

***Instituto
Tecnológico
Metropolitano ITM***

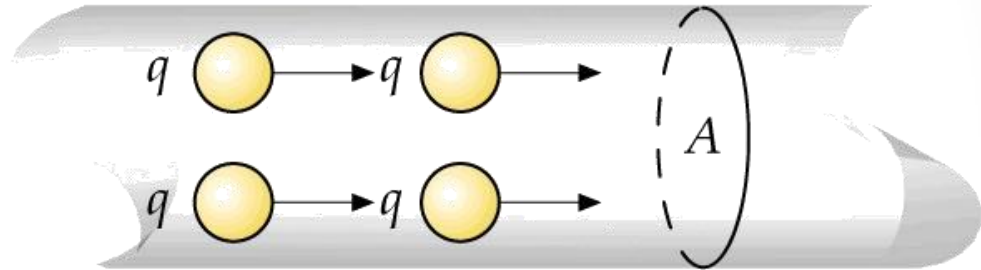
5 CORRIENTE ELÉCTRICA

Conductor: Material en el cual algunas de las partículas cargadas (**portadores de carga**) se pueden mover libremente.

Corriente eléctrica



Flujo de cargas eléctricas que, por unidad de tiempo, atraviesan un área transversal



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

Unidad: Amperio

$$1A = 1C/s$$

Sentido de la corriente: Coincide con el de los portadores de carga positivos.

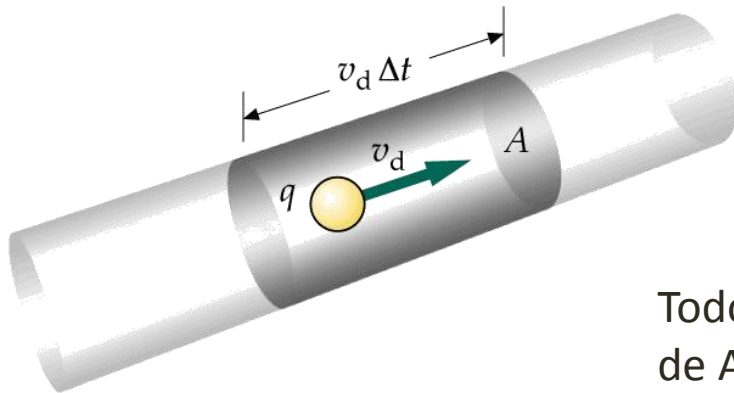
5.1 CORRIENTE ELÉCTRICA

Velocidad de desplazamiento (v_d)



Caracteriza el movimiento de los electrones dentro de un conductor sometido a un campo eléctrico externo.

Relación entre v_d y la corriente I



n : densidad de portadores de carga

q : carga de cada portador

v_d : velocidad de cada portador

Todos los portadores que hay en $v_d \Delta t$ pasan a través de A en un Δt .

La carga total en el volumen $Av_d \Delta t$ es

$$\Delta q = qnAv_d \Delta t$$

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

5.1 CORRIENTE ELÉCTRICA

Consideramos un cable de cobre de calibre 14 que soporta una intensidad de 1 A,

- determina la velocidad de desplazamiento para un electrón en el cable.
- Que distancia recorre un electrón en una hora?

Donde:

$$q = -e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$A = \pi r^2 \longrightarrow r = 0.815 \text{ mm (calibre 14)}$$

$$n = 8.47 \times 10^{28} \text{ átomos/m}^3$$

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

Velocidad de desplazamiento (v_d)

Entonces:

$$v_d = \frac{I}{nqA} = 3.54 \times 10^{-5} \text{ m/s} = 0.0354 \text{ mm/s}$$

¿Qué distancia recorre un electrón en una hora?

$$3.54 \times 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 1 \text{ hora} \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hora}} \approx 0.13 \text{ m} = 13 \text{ cm}$$

5. 2 DENSIDAD DE CORRIENTE

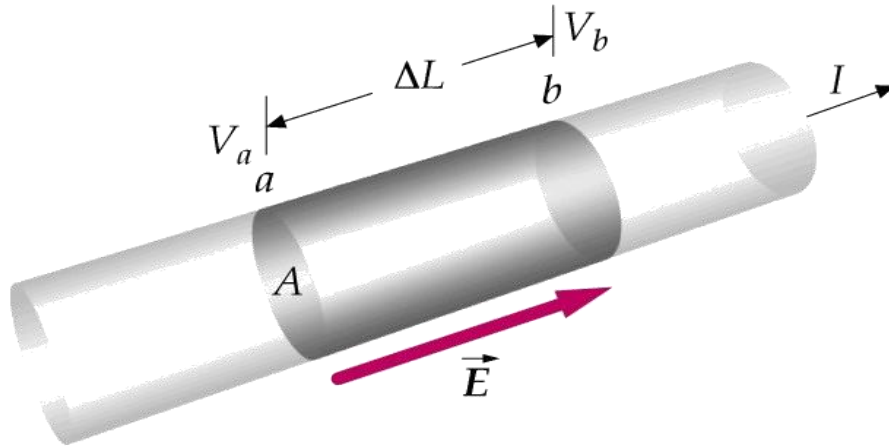
Densidad de corriente eléctrica: Se define como la corriente por unidad de área.

$$\vec{j} = \frac{I}{A} = n q \vec{v}_d$$

Si la velocidad de arrastre varía de un punto a otro, podemos calcular la corriente a partir de la densidad de corriente.

$$I = \int \vec{j} \cdot d\vec{A}$$

5.3 RESISTENCIA Y LEY DE OHM



El campo eléctrico está dirigido de las regiones de mayor potencial a las de menor potencial.

$$V = V_a - V_b = E \Delta L$$

Resistencia eléctrica: Es una medida de la oposición que ejerce un material al flujo de carga a través de él.



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

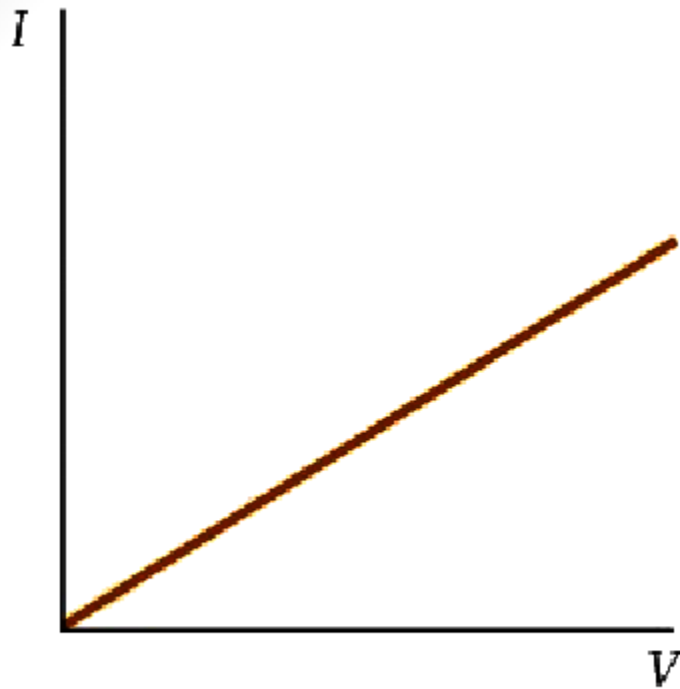
Unidad: Ohmio

$$1\Omega = 1V/A$$

$$V = IR$$

Ley de Ohm

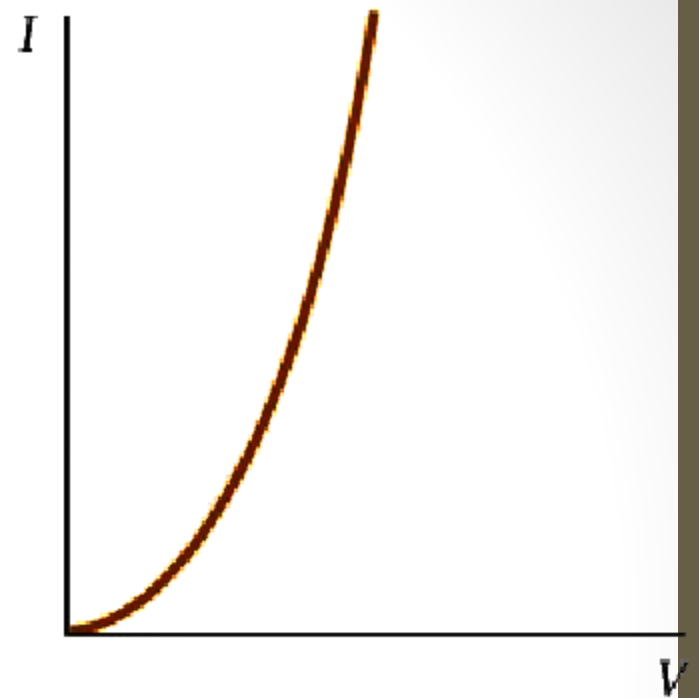




Materiales óhmicos



La resistencia no depende de la caída de potencial ni de la intensidad.



Materiales no óhmicos



La resistencia depende de la corriente, siendo proporcional a I .

Resistividad:

Expresa la relación entre la resistencia de un conductor y su tamaño.

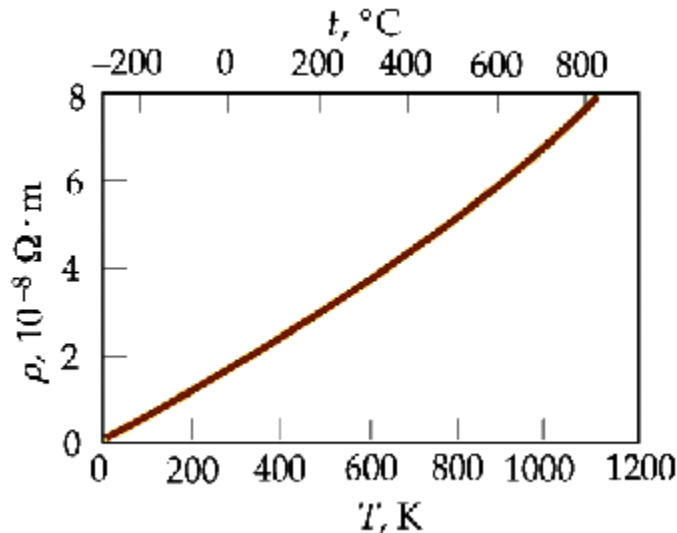
$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Unidades de ρ : $\Omega \cdot m$

Conductividad:

Es la inversa de la resistividad

$$R = \frac{L}{\sigma A} \quad \vec{j} = \sigma E$$



$$\rho = \rho_{20} [1 + \alpha(t - 20^\circ C)]$$

α : coeficiente de temperatura de la resistividad.

$$\rho = \frac{E}{J}$$

Resistividades a temperatura ambiente (20 °C)

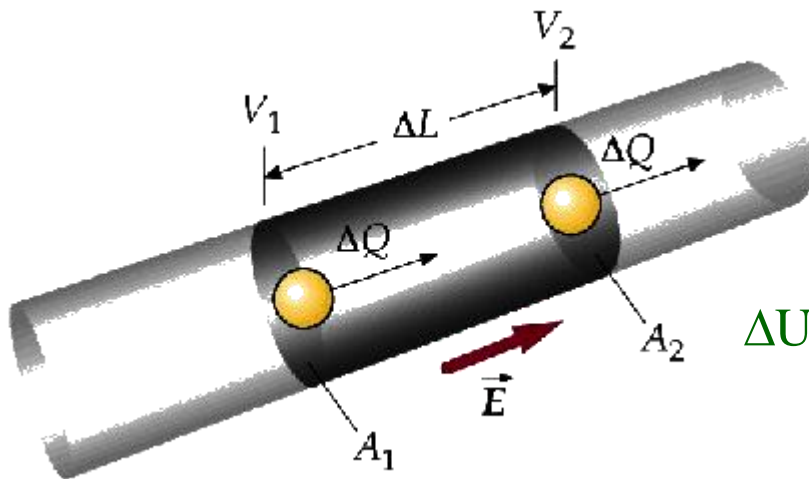
Sustancia		$\rho (\Omega \cdot m)$	Sustancia		$\rho (\Omega \cdot m)$
Conductores			Semiconductores		
Metales	Plata	1.47×10^{-8}	Carbono puro (grafito)	3.5×10^{-5}	
	Cobre	1.72×10^{-8}	Germanio puro	0.60	
	Oro	2.44×10^{-8}	Silicio puro	2300	
	Aluminio	2.75×10^{-8}	Aislantes		
	Tungsteno	5.25×10^{-8}	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}	

Coefficientes de temperatura de la resistividad (valores aproximados cerca de la temperatura ambiente)

Material	$\alpha [(^{\circ}C)^{-1}]$	Material	$\alpha [(^{\circ}C)^{-1}]$
Aluminio	0.0039	Plomo	0.0043
Latón	0.0020	Manganina	0.00000
Carbono (grafito)	-0.0005	Mercurio	0.00088
Constantán	0.00001	Nicromel	0.0004
Cobre	0.00393	Plata	0.0038
Hierro	0.0050	Tungsteno	0.0045

5.4 ENERGÍA EN LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS

En un conductor, el flujo de carga positiva se hace de potenciales altos a potenciales bajos, mientras que los electrones lo hacen en sentido contrario. Esto se traduce en que la carga pierde energía potencial y gana energía cinética que se transforma de inmediato en energía térmica.



En A_1 $U_1 = V_1 \Delta Q$

En A_2 $U_2 = V_2 \Delta Q$

$$\Delta U = \Delta Q(V_2 - V_1) = \Delta Q(-V) \quad -\Delta U = \Delta Q V$$

Energía perdida por
unidad de tiempo

$$-\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} V = I V$$

Potencia disipada

$$P = I V$$

Se mide en vatios (W)

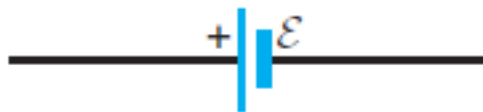
Símbolos para diagramas de circuito



Conductor con resistencia despreciable.



Resistor.

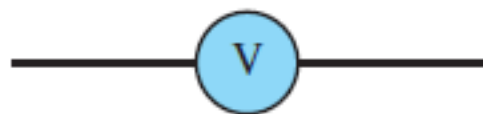
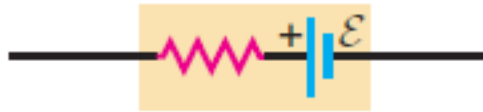


Fuente de fem (la línea vertical más larga representa la terminal positiva, por lo general aquélla con el mayor potencial).



Fuente de fem con resistencia interna r (la r se puede colocar en cualquier lado).

o bien



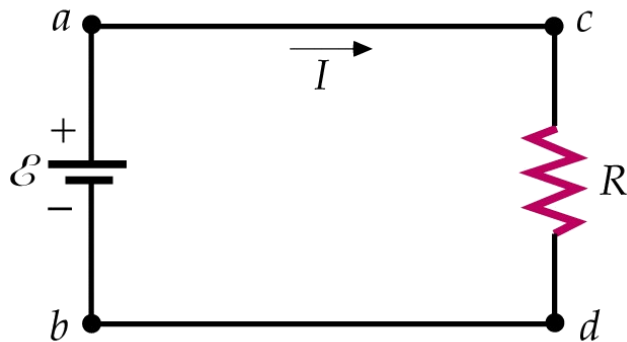
Voltímetro (mide la diferencia de potencial entre sus terminales)



Amperímetro (mide la corriente que pasa a través suyo).

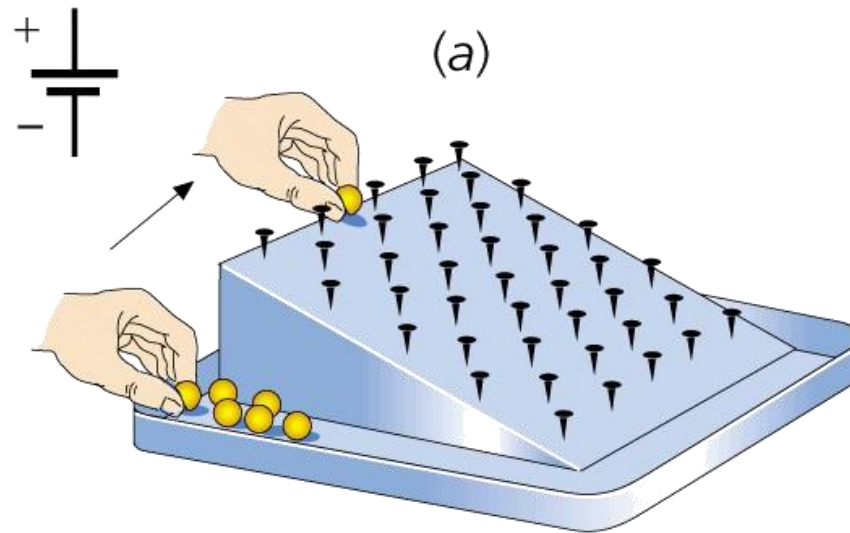
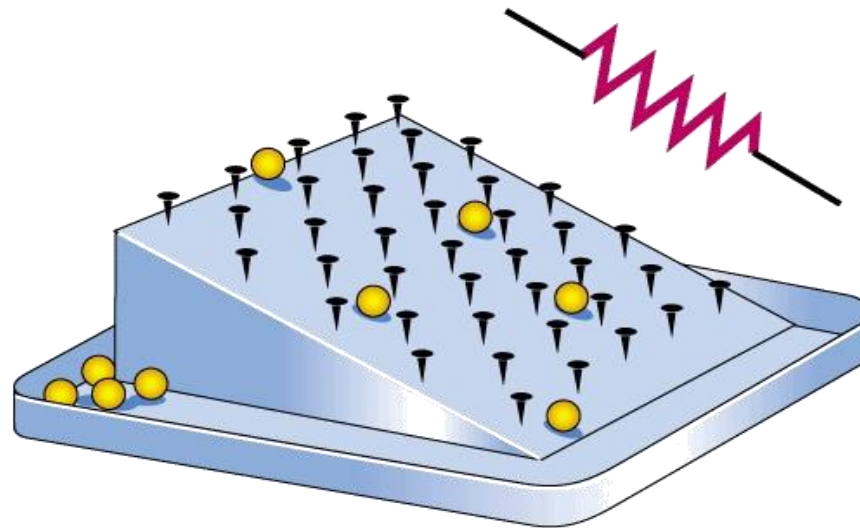
5.5 Fuerza electromotriz y baterías

El dispositivo que suministra la energía eléctrica suficiente para que se produzca una corriente estacionaria en un conductor se llama fuente de fuerza electromotriz (fem). Convierte la energía química o mecánica en energía eléctrica



La fuente de fem realiza trabajo sobre la carga que la atraviesa, elevando su energía potencial en $\Delta q\mathcal{E}$. Este trabajo por unidad de carga es la fem (\mathcal{E}).

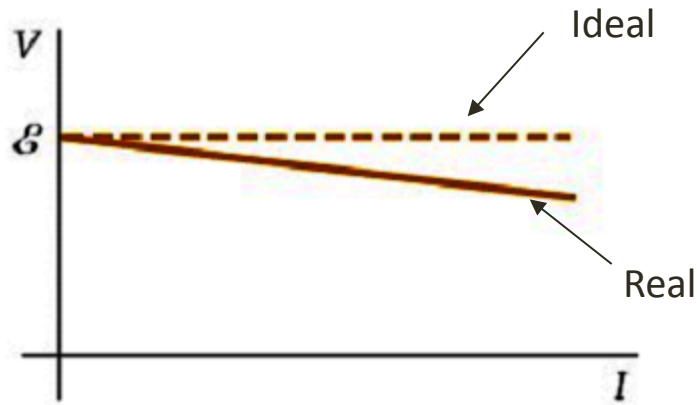
ANALOGÍA MECÁNICA DE UN CIRCUITO SENCILLO



(b)

Fuente de fem ideal: Mantiene constante la diferencia de potencial entre sus bornes e igual a ε .

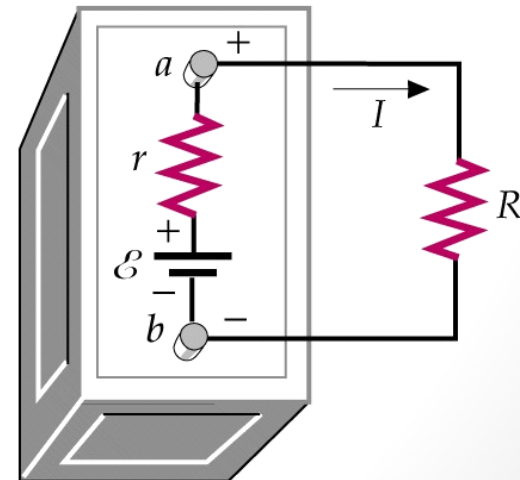
Fuente de fem real: La diferencia de potencial entre sus bornes disminuye con el aumento de la corriente.



$$V = \varepsilon - I r$$

r : Resistencia interna de la batería

Representación de una batería real

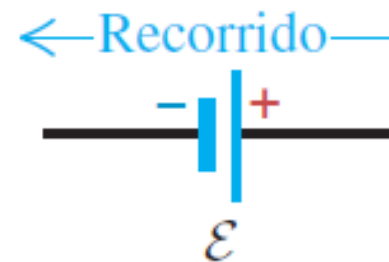


a) Convenciones de signo para las fem

$+\mathcal{E}$: sentido del recorrido de $-$ a $+$:



$-\mathcal{E}$: sentido del recorrido de $+$ a $-$:

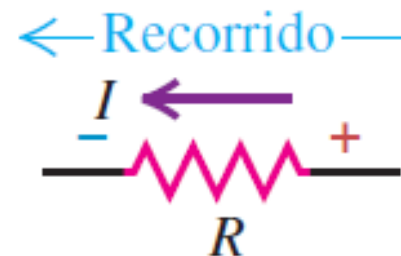


b) Convenciones de signo para los resistores

$+IR$: sentido del recorrido *opuesto* al de la corriente:



$-IR$: recorrido en el sentido de la corriente:



7.4 ASOCIACIÓN DE RESISTENCIAS

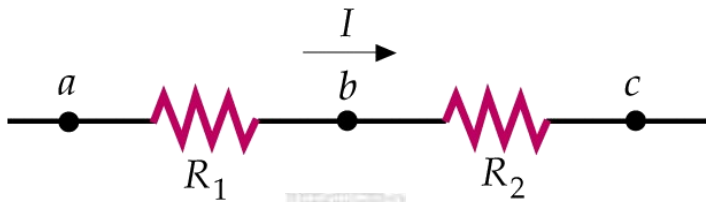
La resistencia equivalente de una combinación de resistencias es el valor de una única resistencia que, reemplazada por la combinación, produce el mismo efecto externo.

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

V: diferencia de potencial entre los extremos de la asociación

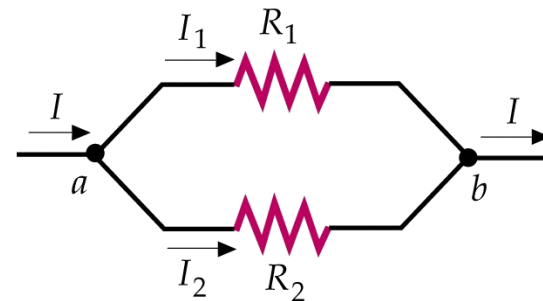
I: corriente a través de la combinación

Asociación en serie



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

Asociación en paralelo



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

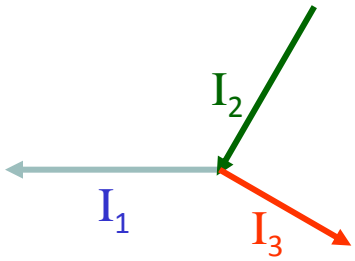
7.5 CIRCUITOS DE UNA SOLA MALLA

Leyes de Kirchhoff: Son útiles para encontrar las corrientes que circulan por las diferentes partes de un circuito o las caídas de potencial que existen entre dos puntos determinados de dicho circuito.

Conceptos previos

- Nudo: Intersección de tres o más conductores.
- Malla: Todo recorrido cerrado en un circuito.
- Rama: Es un elemento o grupo de elementos conectados entre dos nudos.

Ley de Kirchhoff de las corrientes (LKC): En cualquier instante, la suma algebraica de todas las corrientes que concurren en un nudo es cero.



$$I_1 - I_2 + I_3 = 0$$

Convenio

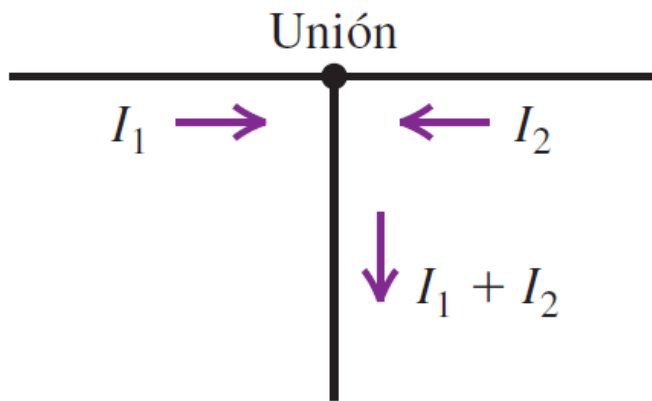


Corrientes que salen del nudo (+)

Corrientes que entran en el nudo (-)

$$\sum I = 0$$

a) Regla de Kirchhoff de las uniones



b) Analogía de la tubería de agua para la regla de Kirchhoff de las uniones

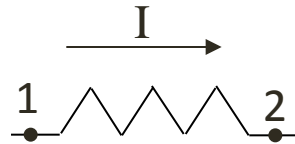


Ley de Kirchhoff de los voltajes (LKV): La suma algebraica de todas las caídas de Voltaje o de tensión a lo largo de una malla debe ser nula en cualquier instante.

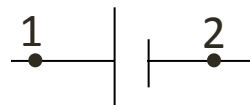
Caída de tensión $V_{12}=V_1-V_2$:
Energía en julios eliminada del
circuito cuando una carga de
+1 C pasa del punto 1 al punto
2

$$\sum V = 0$$

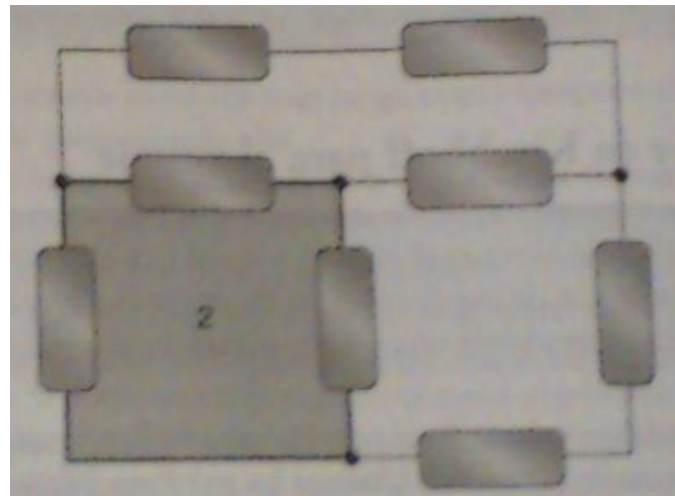
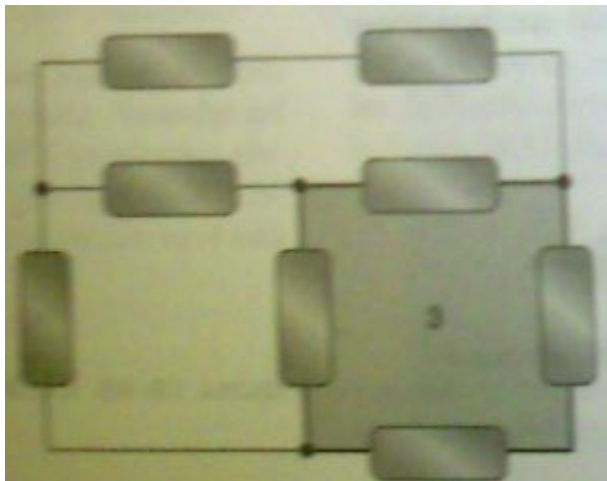
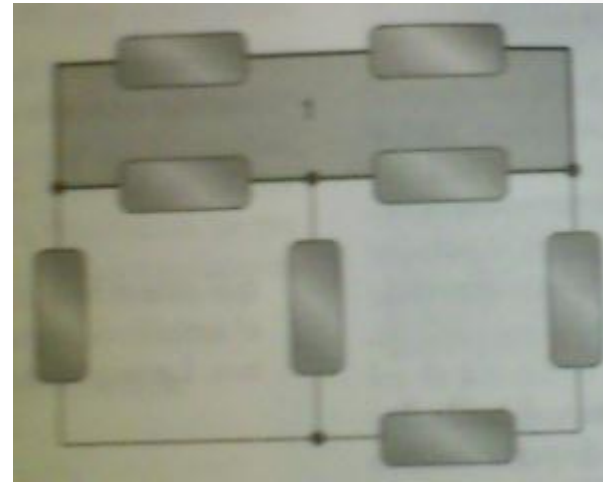
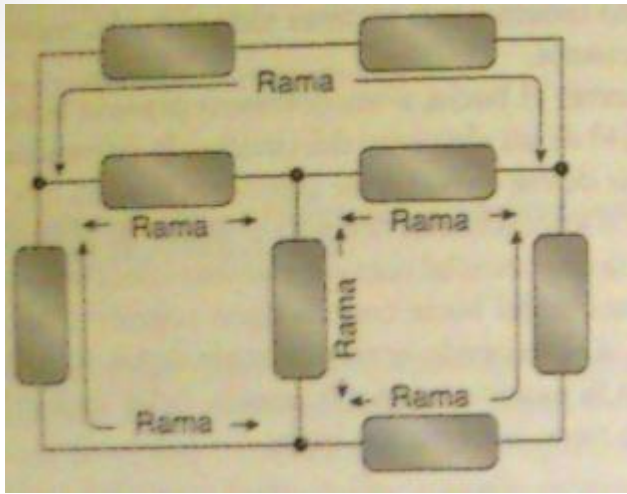
Convenio



En una resistencia hay una caída de tensión positiva en el sentido de la corriente ($V_{12}>0$)

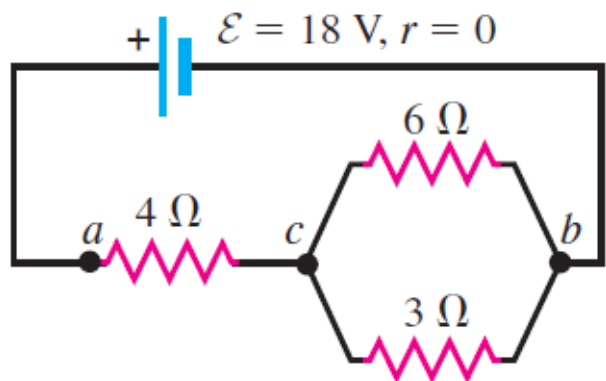


En una batería hay una caída de tensión positiva en el sentido del terminal positivo al negativo, **independientemente del sentido de la corriente** ($V_{12}>0$)

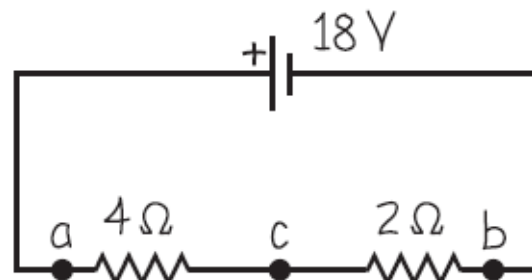


Etapas para reducir una combinación de resistores a un solo resistor equivalente y calcular la corriente en cada resistor.

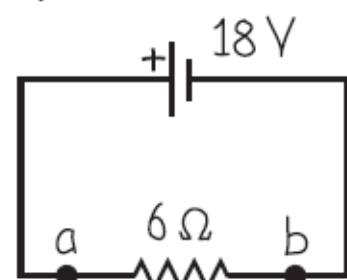
a)



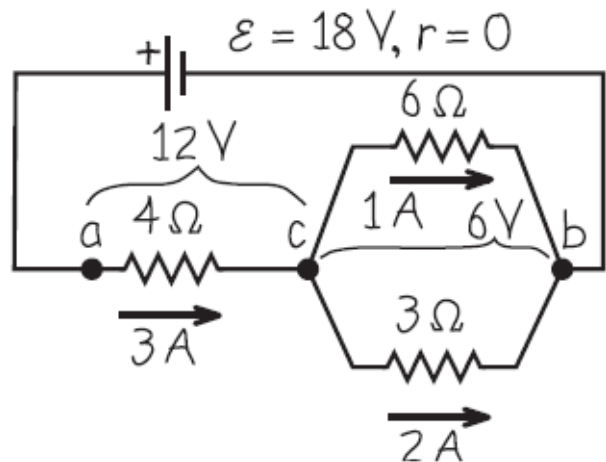
b)



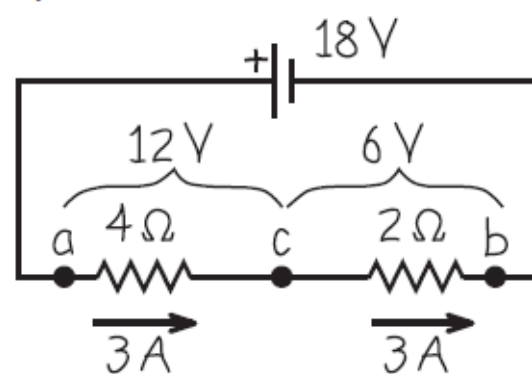
c)



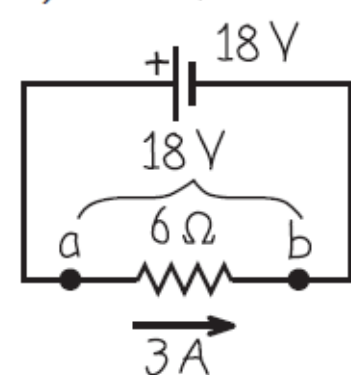
f)



e)

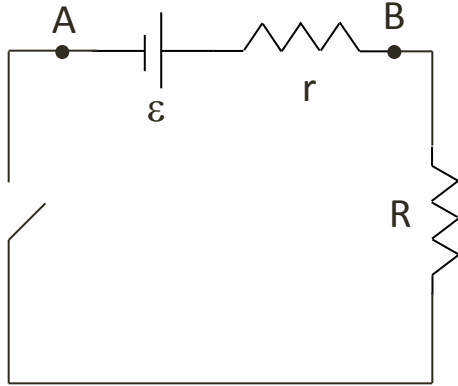


d)



7.6 CIRCUITO ABIERTO Y CORTOCIRCUITO

Circuito abierto: Es una rama de un circuito por la que no circula corriente.



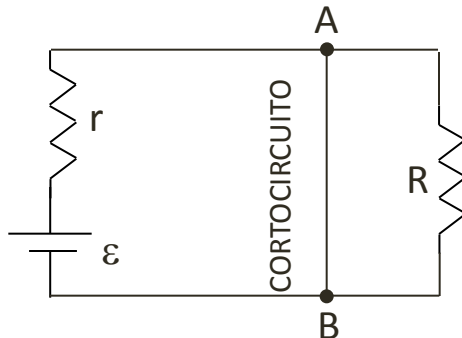
$$V_{AB} = \varepsilon - Ir$$

0

⇒

$V_{AB} = \varepsilon$

Cortocircuito: Es un recorrido de muy baja resistencia (idealmente $R=0$) entre dos puntos de un circuito.



$V_{AB} = 0$

7.7 POTENCIA. LEY DE JOULE

1.- Energía disipada en una resistencia

$$P = I^2 R$$

Ley de Joule

2.- Energía absorbida o cedida por una batería

Potencia de salida: Rapidez con la que los portadores ganan energía eléctrica.

Potencia de entrada: Rapidez con la que los portadores pierden energía eléctrica a su paso por la batería.

$$P_o = \varepsilon I - I^2 r$$

$$P_o = \varepsilon I + I^2 r$$

En cualquier caso $P = V I$, donde V es la diferencia de potencial entre los extremos del elemento e I la corriente que lo atraviesa.

7.8 CIRCUITOS RC

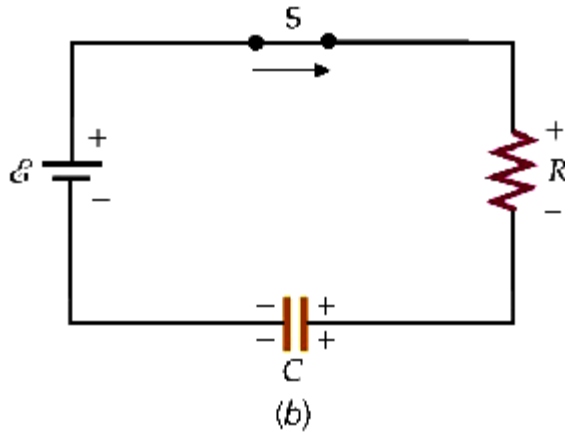
Un circuito RC está compuesto por una resistencia y un condensador. En dichos circuitos la corriente fluye en una dirección, como en un circuito de cc, pero a diferencia de éstos, la corriente varía con el tiempo.

CASO 1: Proceso de carga del condensador, inicialmente descargado, cuando sus terminales se conectan en serie con un resistencia y una batería.

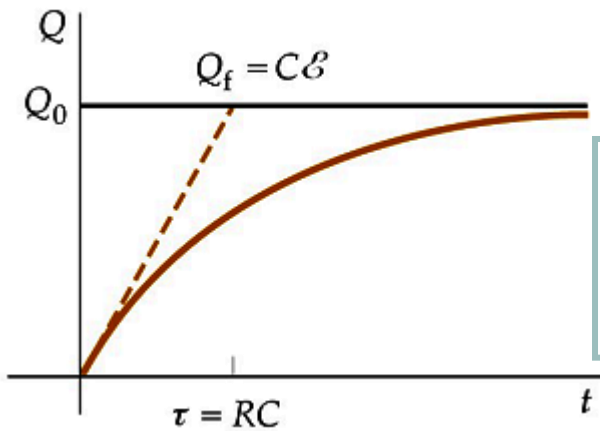
CASO 2: Proceso de descarga del condensador, inicialmente cargado, cuando sus terminales se conectan en serie con un resistencia.

Ambos procesos viene definidos por un tiempo característico $\tau = R C$

CARGA DEL CONDENSADOR

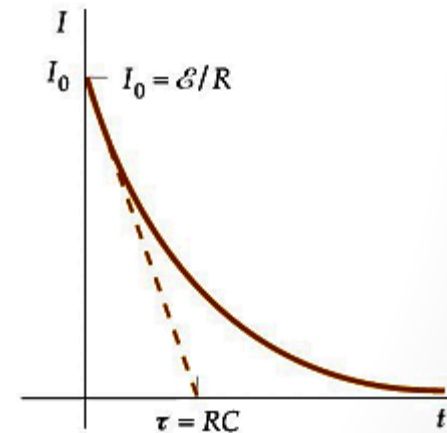


En $t = 0$ el condensador está descargado. Al cerrar el interruptor, existe una caída de potencial entre los extremos de la resistencia y el condensador empieza a cargarse.



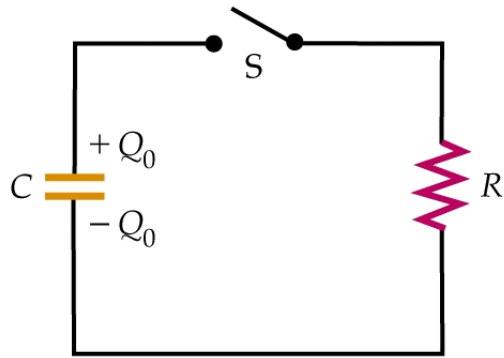
$$Q(t) = \varepsilon C \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

Condensador cargado \equiv Circuito abierto

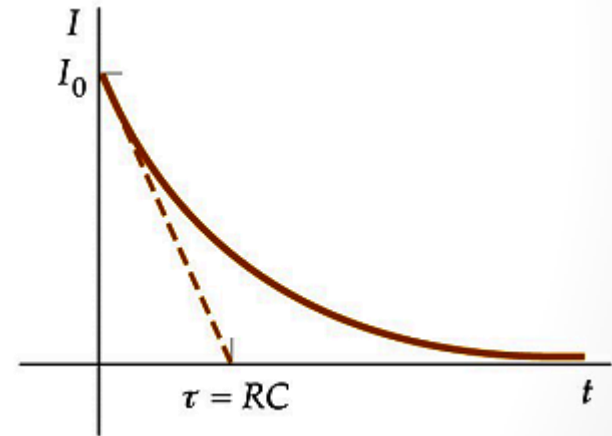
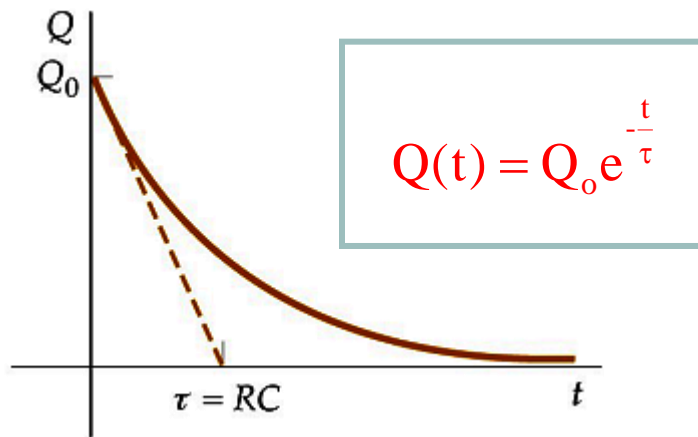


$$I(t) = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

DESCARGA DEL CONDENSADOR



En $t = 0$ el condensador está cargado. Al cerrar el interruptor, existe una caída de potencial entre los extremos de la resistencia debido a la corriente inicial y el condensador empieza a descargarse.



$$I(t) = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Condensador descargado \equiv Cortocircuito