

En el circuito de la figura, ¿cuál es el valor de la corriente que circula por la resistencia  $R_1$ ?

- ① 10 A
- ② 7 A
- ③ 5 A
- ④ 2 A
- ⑤ 0 A

La **diferencia de potencial** en los extremos de cada resistencia **es la misma**



$$V = i_1 R_1 \quad \Rightarrow \quad i_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$i_1 = \frac{10V}{5\Omega} = \boxed{2A}$$

¿por cuál resistencia circula más corriente? ¿Por qué?



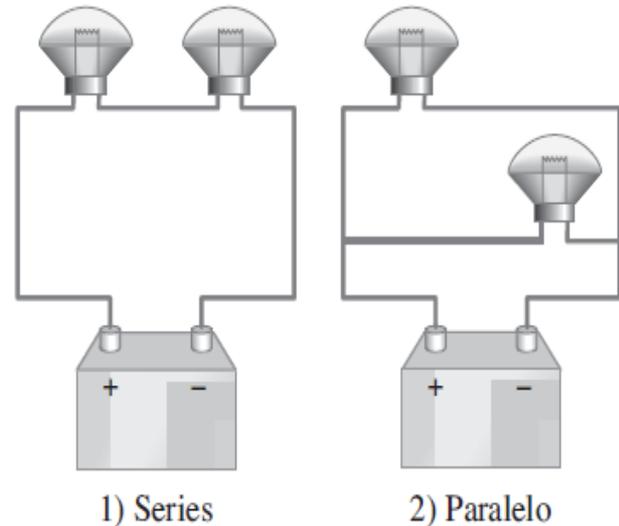
# Resolución de Circuitos

Las bombillas de la figura son idénticas.  
¿Cuál configuración produce más luz?

La resistencia equivalente del circuito en **paralelo** se encuentra a partir de la ecuación:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_i \frac{1}{R_i} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R} \rightarrow R_{eq} = \frac{R}{2}$$

¿En serie o en paralelo?



La resistencia equivalente del circuito en **serie** es la suma de las resistencias:

$$R_{eq} = \sum_i R_i = R + R = 2R$$

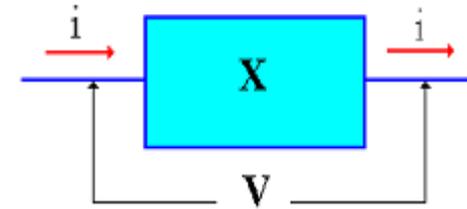
Dado que la corriente es  $i = \frac{V}{R_{eq}}$

Habrà más corriente en la configuración en **paralelo** ya que la Resistencia equivalente es menor

# Potencia Eléctrica

En un circuito el generador es responsable de convertir algún otro tipo de energía en energía potencial eléctrica. Esta energía a su vez, se transforma en el circuito en alguna clase de energía, por ejemplo calor, trabajo mecánico, etc.

Consideremos un elemento cualquiera de un circuito:



La diferencia de potencial entre sus extremos es:

- ✓  $V$ , si se trata de una batería, (voltaje entre los extremos o bornes de la misma).
- ✓  $iR$ , si es una resistencia.

Si en un tiempo  $\Delta t$  pasa una carga  $\Delta Q$  entonces por definición:  $\Delta Q = i\Delta t$

El cambio en la energía potencial que ha sufrido esta carga es:  $\Delta U_E = V\Delta Q = Vi\Delta t$

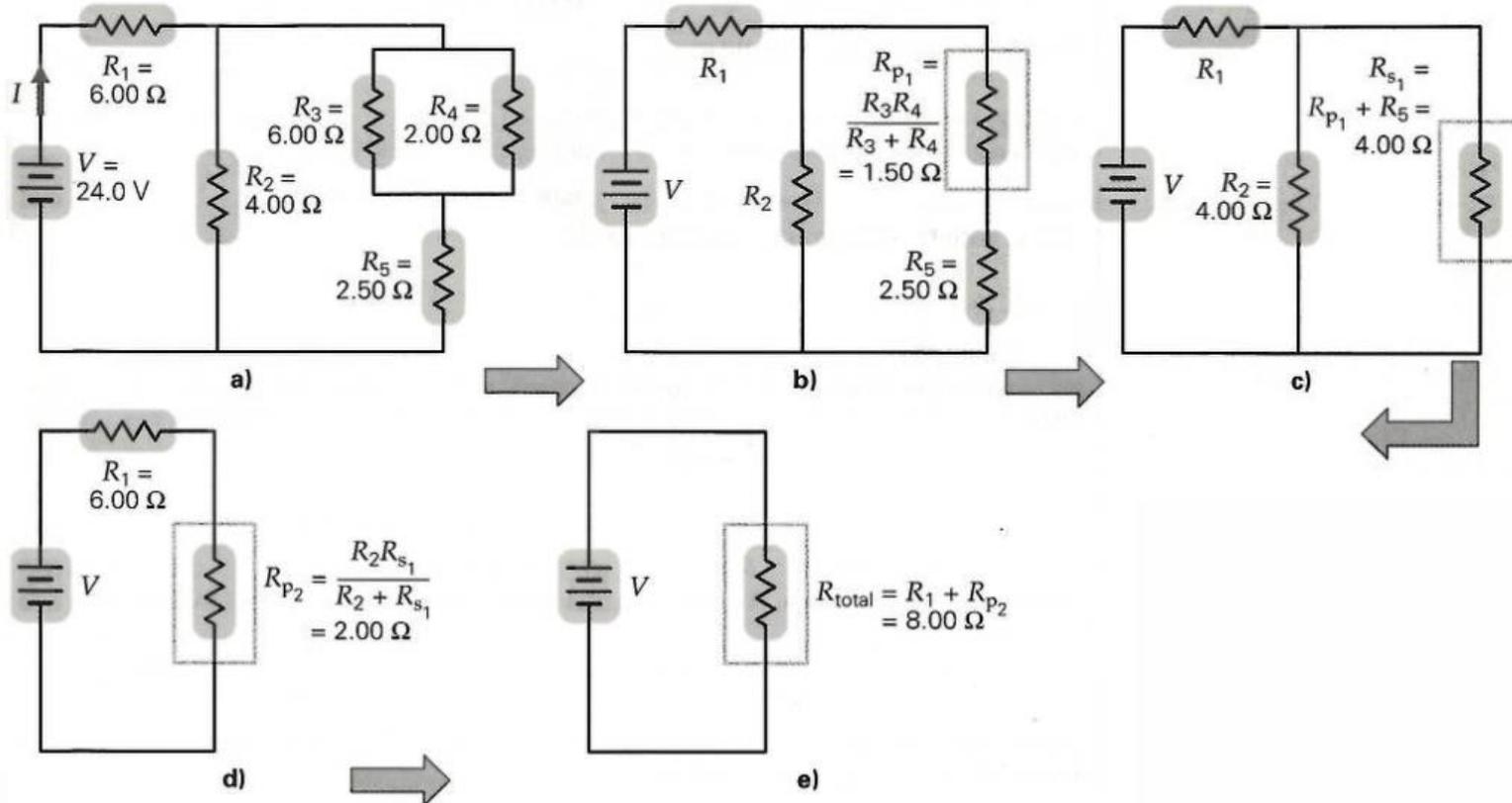
Este cambio de energía es el trabajo realizado por el elemento sobre la carga  $\Delta Q$ , dividiendo este trabajo por el tiempo, resulta la **potencia suministrada** o **disipada** en el circuito:

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\Delta U_E}{\Delta t} \quad \rightarrow \quad P = \frac{Vi\Delta t}{\Delta t} = Vi$$

La unidad de la potencia eléctrica es el **watt** (W).

# Resolución de Circuitos

Calcular la resistencia equivalente en el circuito de la figura.



# Potencia Eléctrica: Potencia Suministrada y Potencia Disipada

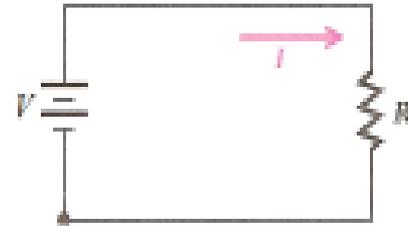
Para los dispositivos que cumplen con la ley de Ohm ( $V=iR$ ), se pueden hacer sustituciones, obteniéndose las siguientes expresiones:

$$P = iV = i(iR) = i^2R$$

$$P = iV = \left(\frac{V}{R}\right)V = \frac{V^2}{R}$$

Tenemos que para el caso de un generador con una diferencia de potencial  $V$ , la **potencia suministrada** es:

$$P_{suministrada} = iV$$

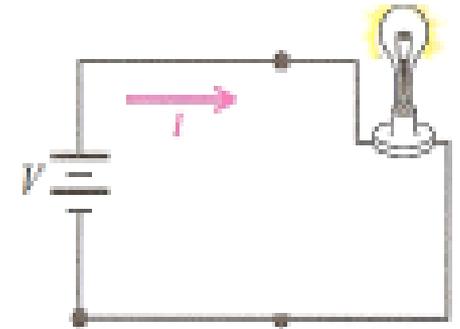


Para el caso de una resistencia ( $R$ ), la **potencia disipada** es:

$$P_{disipada} = i^2R$$

El principio de **conservación de la energía** exige en este caso, que la **potencia total suministrada** a un circuito debe ser igual a la **potencia total disipada** en el mismo.

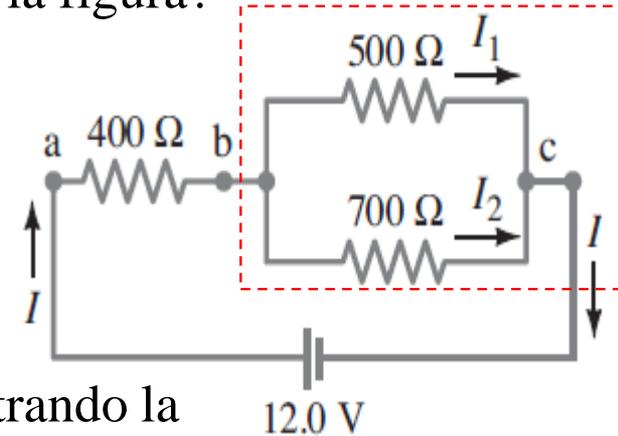
$$P_{suministrada} = P_{disipada}$$



# Resolución de Circuitos

¿Cuánta corriente se extrae de la batería que se ilustra en la figura?

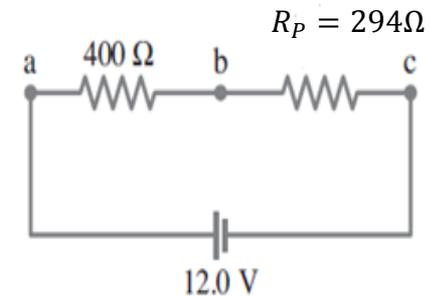
La corriente  $i$  que fluye de la batería pasa por completo a través del resistor de  $400\Omega$ , pero luego se divide en  $i_1$  e  $i_2$ , que pasan a través de los resistores de  $500\Omega$  y  $700\Omega$ .



Vamos a reducir el circuito a un circuito simple encontrando la resistencia equivalente.

1) Encontraremos la resistencia equivalente,  $R_p$ , de los resistores en paralelo

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{500\Omega} + \frac{1}{700\Omega} = \frac{700\Omega + 500\Omega}{(500\Omega)(700\Omega)} = \frac{1200\Omega}{350000\Omega^2} = 0.0034 \frac{1}{\Omega}$$



**Atención!!!!**

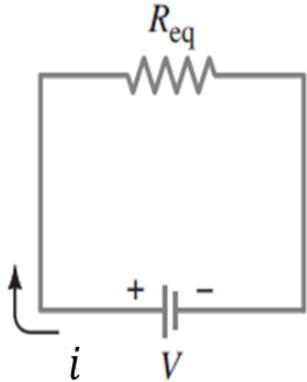


$$R_p = \frac{1}{0.0034} \Omega = 294\Omega$$

2) La resistencia equivalente,  $R_{eq}$ , del circuito reducido en serie será:

$$R_{eq} = 400\Omega + 294\Omega = 694\Omega$$

# Circuitos eléctricos



Entonces, la corriente total que fluye de la batería es:

Utilizando la ley de Ohm

$$i = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{12V}{694\Omega} = 0.017A = 17 \times 10^{-3}A = 17mA$$

**NOTA:** Esta  $i$  también es la corriente que fluye a través del resistor de  $400\Omega$ , pero **no** a través de los resistores de  $500\Omega$  y  $700\Omega$

¿Cuánto valen las corrientes a través de los resistores de  $500\Omega$  y  $700\Omega$ ?

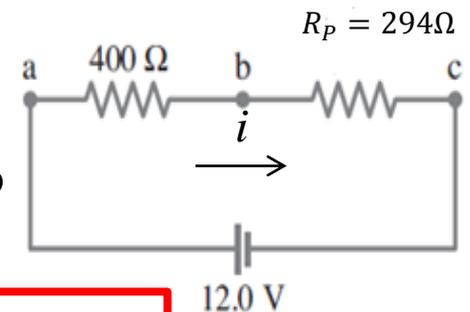
Se necesita encontrar el voltaje o diferencia de potencial a través del resistor equivalente  $R_p$

$$V_{R_p} = i_{R_p} R_p = 0.017A(294\Omega) = 5V$$

Dado que los resistores de  $500\Omega$  y  $700\Omega$  están en paralelo Su voltaje será el mismo  $V_{R_p}$ , entonces las corrientes serán:

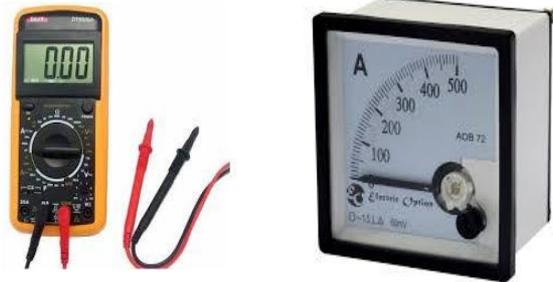
$$i_{500\Omega} = \frac{5V}{500\Omega} = 0.01A$$

$$i_{700\Omega} = \frac{5V}{700\Omega} = 0.007A$$



# Amperímetros y voltímetros

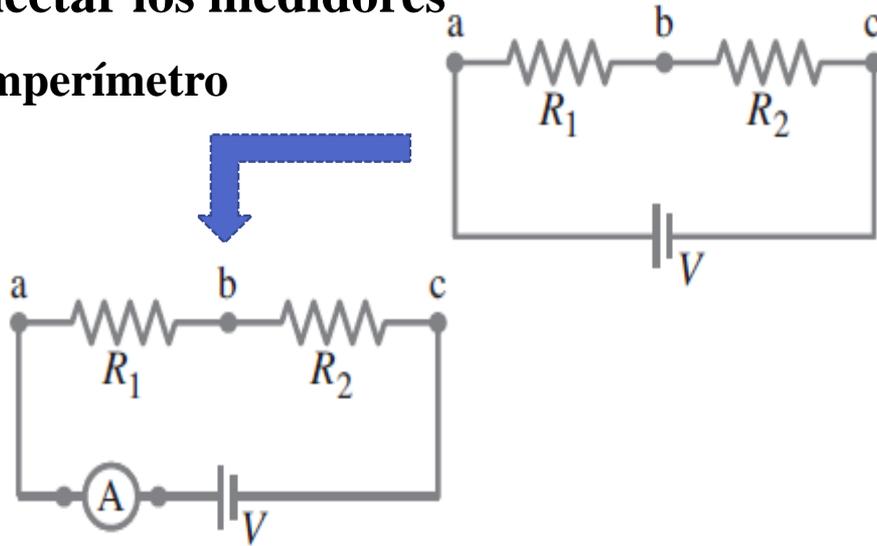
- ✓ **Amperímetro:** mide intensidad de corriente en un circuito eléctrico. Se conecta en **serie**. Posee una **resistencia interna muy pequeña** de modo que su funcionamiento no afecte al circuito.
- ✓ **Voltímetro:** mide la diferencia de potencial en los extremos de un elemento de un circuito. Se conecta en **paralelo** al elemento cuya caída de potencial se desea medir. Su **resistencia interna es muy grande** respecto a la resistencia del elemento considerado, de modo de no alterar, sustancialmente, la corriente que circula por el circuito.



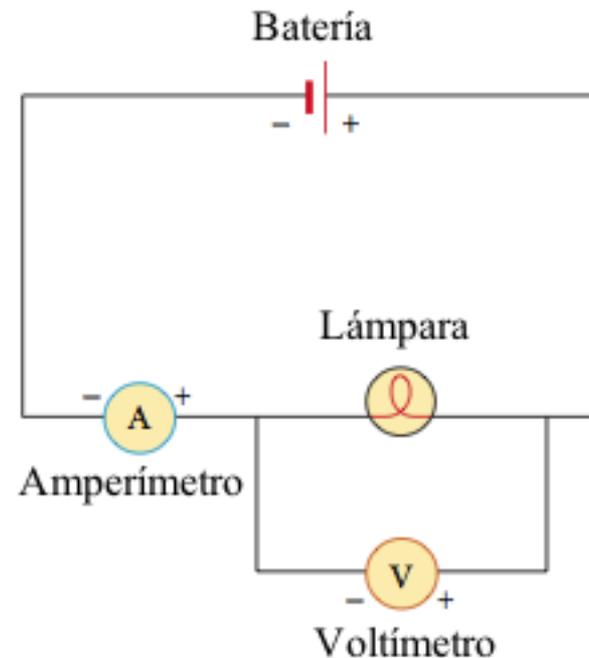
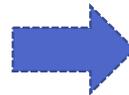
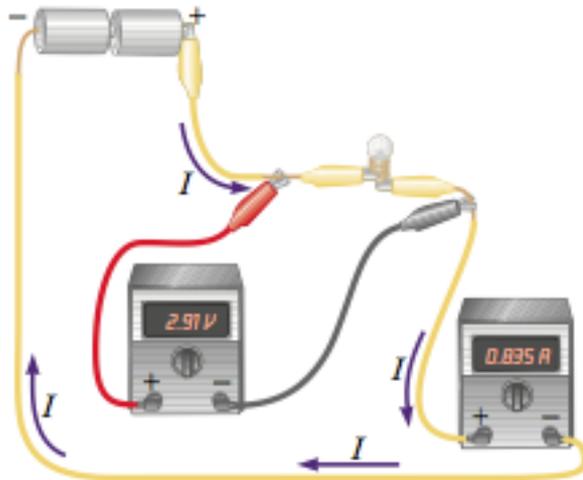
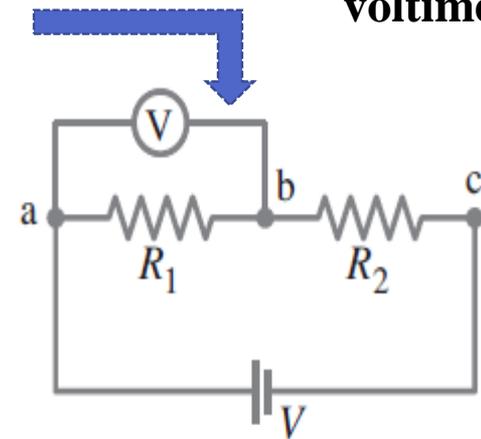
# Amperímetros y voltímetros

## Cómo conectar los medidores

amperímetro



voltímetro



Simulación

# Resumen

- ✓ Corriente eléctrica es el número de cargas por unidad de tiempo.
- ✓ Una batería es una fuente de diferencia de potencial constante.
- ✓ La resistencia eléctrica es el cociente entre el voltaje y la corriente:

$$R = \frac{V}{I}$$

- ✓ Resistencia equivalente:

$$R_{eq} = \sum_i R_i$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_i \frac{1}{R_i}$$

- ✓ Potencia en un circuito

$$P = IV = I(IR) = I^2R$$

$$P = IV = \left(\frac{V}{R}\right)V = \frac{V^2}{R}$$