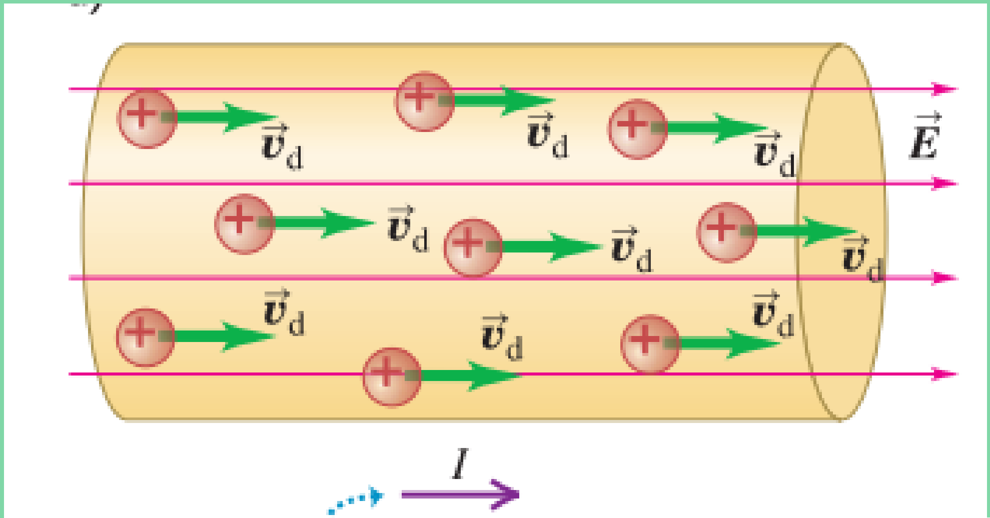
Corriente eléctrica

$$I = \frac{dQ}{dt} \,,$$



Carga total por unidad de tiempo que atraviesa una superficie

Unidad de I

$$1\,\text{amperio} = \frac{1\ \text{culombio}}{1\ \text{segundo}} \quad ; \quad 1\,\text{A} = 1\,\text{C/s}\,.$$

Algunos números.....

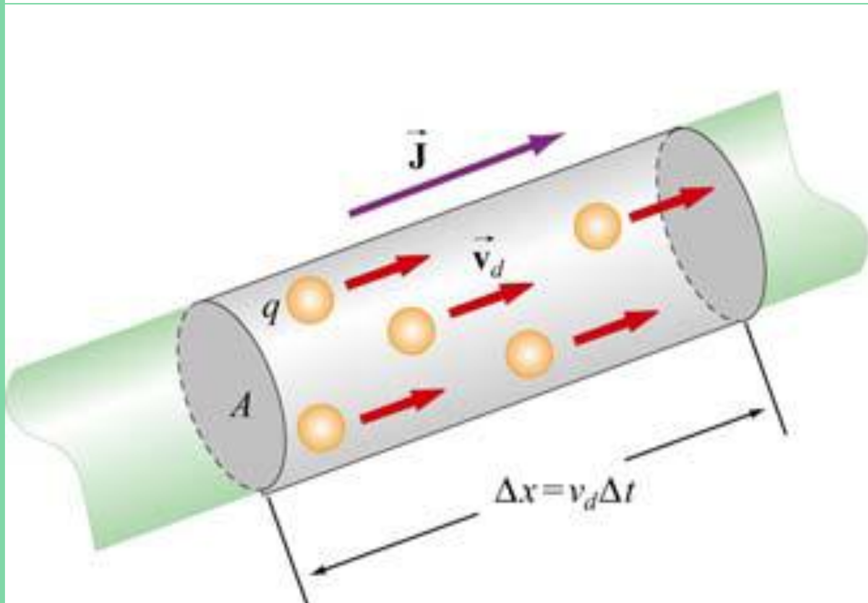
miliampere 1 mA = 10^{-3} A
microampere 1 μA = 10^{-6} A

corrientes en los circuitos de radio y televisión

nanoamperes (1 nA = 10^{-9} A)
picoamperes (1 pA = 10^{-12} A).

corrientes en los circuitos de computadoras

$$\Delta Q = nq\Delta V = nq\Delta S v_d \Delta t\ .$$



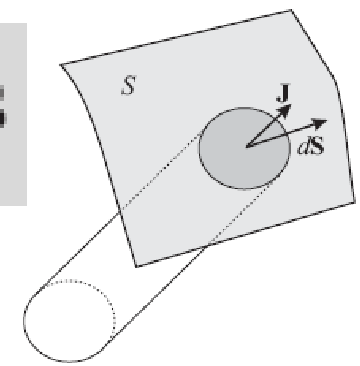
$$\Delta I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nqv_d\Delta S\ .$$

$$\Delta I = nq\mathbf{v}_d \cdot \Delta\mathbf{S}\ .$$

$$dI = nq\mathbf{v}_d \cdot d\mathbf{S}\ ,$$

$$I = \int_S dI = \int_S nq\mathbf{v}_d \cdot d\mathbf{S}\ .$$

$$I = \int_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S}$$



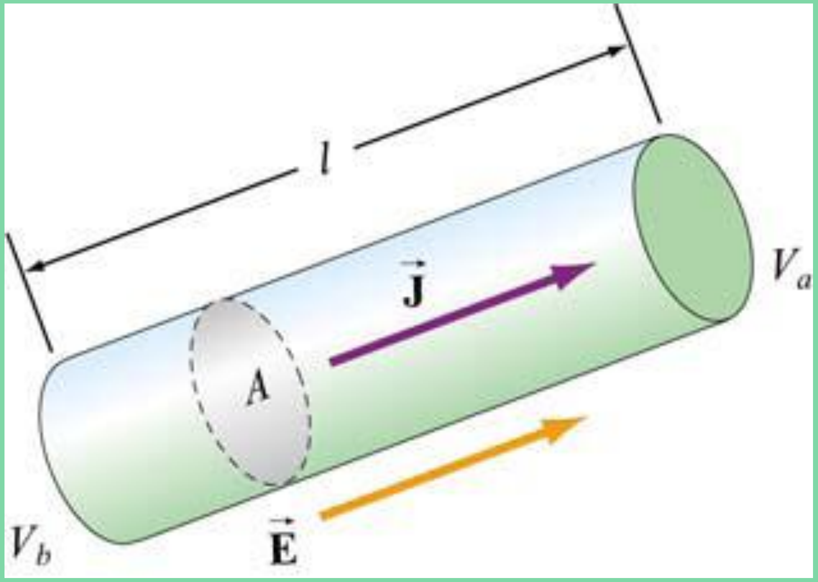
$$\mathbf{J} = nq\mathbf{v}_d\ .$$

Conductividad eléctrica

Para muchos materiales

$$\vec{\mathbf{J}} = \sigma\vec{\mathbf{E}}$$

Ley de Ohm (microscópica)



$$\Delta V = V_b - V_a = -\int_a^b \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{s}} = El$$

$$J = \sigma E = \sigma \left(\frac{\Delta V}{l} \right)$$

$$\Delta V = \frac{l}{\sigma} J = \left(\frac{l}{\sigma A} \right) I = RI$$

$$R = \frac{\Delta V}{I} = \frac{l}{\sigma A}$$

Resistencia eléctrica

$$1\,\Omega \equiv \frac{1\,\mathrm{V}}{1\,\mathrm{A}}$$

$$\Delta V = IR$$

Ley de Ohm

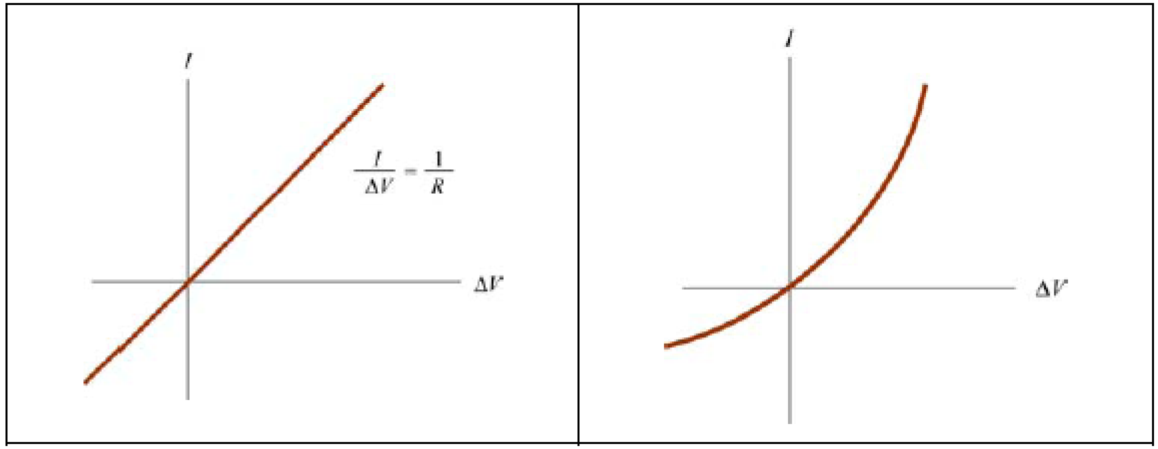


Figure 6.2.2 Ohmic vs. Non-ohmic behavior.

Resistividad eléctrica

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{m_e}{ne^2\tau}$$

microscópicamente

$$\rho = \frac{E}{J} = \frac{\Delta V / l}{I / A} = \frac{RA}{l}$$

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

macroscópicamente

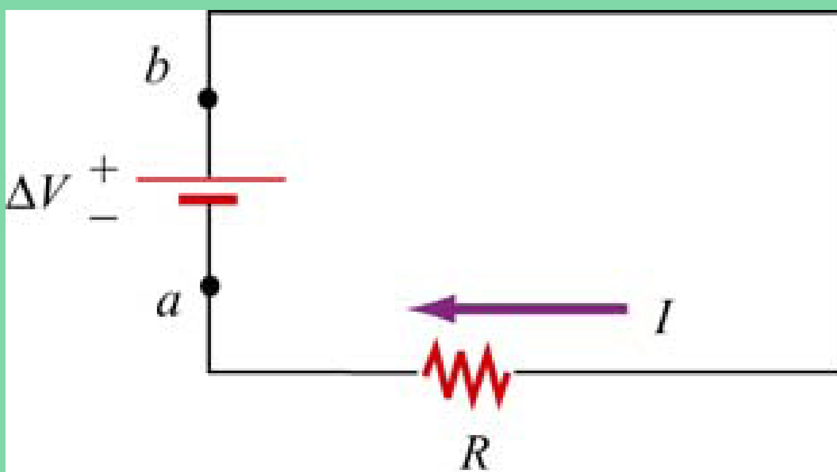
	Sustancia	$\rho\,(\Omega\cdot m)$		Sustancia	$\rho\,(\Omega\cdot m)$
Conductores			**Semiconductores**		
Metales	Plata	1.47×10^{-8}		Carbono puro (grafito)	3.5×10^{-5}
	Cobre	1.72×10^{-8}		Germanio puro	0.60
	Oro	2.44×10^{-8}		Silicio puro	2300
	Aluminio	2.75×10^{-8}	**Aislantes**		
	Tungsteno	5.25×10^{-8}		Ámbar	5×10^{14}
	Acero	20×10^{-8}		Vidrio	10^{10}–10^{14}
	Plomo	22×10^{-8}		Lucita	$>10^{13}$
	Mercurio	95×10^{-8}		Mica	10^{11}–10^{15}
Aleaciones	Manganina (84% Cu, 12% Mn, 4% Ni)	44×10^{-8}		Cuarzo (fundido)	75×10^{16}
	Constantán (60% Cu, 40% Ni)	49×10^{-8}		Azufre	10^{15}
	Nicromel	100×10^{-8}		Teflón	$>10^{13}$
				Madera	10^{8}–10^{11}

Potencia y energía eléctrica

$$\Delta U = \Delta q\,\Delta V$$

$$\Delta V = V_b - V_a > 0\,.$$

$$P = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \left(\frac{\Delta q}{\Delta t}\right)\Delta V = I\,\Delta V$$



$$\Delta V = IR\,,$$

LEY DE JOULE

$$\boxed{P = I^2 R = \frac{(\Delta V)^2}{R}}$$

Esta ley para la potencia disipada en una resistencia fue deducida experimentalmente por J.P. Joule sobre 1841.

Corriente eléctrica

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Corriente promedio en un conductor

$$I_{\text{avg}} = nqv_d A$$

Número de cargas por unidad de volumen

Velocidad de arrastre

Área sección transversal

Densidad de corriente

$$\vec{\mathbf{J}} = nq\vec{\mathbf{v}}_d$$

Ley de Ohm microscópica

$$\vec{\mathbf{J}} = \sigma\vec{\mathbf{E}}$$

conductividad

resistividad

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

Ley de Ohm macroscópica

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

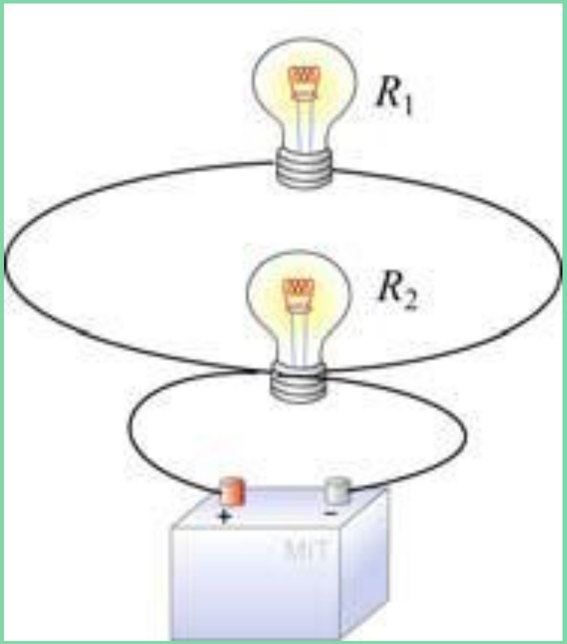
Resistencia

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

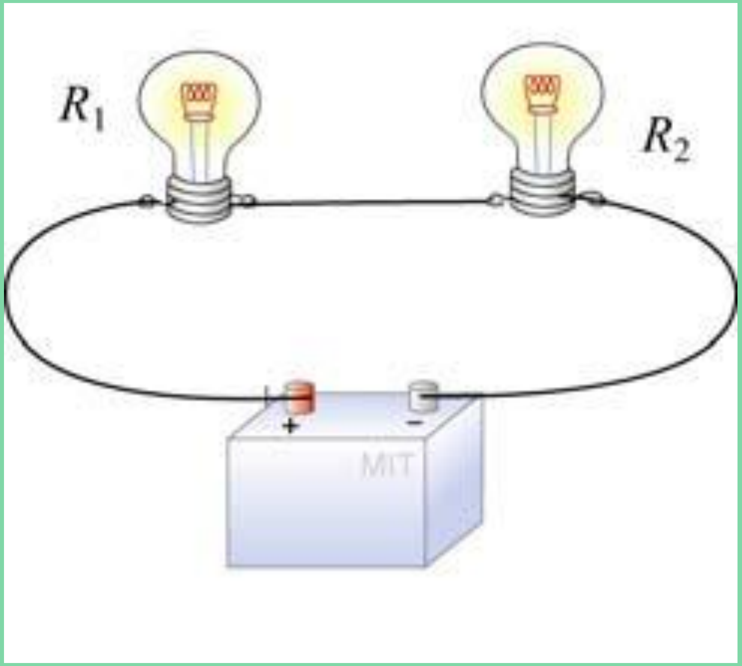
Potencia eléctrica

$$P = I\Delta V = I^2 R = \frac{(\Delta V)^2}{R}$$

Circuitos eléctricos

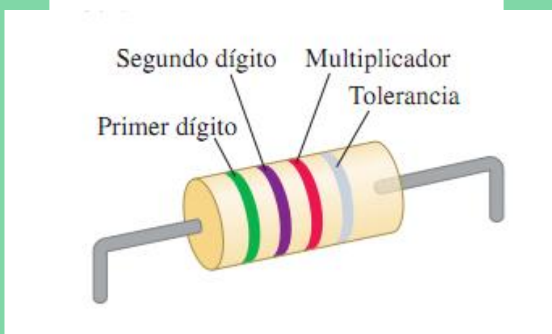


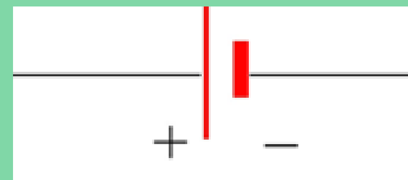
Conexión paralelo



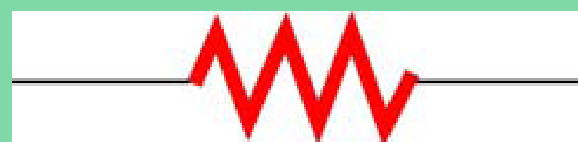
Conexión serie

Color	Valor como dígito	Valor como multiplicador
Negro	0	1
Café	1	10
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





Batería, pila, fuente de voltaje

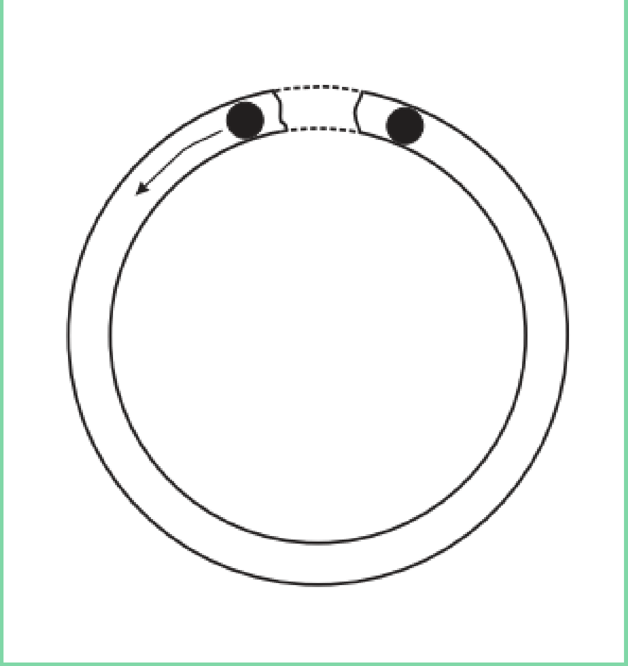


Resistencia eléctrica

Interruptor

Símbolos convencionales

Analogía mecánica



el campo gravitatorio, que es conservativo, no es capaz de mantener una corriente continua de masa.

Para conseguir una corriente continua de masa se necesita un “empuje” adicional, que produce un campo de naturaleza distinta al gravitatorio (esto es, no conservativo)

La misma cuestión puede ahora plantearse respecto al mantenimiento de una corriente de cargas eléctricas por un campo electrostático.

$$\frac{W}{q} = \oint \mathbf{E}_{\text{els}} \cdot d\boldsymbol{l} = 0 \,,$$

Para mantener un movimiento continuo de cargas debemos introducir un elemento externo que proporcione a las cargas móviles el "impulso externo" necesario para compensar esta perdida constante de energía.

Fuerza electromotriz "fem"

$$\mathscr{E} = \oint_{\text{circuito}} \mathbf{f} \cdot d\boldsymbol{l} \,,$$

La fuerza tangencial por unidad de carga integrada sobre la longitud del circuito completo (esta cantidad es igual a la energía por unidad de carga suministrada en cada ciclo por el agente externo).

Las unidades de fuerza electromotriz son voltios.

Es importante aclarar que la fuerza electromotriz NO es una diferencia de potencial, puesto que el agente de fem no puede ser un campo electrostático, (campo de circulación nula), sino un campo de naturaleza no electrostática

$$\mathcal{E} \neq \Delta V \ ,$$

La existencia de una corriente eléctrica continua en un circuito requiere la acción de un agente externo, usualmente denominado generador de fem (o también, fuente de tensión), que proporcione el campo electromotor necesario para "empujar" las cargas positivas/negativas hacia potenciales crecientes/decrecientes en contra del efecto del campo electrostático.

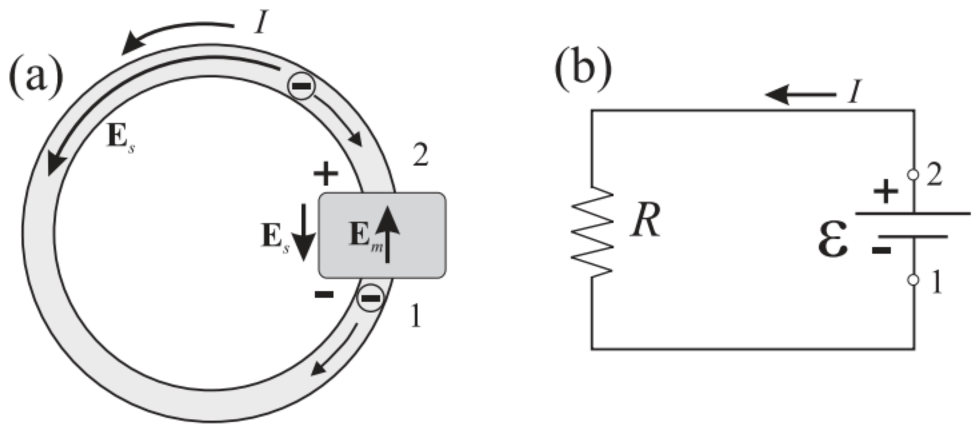
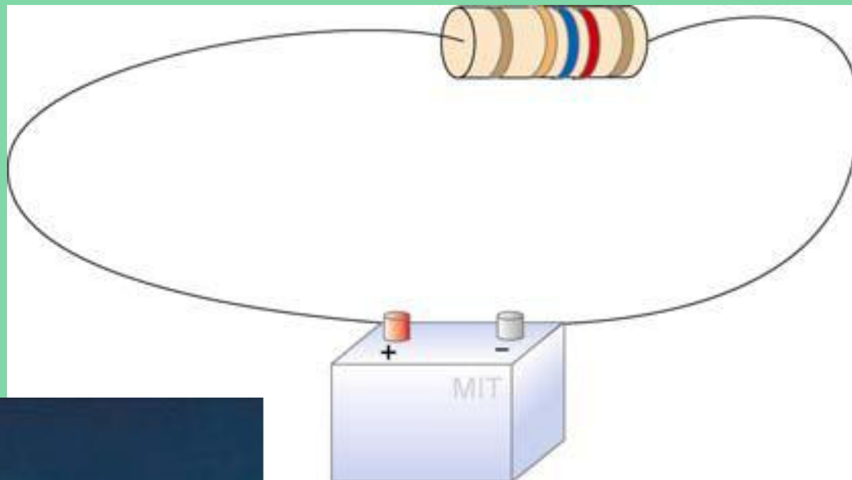
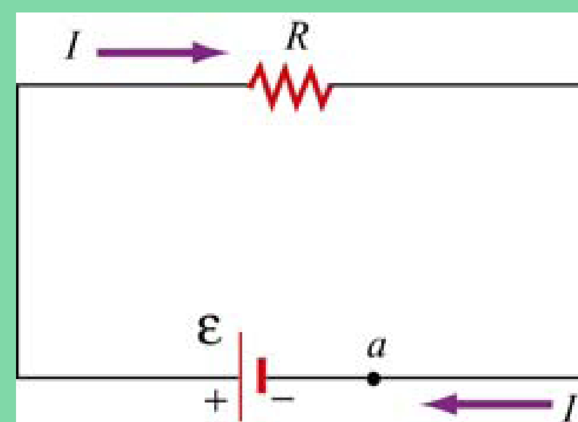


FIGURA 2.1: (a) Esquema físico de la acción de un generador de fuerza electromotriz. (b) Representación circuital del esquema anterior



$$\varepsilon \equiv \frac{dW}{dq}$$

$$\varepsilon - I \cdot R = 0$$



Por lo tanto: I = ε / R

Potencia suministrada por el generador

El trabajo que realiza el generador (en concreto, el campo electromotor, $\mathbf{E}_m$) para mover un diferencial de carga dq vendrá dado por

$$dW = dq \oint \mathbf{E}_m \cdot d\boldsymbol{l} = dq\mathscr{E} \ .$$

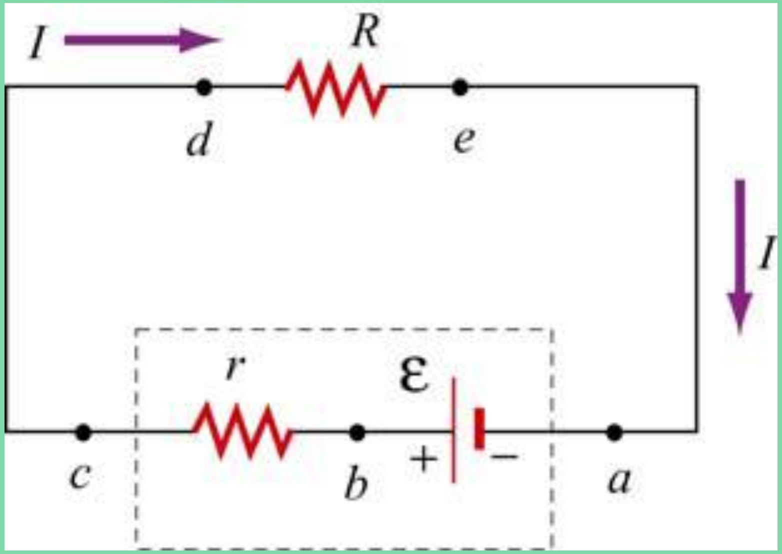
Puesto que este diferencial de carga forma parte de una corriente, tendremos que $dq = Idt$ y por tanto

$$dW = I\mathscr{E}dt \ .$$

De la expresión anterior podemos deducir que la potencia, P, suministrada por el generador es

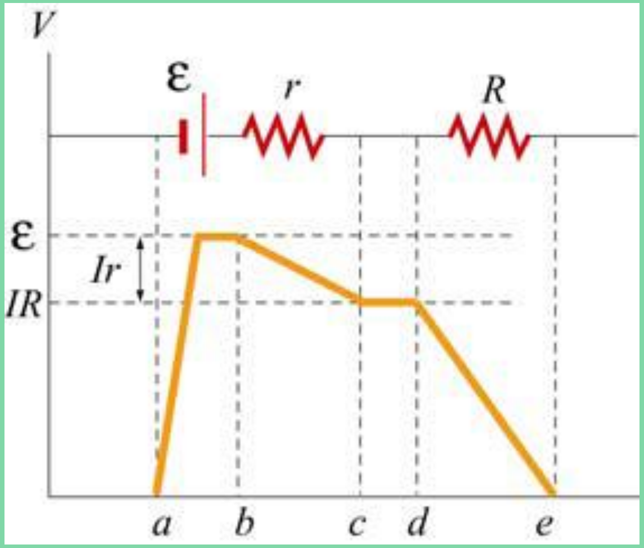
$$\boxed{P = I\mathscr{E}} \ .$$

Circuito real tiene una resistencia interna



$$\Delta V = \varepsilon - Ir$$

$$\varepsilon - Ir - IR = 0$$

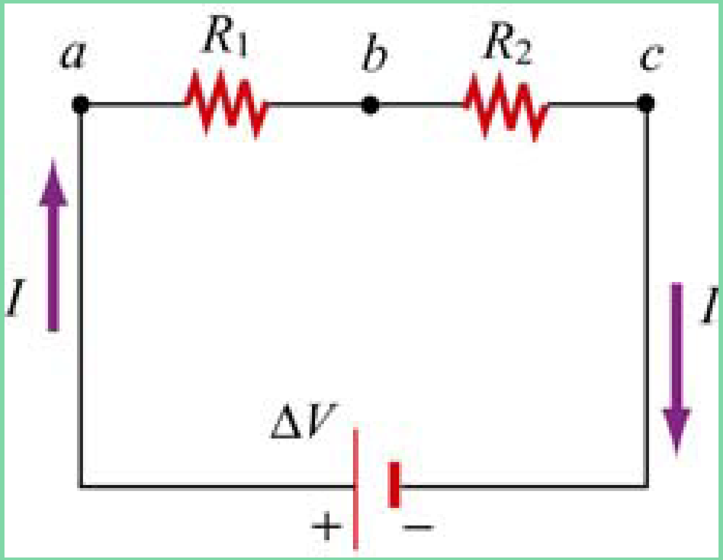


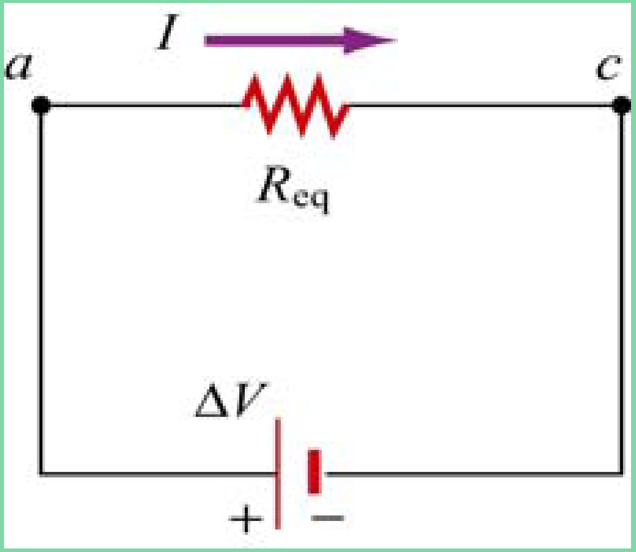
Por lo tanto ...

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

$$P = I\varepsilon = I(IR + Ir) = I^2 R + I^2 r$$

Resistencias en serie





$$\Delta V = I\,R_1 + I\,R_2 = I\left(R_1 + R_2\right)$$

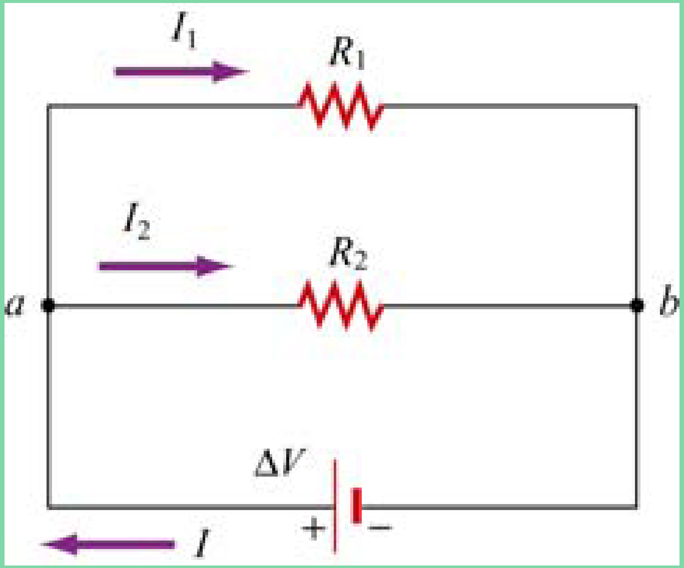
siendo

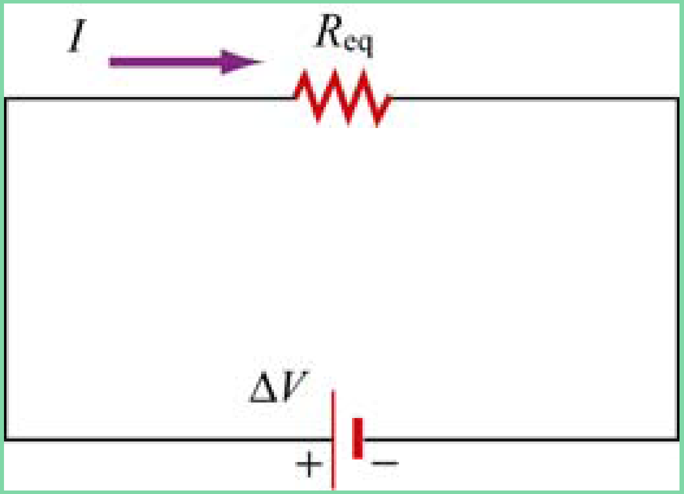
$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

En general.....

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \cdots = \sum_{i=1}^{N} R_i$$

Resistencias en paralelo





$$I = I_1 + I_2 = \frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} = \Delta V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

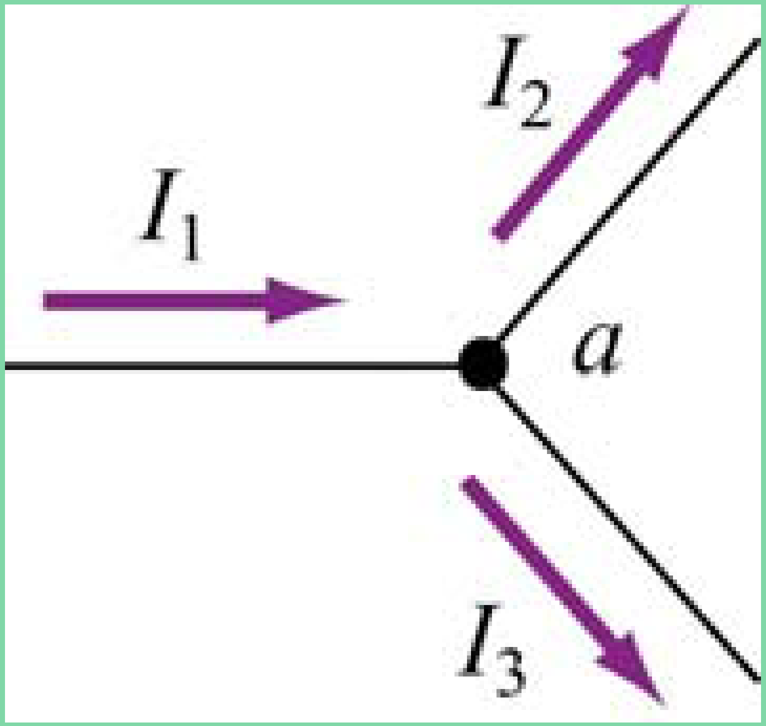
siendo

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

En general.....

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{R_i}$$

Leyes de Kirchhoff



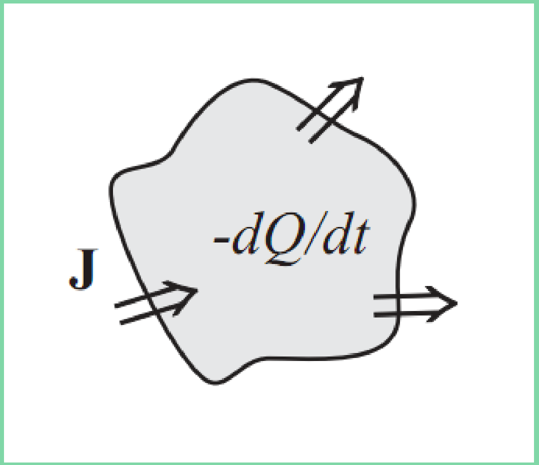
$$\sum I_{\text{in}} = \sum I_{\text{out}}$$

Primera: Ley de nodos

$$I_1 = I_2 + I_3$$

Basados en el principio de conservación local de la carga

La intensidad de corriente que atraviesa la superficie cerrada de un recinto es igual a menos la variación temporal de la carga móvil en su interior.



ECUACION DE CONTINUIDAD DE LA CARGA

$$\oint_S \mathbf{J}\cdot d\mathbf{S} = -\frac{dQ}{dt} \,,$$

Indica que carga saliendo del recinto esta relacionado con disminución en el interior

$$\oint_S \mathbf{J}\cdot d\mathbf{S} = -\frac{d}{dt}\int_V \rho\, d\mathcal{V} = -\int_V \frac{\partial \rho}{\partial t}\, d\mathcal{V} \,.$$

Para corrientes continuas

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \,,$$

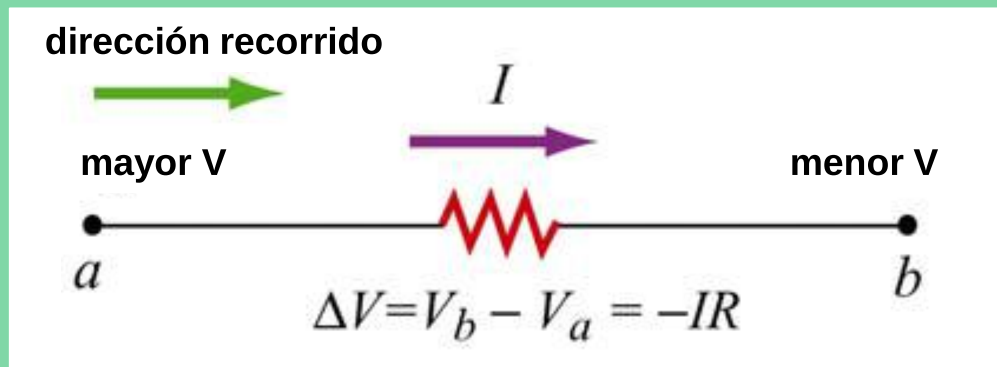
El flujo de corriente a través de un recinto cerrado es nulo; o lo que es lo mismo, la misma cantidad de carga que entra en el recinto sale de él.

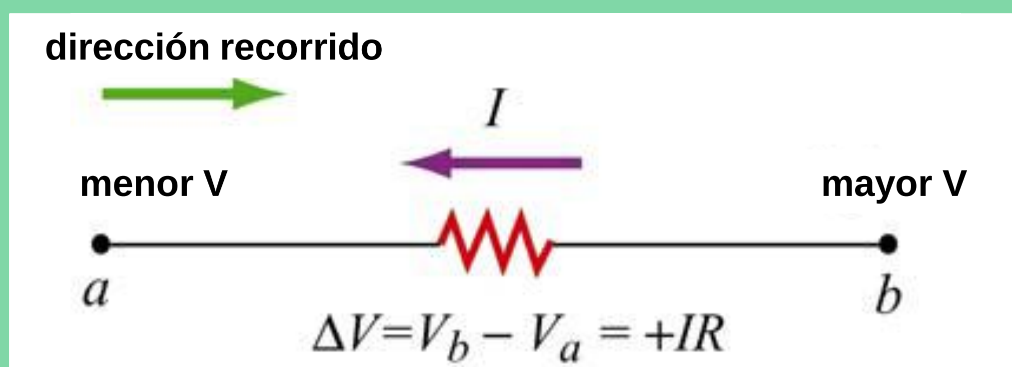
$$\oint_S \mathbf{J}\cdot d\mathbf{S} = 0$$

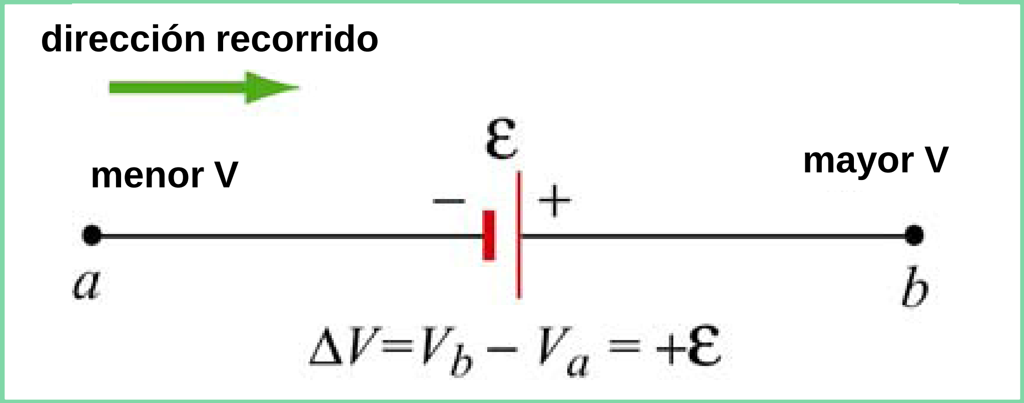
Segunda: ley de mallas

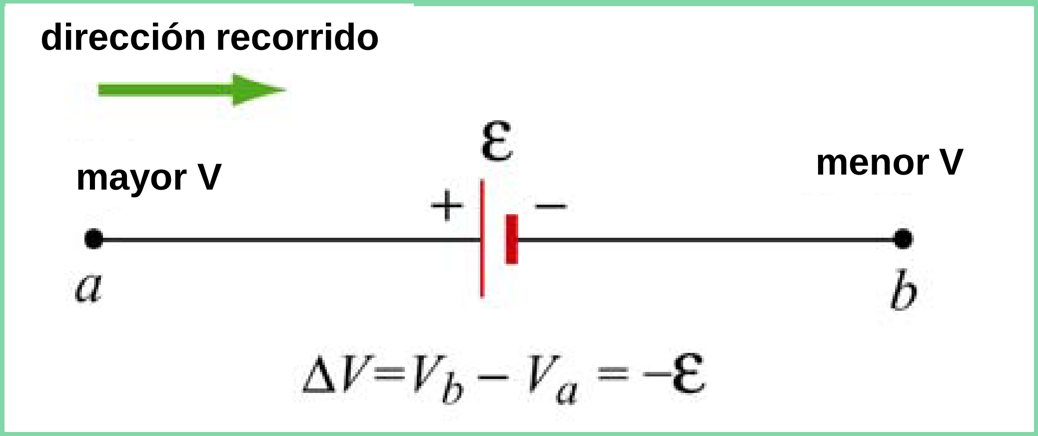
$$\sum_{\text{closed loop}} \Delta V = 0$$

Convención para determinar ΔV

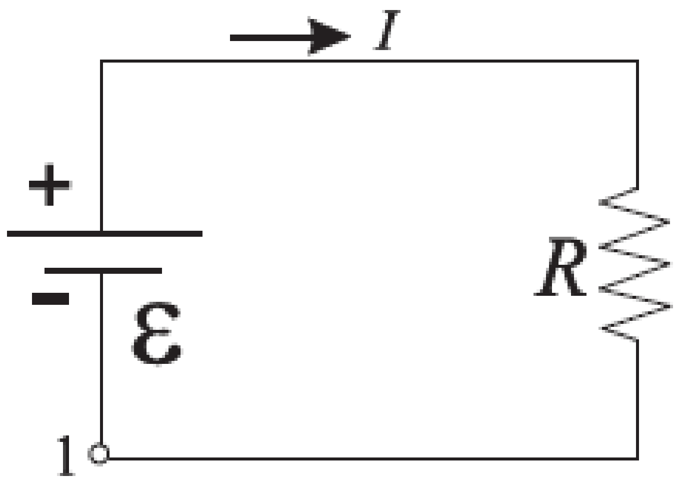





dirección recorrido
ε
menor V
mayor V
−
+
a
b
ΔV=Vb − Va = +ε

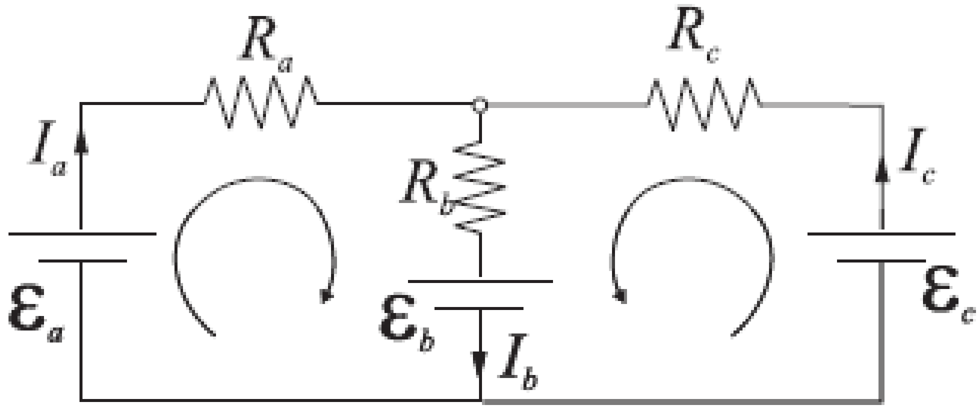

dirección recorrido
ε
mayor V
menor V
+
−
a
b
ΔV=Vb − Va = −ε

Aplicación a circuitos de corriente continua



$$V_{11} = 0 = IR - \mathscr{E} \,,$$

$$I = \mathscr{E}/R \,.$$



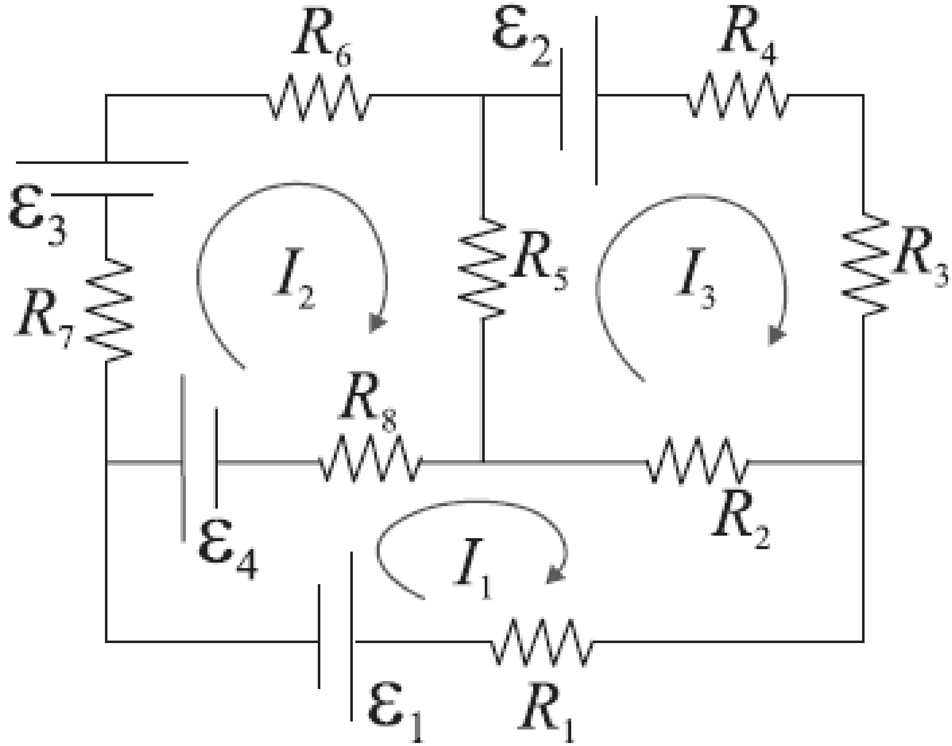
$$I_aR_a + I_bR_b = \mathscr{E}_a - \mathscr{E}_b$$

$$I_cR_c + I_bR_b = \mathscr{E}_c - \mathscr{E}_b$$

$$I_b = I_a + I_c \ ,$$

$$I_a(R_a + R_b) + I_cR_b = \mathscr{E}_a - \mathscr{E}_b$$

$$I_aR_a + I_c(R_b + R_c) = \mathscr{E}_c - \mathscr{E}_b \ .$$



R_6
$\mathcal{E}_2$
R_4
$\mathcal{E}_3$
R_5
R_3
I_2
I_3
R_7
R_8
R_2
$\mathcal{E}_4$
I_1
$\mathcal{E}_1$
R_1