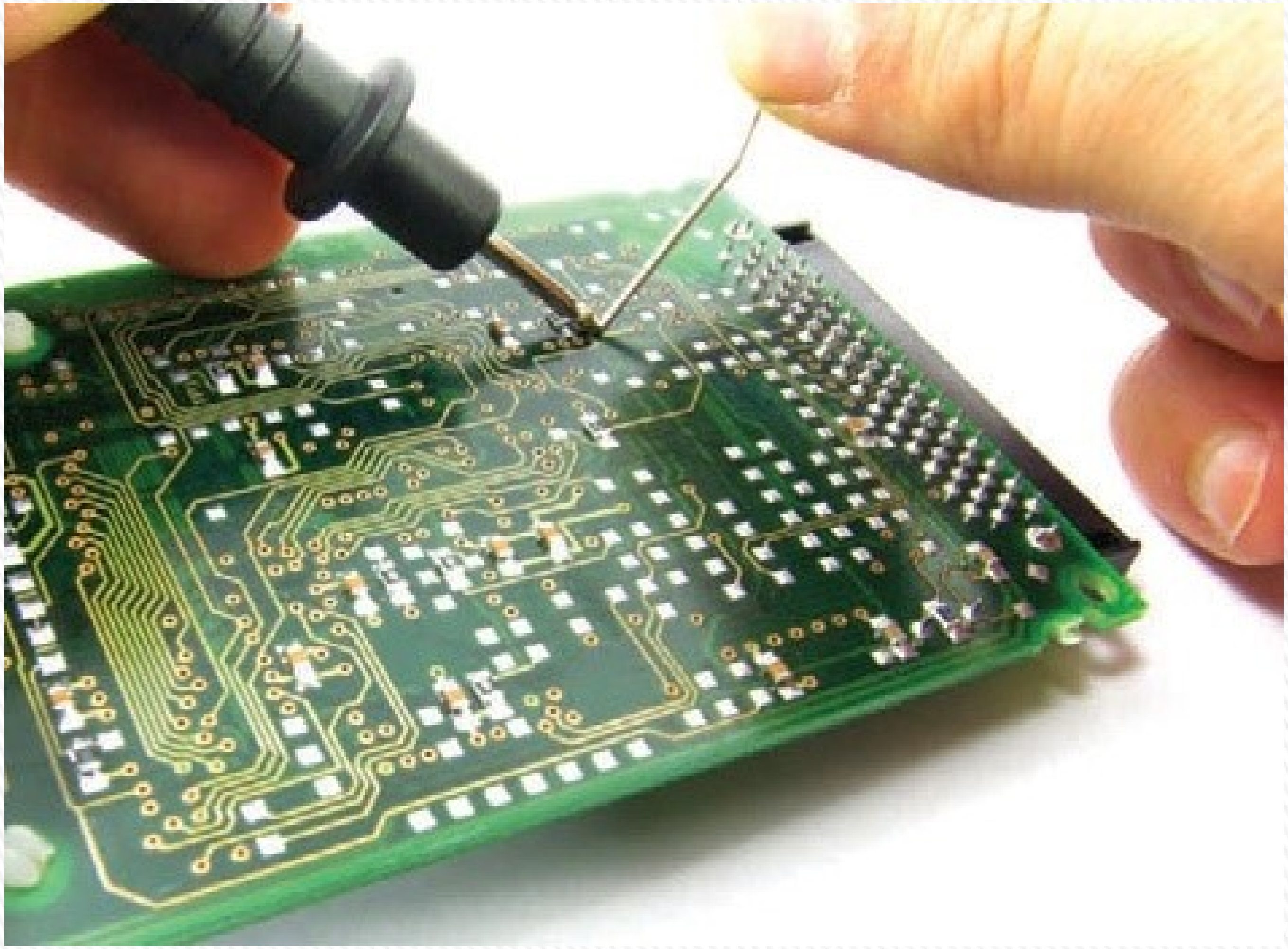
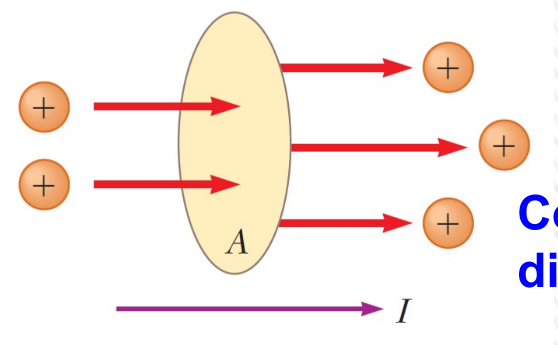
7-CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA



En un circuito complejo como el de esta tarjeta de circuito, ¿es posible conectar varios resistores con diferentes resistencias de manera que todos tengan la misma diferencia de potencial? De ser así, ¿la corriente será la misma a través de todos los resistores?

Corriente y resistencia: repaso



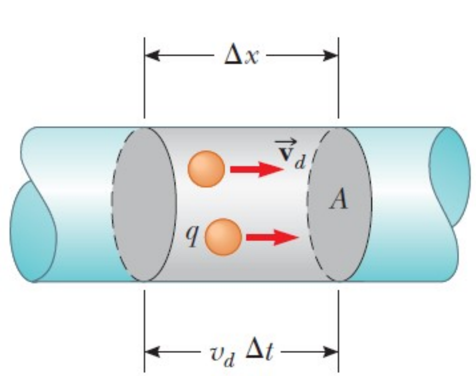
$$I_{prom} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

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

Convencionalmente se asigna a la corriente la misma dirección que la del flujo de la carga positiva.

La unidad del SI para la corriente es el **ampere (A)**: **1 A = 1 C/s**

$$I_{prom} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nqAv_d$$



$$v_d = \frac{I_{prom}}{nqA}$$

Densidad de corriente J:

$$J = \frac{I}{A} = nqv_d$$

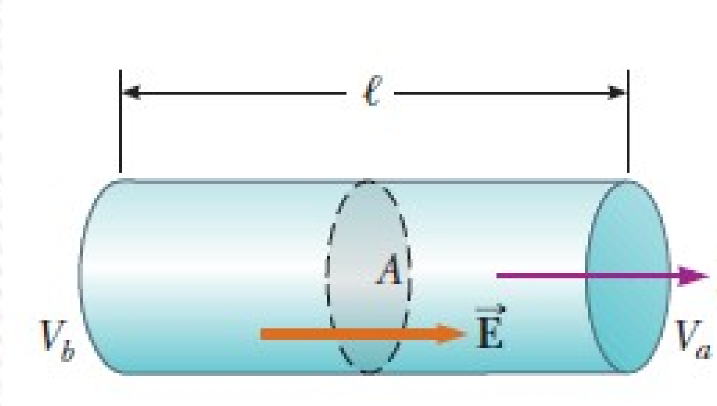
LEY DE OHM: En muchos materiales (inclusive la mayor parte de los metales) la relación de la densidad de corriente al campo eléctrico es una constante σ (conductividad eléctrica) que es independiente del campo eléctrico que produce la corriente.

$$J = \sigma E$$

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

El inverso de la conductividad es la resistividad **$\sigma = 1/\rho$**

Corriente y resistencia: repaso



$$J = \sigma E$$

Si el campo es uniforme: E=ΔV/ℓ

(I/A) = σ ΔV/ℓ

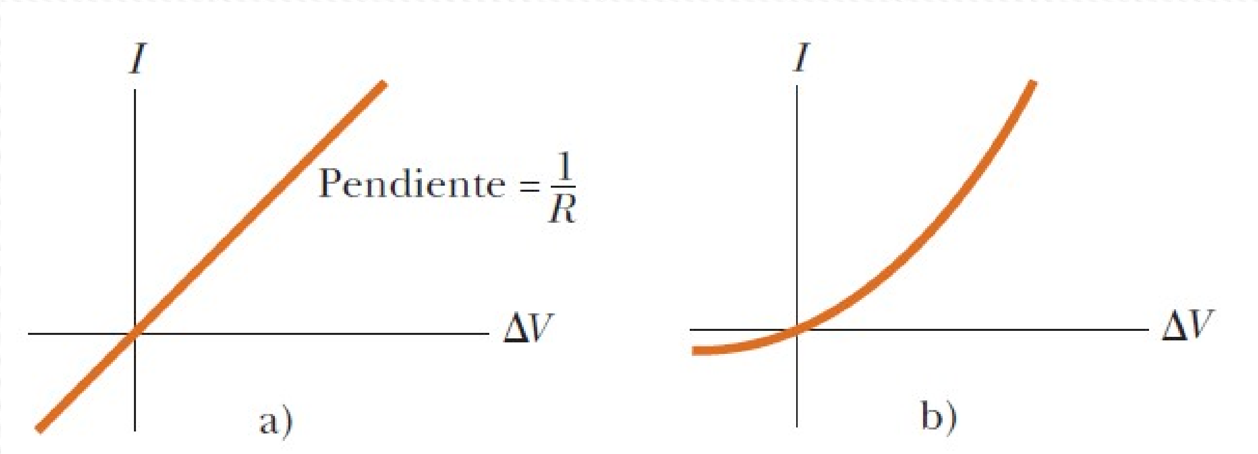
Resistencia del conductor R:

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

La unidad de resistencia en el S.I. es el ohm (Ω)

$$\Delta V = \left(\frac{\ell}{\sigma A}\right) I = R\, I$$

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



MATERIAL ÓHMICO Y NO ÓHMICO

Repaso de la clase anterior

Resistividad en función de la temperatura

$$\rho = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

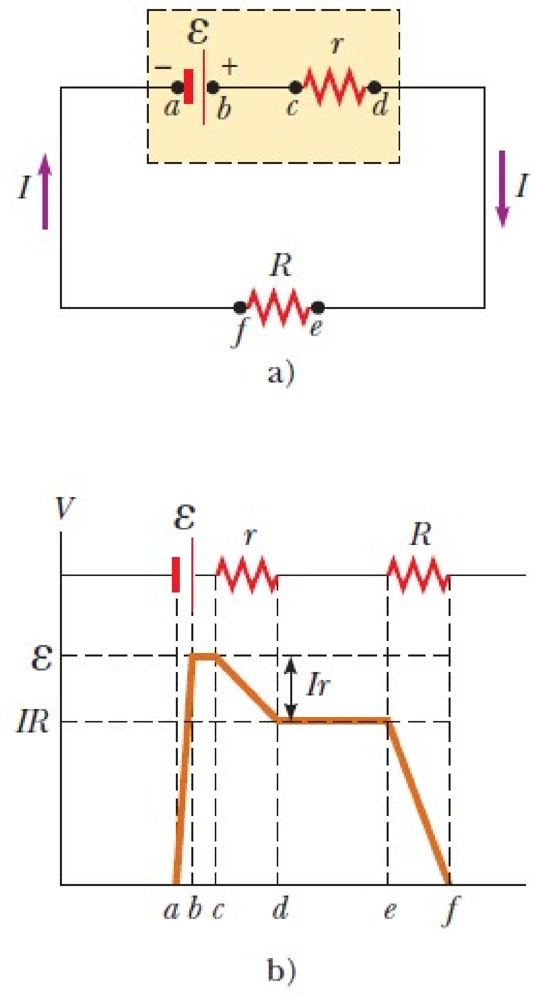
Se utiliza una batería o pila (***fuente de fuerza electromotriz***) como fuente de energía, *o más comúnmente, fuente de fem.*

La **fem ε de una batería es el voltaje máximo posible que ésta puede suministrar entre sus terminales.**

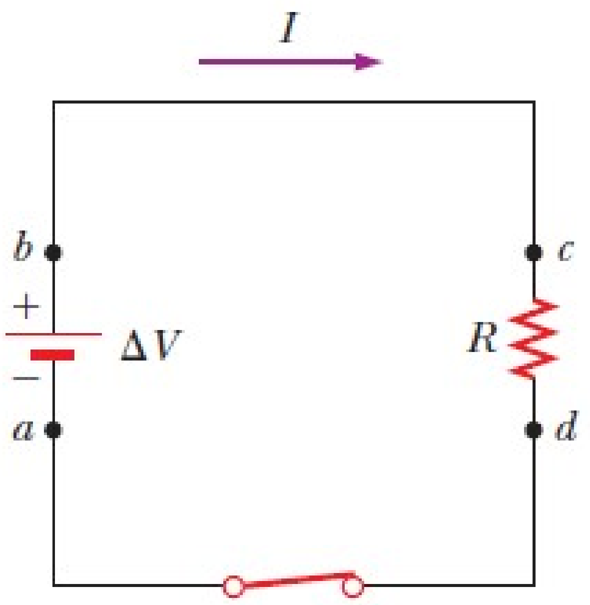
Si la **fem es ideal**: $V_{ab} = \Delta V = \mathcal{E}$

Y además: $\mathcal{E} = I.R$

En una fem real existe una **resistencia interna *r*,** por lo que el voltaje entre las terminales de la batería ΔV vale: $\Delta V = \varepsilon - Ir$



POTENCIA ELÉCTRICA



Cuando una carga se mueve de ***a*** *a* ***b*** *a través de la batería, la* ***energía potencial eléctrica del sistema U aumenta*** en **Q.ΔV** *(a expensas de la energía potencial química de la batería que se reduce en la* misma cantidad).

Circuito constituido por un resistor de resistencia *R y* una batería con una diferencia de potencial ΔV *entre sus terminales.*
La carga positiva fluye en dirección de las manecillas del reloj.

La rapidez a la cual el sistema pierde energía potencial eléctrica conforme la carga Q *pasa a través del resistor:*

$$\frac{dU}{dt} = \frac{d(Q.\Delta V)}{dt} = \frac{dQ}{dt}.\Delta V = I.\Delta V$$

I es la corriente en el circuito.
El sistema recupera su energía potencial cuando la carga pasa a través de la batería, a expensas de la energía química de la misma.

La potencia $\mathcal{P}$, que representa la rapidez a la cual se entrega energía al resistor, es

$$\mathcal{P} = I.\Delta V$$

POTENCIA ELÉCTRICA

Potencia entregada por una fuente de voltaje a *cualquier dispositivo que tenga una corriente I y esté sujeto a una diferencia* de potencial Δ*V entre sus terminales.*

$$\mathcal{P} = I.\Delta V = I^2 R = \frac{\Delta V^2}{R}$$

Unidad SI de potencia es el watt (W)

El proceso mediante el que se pierde potencia en forma de energía interna en un conductor de resistencia *R,* a menudo se llama **calentamiento Joule**; esta transformación también es conocida como una **pérdida I^2R**.

EJEMPLO: Ejercicio 2.1.6

Un calefactor eléctrico está alimentado con una tensión de 220 V y consume una corriente de 10 A.
Calcular la potencia y la energía consumidas si está funcionando durante 5,0 horas.

$$\mathcal{P} = I.\Delta V = I^2 R = \frac{\Delta V^2}{R}$$

P = I.ΔV= (10 A) × (220 V) = 2.200 W

U = P. Δt= (2.200 W) × (5,0 × 3600 s) = 39. 600.000 J

P = 2,2×10^3 W= 2,2 KW

U= 4.0×10^7 J = 11 KWH

EJEMPLO: Ejercicio 2.1.9

Considere un conductor de sección 2,00 mm^2 y longitud 5,00 cm, hecho de un material desconocido. Al conectar los extremos de dicho conductor a una batería ideal de 5,00 mV, se observa que el conductor disipa una potencia de 40,0 mW. ¿Cuánto vale la resistividad del material de dicho conductor?

Datos: L= 5,00 cm = $5{,}00\times10^{-2}$ m; A= 2,00 mm^2 = $2{,}00\times10^{-6}$ m^2;

ΔV=5,00 mV= $5{,}00\times10^{-3}$ V; P= de 40,0 mW = $4{,}00\times10^{-2}$ W

$$R = \rho\frac{L}{A} \qquad \rho = \frac{R.A}{L} \qquad P = \frac{(\Delta V)^2}{R} \qquad R = \frac{(\Delta V)^2}{P}$$

$$R = \frac{(\Delta V)^2}{P} = \frac{(5{,}00 \times 10^{-3})^2}{4{,}00 \times 10^{-2}} = 6{,}25 \times 10^{-4}\ \Omega$$

$$\rho = \frac{R.A}{L} = \frac{(6{,}25 \times 10^{-4}).(2{,}00 \times 10^{-6})}{5{,}00 \times 10^{-2}} = 2{,}50 \times 10^{-8}\ \Omega.\mathrm{m}$$

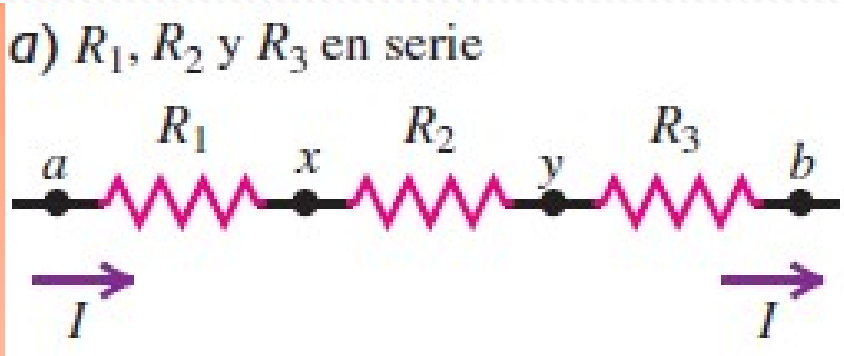
ρ = $2{,}50\times10^{-8}$ Ω.m

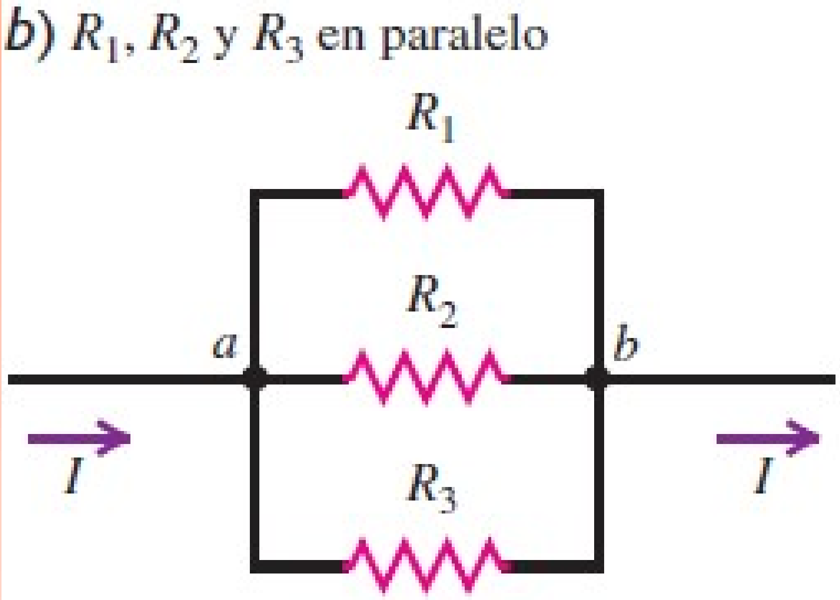
RESISTORES EN SERIE Y EN PARALELO

Es frecuente que los circuitos tengan varios resistores, lo que constituye *combinaciones de resistores.*

Cuando se conectan en secuencia varios elementos de circuito, como resistores, baterías y motores, como en la **figura *a***, *con una sola trayectoria de corriente entre* los puntos, se dice que están conectados en **serie.**

Se dice que los resistores de la **figura *b*** *están conectados en* ***paralelo entre los puntos a y b****.* *Cada resistor ofrece una trayectoria alternativa entre los puntos. Para* los elementos de circuito conectados en paralelo, la *diferencia de potencial es la misma* a través de cada elemento.





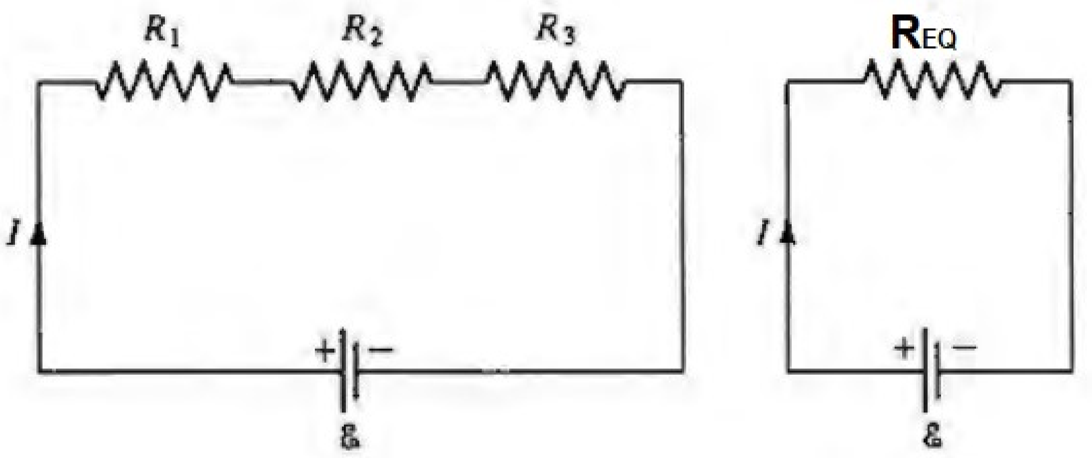
RESISTORES EN SERIE Y EN PARALELO

Para cualquier combinación de resistores, **es posible encontrar un resistor *único que podría reemplazar la combinación y dar como resultado la misma corriente* y diferencia de potencial totales**.
Por ejemplo, una serie de lamparitas navideñas podría reemplazarse por una sola bombilla, elegida de manera adecuada, que tome la misma corriente y tenga la misma diferencia de potencial entre sus terminales que la serie original.
La resistencia de este resistor único se llama **resistencia equivalente R_{eq}** de la combinación.
Si se reemplazara cualquiera de las redes de la figura anterior por su resistencia equivalente R_{eq}, *se podría escribir :* $V_{ab} = R_{eq} . I$ ó $R_{eq} = V_{ab} / I$

donde V_{ab} *es la diferencia de potencial entre las terminales a y b de la red, e I es la* corriente en el punto *a o b.*

Para calcular una resistencia equivalente, se supone una* diferencia de potencial *V_{ab} a través de la red real, se calcula la corriente I correspondiente* y se obtiene la razón *V_{ab}/I.

RESISTORES EN SERIE



La corriente I es la misma en todos los resistores.

La fem que entrega la batería es igual a la suma de las caídas de potencial en c/u de los resistores:

$\mathcal{E} = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I\,(R_1+R_2+R_3)$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Una sola *resistencia equivalente R_{EQ}*, conectada a la batería producirá la misma corriente si ***$I = \mathcal{E}/R_{EQ}$*** :

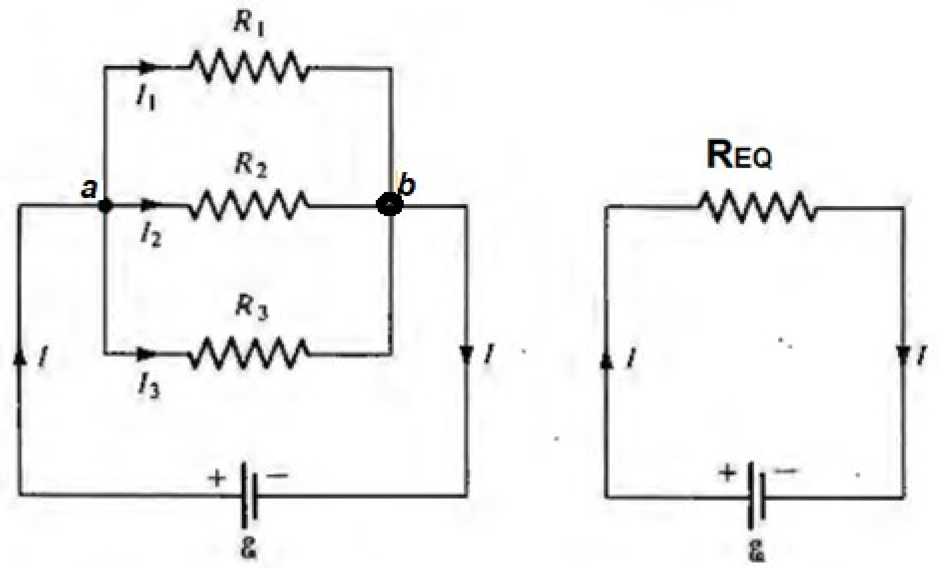
$$R_{EQ} = R_1 + R_2 + R_3$$

Se puede generalizar para más resistores:

$$R_{EQ} = R_1 + R_2 + R_3 \ldots = \sum_{i=1}^{n} R_i$$

La resistencia equivalente de *cualquier número de resistores en serie es igual a la suma* de sus resistencias individuales.

RESISTORES EN PARALELO



La diferencia de potencial entre las terminales de cada resistor debe ser la misma e igual a *V_{ab}:*

$$I_1 = \frac{V_{ab}}{R_1} \qquad I_2 = \frac{V_{ab}}{R_2} \qquad I_3 = \frac{V_{ab}}{R_3}$$

La corriente total que sale de la batería se divide en 3 corrientes que pasan por c/u de los resistores de modo que:

$I = I_1 + I_2 + I_3$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = V_{ab}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

$$\frac{I}{V_{ab}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{EQ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

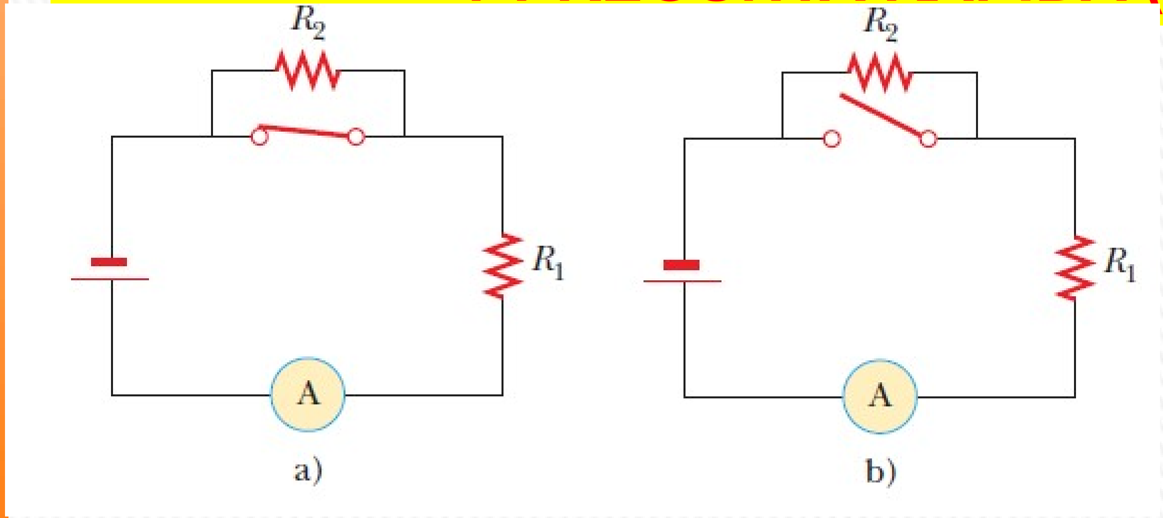
$$\frac{1}{R_{EQ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots$$

Para *cualquier número de resistores en paralelo, el recíproco de la resistencia equivalente* es igual a la *suma de los recíprocos de sus resistencias individuales*.

Para el caso especial de *dos resistores en paralelo*

$$R_{EQ} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

1-PREGUNTA RÁPIDA (QUICK QUIZ)



Cuando se cierra el interruptor del circuito de la figura a, no hay corriente en R_2, porque la corriente encuentra una trayectoria alterna de resistencia cero a través del interruptor. Existe corriente en R_1, la cual se mide con un amperímetro (dispositivo para la medición de corriente) en la parte baja del circuito.

Si se abre el interruptor (figura b), existe corriente en R_2.

¿Qué sucede con la lectura del amperímetro cuando se abre el interruptor?

a) La lectura asciende,

b) la lectura desciende, o

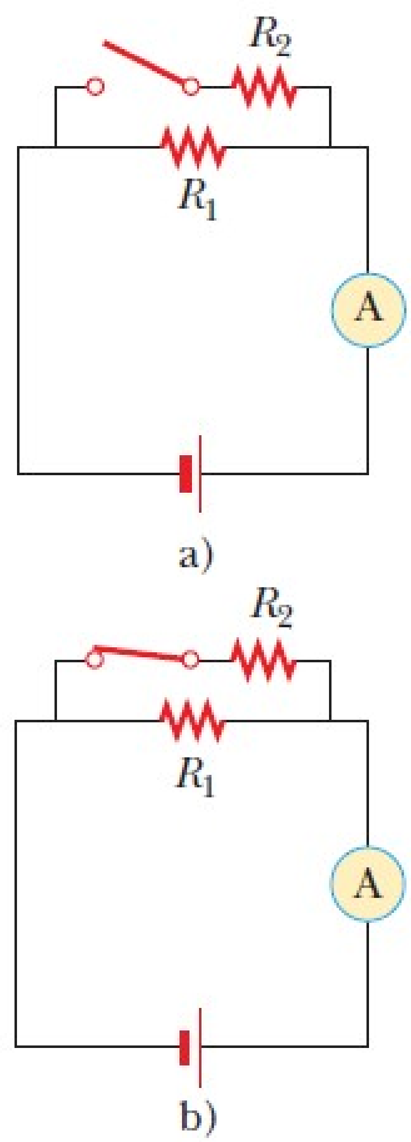
c) la lectura no cambia.

Respuesta: b) la lectura desciende

Cuando se abre el interruptor, los resistores R_1 y R_2 están en serie, así que la resistencia total del circuito es mayor que cuando el interruptor estaba cerrado. Como resultado, la corriente disminuye.

2- PREGUNTA RÁPIDA (QUICK QUIZ)

Con el interruptor abierto del circuito de la figura a, no hay corriente en R_2. No obstante, hay corriente en R_1, y se mide con el amperímetro que está del lado derecho del circuito.
Si se cierra el interruptor (figura), existe corriente en R_2.
¿Qué ocurre con la lectura del amperímetro cuando el interruptor se cierra?
a) La lectura asciende,
b) la lectura desciende, o
c) la lectura no cambia.



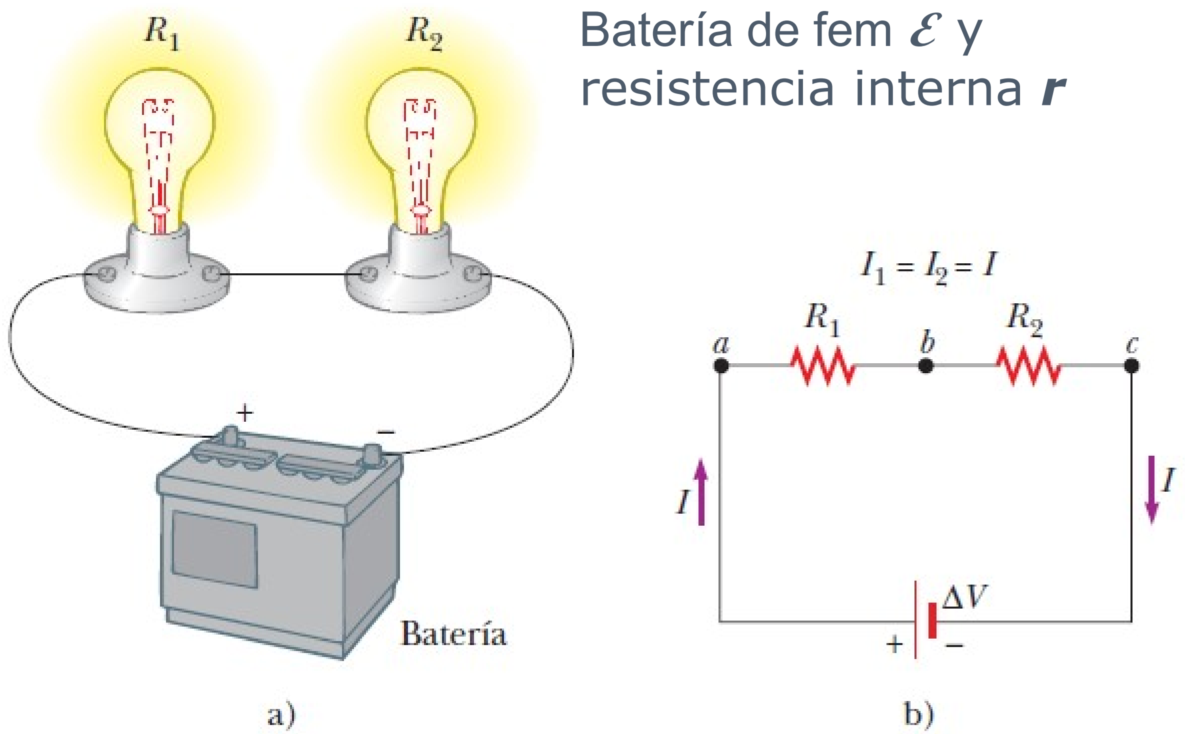
Respuesta: a) La lectura asciende.
Cuando se cierra el interruptor, los resistores R_1 y R_2 están en paralelo, así que la resistencia total del circuito es menor que cuando el interruptor estaba abierto. Como resultado, la corriente aumenta.

PREGUNTA RÁPIDA (QUICK QUIZ)

Considere las siguientes opciones:
a) aumenta,
b) disminuye,
c) permanece igual.

A partir de estas opciones, elija la mejor respuesta para las siguientes situaciones.
En la figura se agrega un tercer resistor en serie con los primeros dos.
i) ¿Qué ocurre con la corriente en la batería?
ii) ¿Qué ocurre con el voltaje entre las terminales de la batería?

Batería de fem $\mathcal{E}$ y resistencia interna ***r***



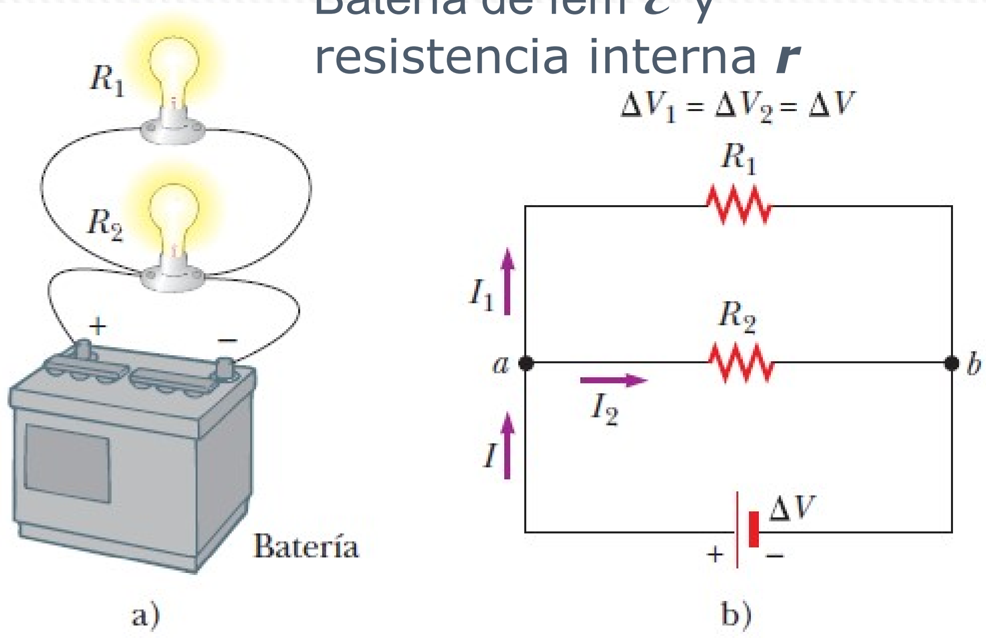
Respuesta: i) –b) disminuye;   y ii) a) aumenta
i), b) Agregar otro resistor en serie aumenta la resistencia total del circuito y por tanto reduce la corriente en el circuito.
ii), a). La diferencia de potencial a través de las terminales de la batería aumenta porque la corriente reducida resulta en una menor disminución de voltaje a través de la resistencia interna.

PREGUNTA RÁPIDA (QUICK QUIZ)

Considere las siguientes opciones:
a) aumenta,
b) disminuye,
c) permanece igual.
A partir de estas opciones, elija la mejor respuesta para las siguientes situaciones.

i) En la figura se agrega un tercer resistor en paralelo con los dos primeros. ¿Qué ocurre con la corriente en la batería?
ii) ¿Qué ocurre con el voltaje entre las terminales de la batería?

Batería de fem $\mathcal{E}$ y resistencia interna ***r***



Respuesta: i), a – aumenta; ii) b) disminuye.
a). Si se conectara en paralelo un tercer resistor, la resistencia total del circuito disminuiría y la corriente en la batería aumentaría.
ii), b). La diferencia de las terminales disminuiría porque la corriente aumentada resulta en una mayor caída de voltaje a través de la resistencia interna de potencial a través.

REGLAS O LEYES DE KIRCHHOFF

Desarrolladas por el físico alemán Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887).

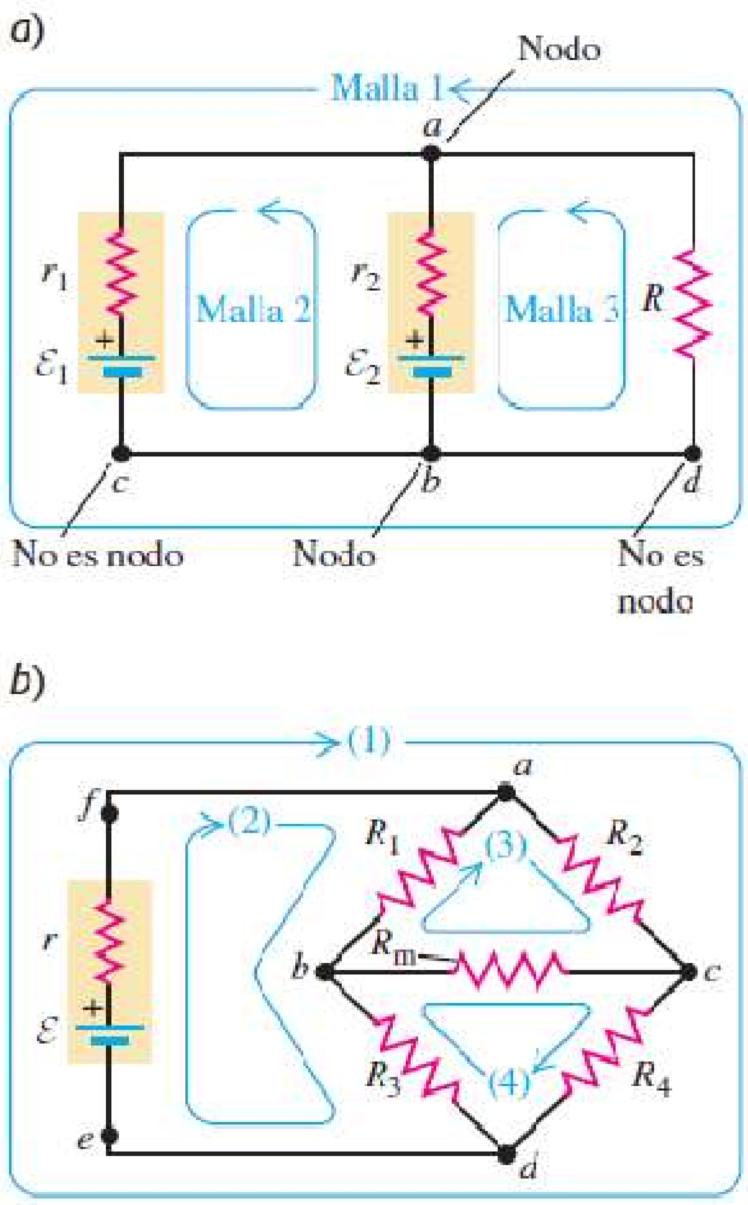
Un **nodo** (o **unión**) en un circuito es el punto en que se unen tres o más conductores.

Una **espira** (o **malla**) es cualquier trayectoria cerrada de conducción.

Figura *a:* los puntos *a* y *b* son nodos, pero los puntos *c* y *d* no lo son;

Figura *b:* los puntos *a*, *b*, *c* y *d* son nodos, pero los puntos *e* y *f* no lo son .

Las líneas en color azul de las figuras *a* y *b* ilustran algunas espiras posibles en estos circuitos.

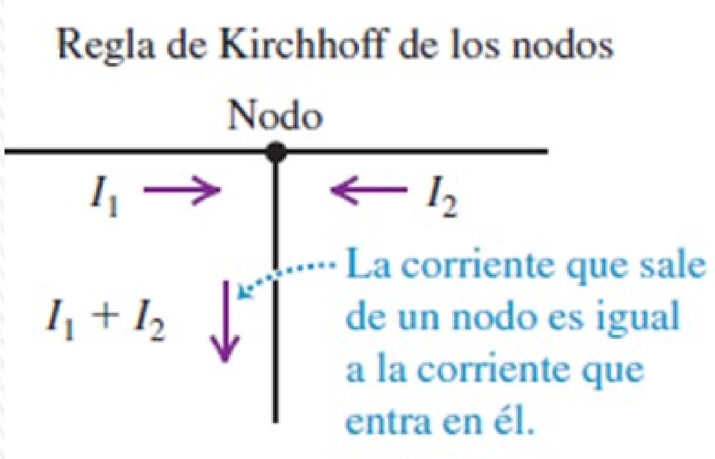


REGLAS O LEYES DE KIRCHHOFF

Consisten en los dos siguientes enunciados:

Regla de Kirchhoff de los nodos: *La suma algebraica de las corrientes en cualquier nodo es igual a cero:* $\Sigma I = 0$

Regla de Kirchhoff de las mallas: *La suma algebraica de las diferencias de potencial en cualquier malla*, incluso las asociadas con las fem y las de elementos con resistencia, *debe ser igual a cero:* $\Sigma V = 0$.



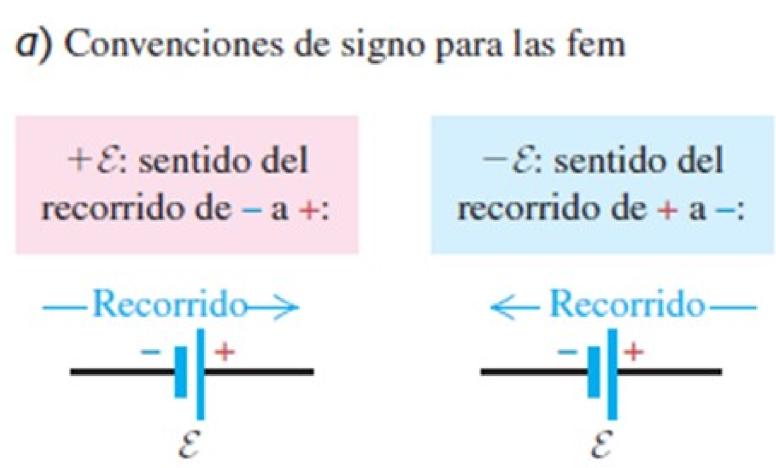
La **regla de los nodos** se basa en la ***conservación de la carga eléctrica***.
En un nodo no se puede acumular carga eléctrica: la carga total que entra a éste por unidad de tiempo (corriente entrante) debe ser igual a la carga total que sale por unidad de tiempo (corriente saliente).
Si consideramos como positivas las corrientes que entran a un nodo y negativas las que salen, la suma algebraica de las corrientes en el nodo debe ser igual a cero.

La **regla de las mallas** establece que la fuerza electrostática es *conservativa*.
Si recorro una malla y mido las diferencias de potencial entre los extremos de los elementos sucesivos del circuito, al regresar al punto de partida, debe encontrar que la *suma algebraica* de esas diferencias es igual a cero; de lo contrario, no se podría afirmar que el potencial en ese punto tiene un valor determinado.

Convenciones de signo para la regla de la mallas

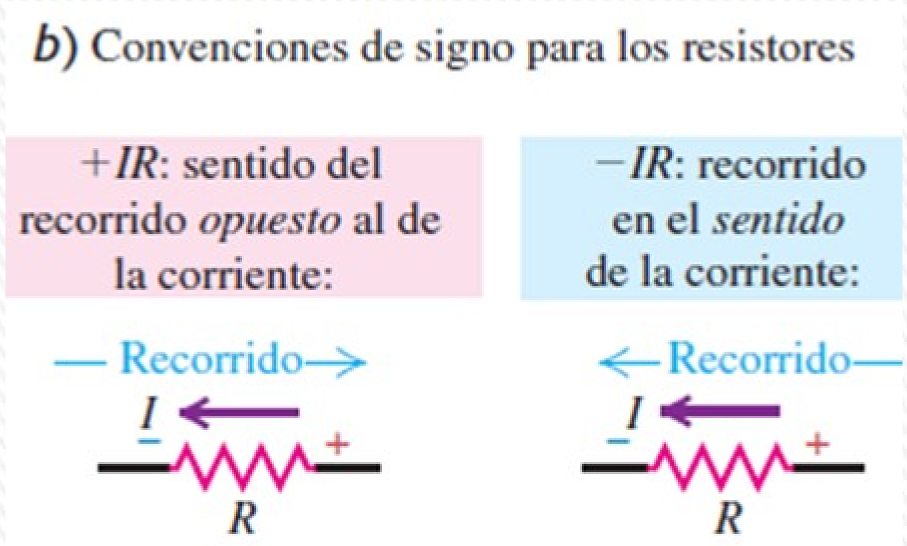
Para aplicar la regla de las mallas, se necesitan algunas convenciones de signos. Primero suponemos un sentido de la corriente en cada ramal del circuito y se indica en el diagrama correspondiente. A partir de cualquier punto del circuito, se realiza un recorrido imaginario alrededor de la espira sumando las fem y los *IR* conforme los encuentre.

Cuando se pasa a través de una fuente en la dirección de - a +, la fem se considera *positiva*; cuando se va de + a - , la fem se considera *negativa* (figura *a*).

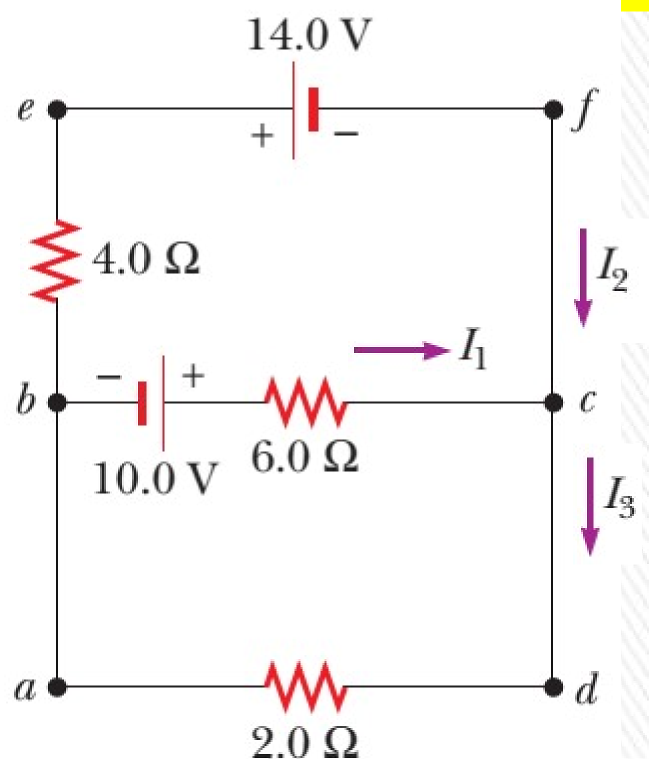


Cuando **se va a través de un resistor en el *mismo* sentido que el que se supuso para la corriente, el término *IR* es *negativo*** porque la corriente avanza en el sentido del potencial decreciente.

Cuando se **pasa a través de un resistor en el sentido que se supuso *opuesto* a la corriente, el término *IR* es *positivo*** porque representa un aumento de potencial (figura *b*).



LEYES DE KIRCHHOFF - Ejemplo



Encuentre las corrientes que circulan por c/u de las resistencia.

1era. Ley: $$1)\quad I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$abcda:\ 2)\quad 10.0\text{ V} - (6.0\ \Omega)I_1 - (2.0\ \Omega)I_3 = 0$$

$$befcb:\quad -(4.0\ \Omega)I_2 - 14.0\text{ V} + (6.0\ \Omega)I_1 - 10.0\text{ V} = 0$$

$$3)\quad -24.0\text{ V} + (6.0\ \Omega)I_1 - (4.0\ \Omega)I_2 = 0$$

De la 1era. Ley: $I_3 = I_1 + I_2$ y sustituyendo en 2)

$$10.0\text{ V} - (6.0\ \Omega)I_1 - (2.0\ \Omega)\ (I_1 + I_2) = 0$$

$$4)\quad 10.0\text{ V} - (8.0\ \Omega)I_1 - (2.0\ \Omega)I_2 = 0$$

ec. 3) ×3: $$5)\quad -96.0\text{ V} + (24.0\ \Omega)I_1 - (16.0\ \Omega)I_2 = 0$$

ec. 4) ×3: $$6)\quad 30.0\text{ V} - (24.0\ \Omega)I_1 - (6.0\ \Omega)I_2 = 0$$

ec. 5) + 6): $$-66.0\text{ V} - (22.0\ \Omega)I_2 = 0$$

$$I_2 = \boxed{-3.0\text{ A}}$$

$$-24.0\text{ V} + (6.0\ \Omega)I_1 - (4.0\ \Omega)(-3.0\text{ A}) = 0$$

$$-24.0\text{ V} + (6.0\ \Omega)I_1 + 12.0\text{ V} = 0$$

$$I_1 = \boxed{2.0\text{ A}}$$

$$I_3 = I_1 + I_2 = 2.0\text{ A} - 3.0\text{ A} = \boxed{-1.0\text{ A}}$$

MEDICIÓN DE CORRIENTE Y VOLTAJE EN CIRCUITOS

La fig. a) muestra el circuito real necesario para medir la corriente en el foco de una linterna y la diferencia de potencial a través de él.
La fig. b) muestra el diagrama del circuito que representa el circuito real anterior. Este circuito sólo consiste en una batería y un foco (resistencia).
Las cantidades más importantes que caracterizan cómo funciona el foco en diferentes situaciones son la **corriente *I*** en el foco y la **diferencia de potencial ΔV** a través del foco.

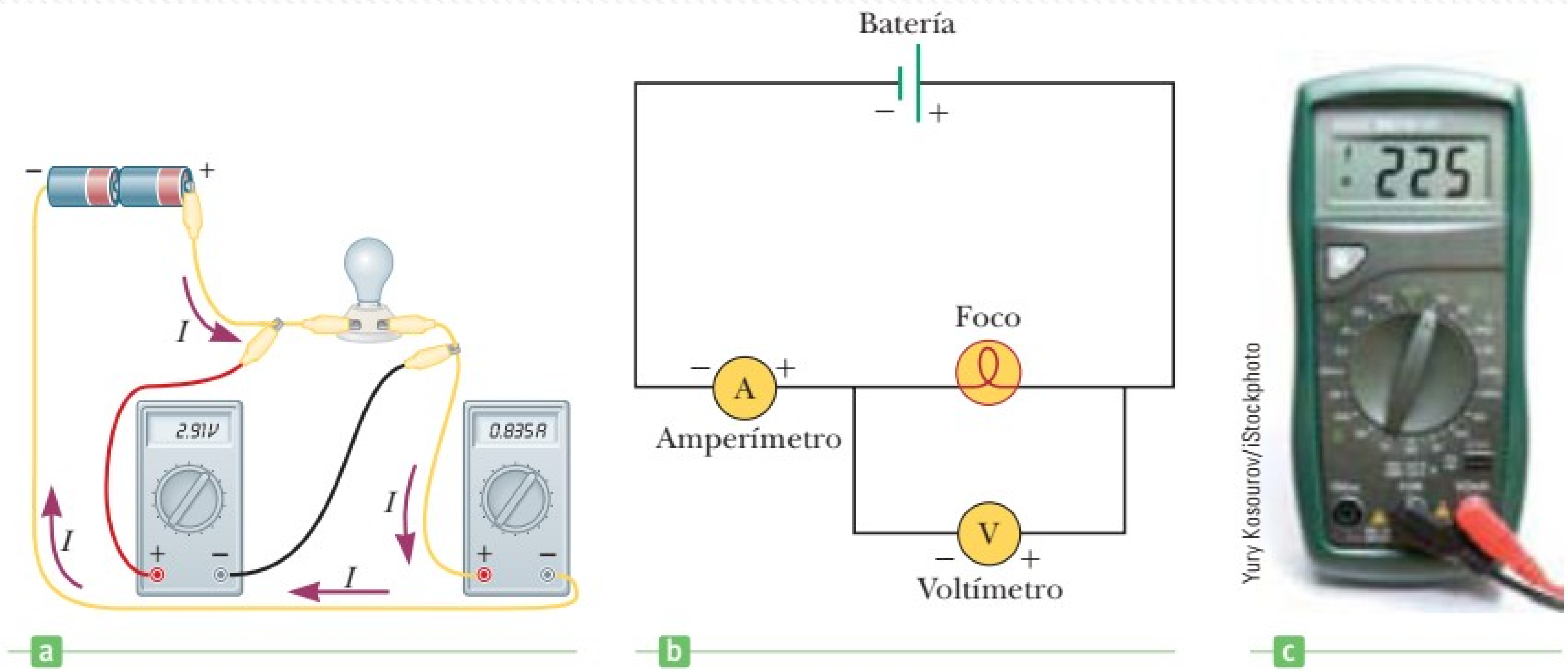


Figura 17.5 a) Bosquejo de un circuito real que se utiliza para medir la corriente en el foco de una linterna y la diferencia de potencial a través de él. b) Diagrama esquemático del circuito que se muestra en a). c) Se puede usar un multímetro digital para medir tanto corriente como diferencia de potencial.

MEDICIÓN DE CORRIENTE Y VOLTAJE EN CIRCUITOS

Para medir la **corriente** debo colocar un **amperímetro** en la línea con el foco (se dice que se **conecta en serie**), de modo que toda la corriente que pasa a través del foco también debe pasar a través del amperímetro.

El **voltímetro** mide la **diferencia de potencial, o voltaje**, entre las dos terminales del foco (se dice que se conecta en paralelo).

La fig. c) muestra un **multímetro digital**, un dispositivo conveniente, con una lectura digital, que se puede usar para medir voltaje, corriente o resistencia.

Un ventaja de usar un multímetro digital como voltímetro es que por lo general no afecta la corriente porque un medidor digital tiene una enorme resistencia al flujo de carga en el modo voltímetro.

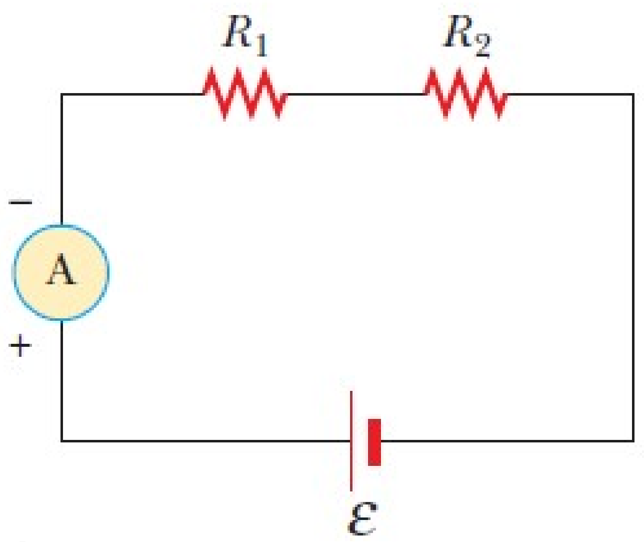
Para que las medidas no afecten significativamente los resultados de las mediciones, un amperímetro debe tener la resistencia interna lo menor posible (idealmente $R_{amp} = 0$), mientras que el voltímetro debería tener una resistencia lo mayor posible (idealmente $R_{volt} = \propto$) ,

Para comenzar las mediciones se deben usar las escalas más altas del multímetro (por decir, 10 A y 1000 V) y aumentar la sensibilidad una escala a la vez para obtener la máxima precisión sin sobrecargar los medidores.

Aumentar la sensibilidad significa bajar la corriente o voltaje máximos que lee la escala.

AMPERÍMETRO

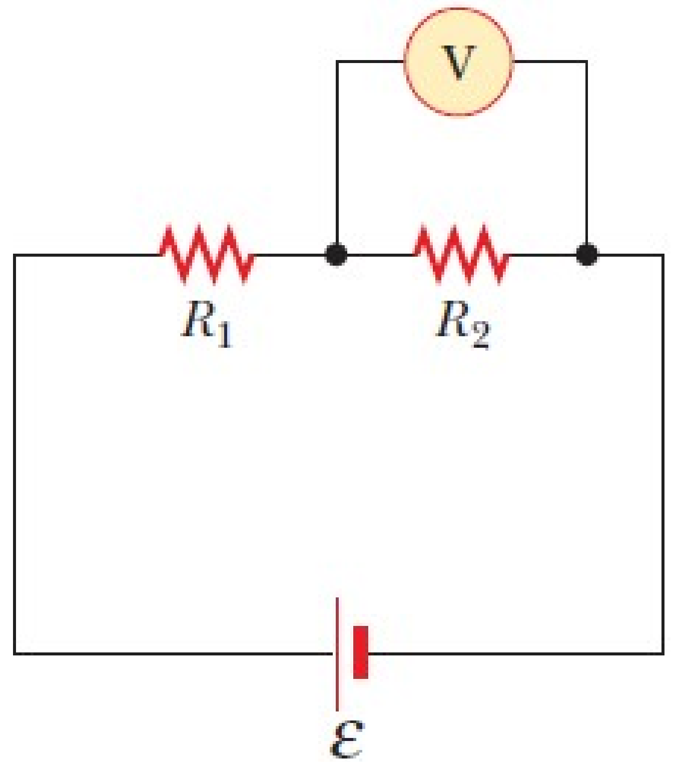
Es un instrumento que mide la corriente. Las cargas que constituyen la corriente a medir deben pasar directamente a través del **amperímetro, por lo que éste debe estar conectado en serie con los otros elementos del circuito.**
De manera ideal, **un amperímetro debe tener una resistencia cero para que la corriente a medir no sea alterada.**



En el circuito que se muestra en la figura, esta condición requiere que la resistencia del amperímetro sea mucho menor que $R_1 + R_2$.
Porque cualquier amperímetro siempre tiene algo de resistencia interna, **su presencia en un circuito hace que la corriente sea ligeramente menor a la que tendría en ausencia del medidor**.
Los amperímetros reales siempre tienen una resistencia finita, pero es deseable que sea tan pequeña como sea posible.

VOLTÍMETRO

Al aparato que mide la diferencia de potencial se le llama **voltímetro.**
La diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera en un circuito se mide al unir las terminales del voltímetro entre estos puntos sin abrir el circuito, como se muestra en la figura.
La diferencia de potencial aplicada al resistor R_2 ***se mide al conectar el voltímetro en paralelo*** con R_2.



Un **voltímetro ideal tiene una resistencia infinita.**

Un voltímetro ideal tiene una resistencia infinita, así que no existe corriente en él.
En la figura, este estado requiere que el voltímetro tenga una resistencia mucho mayor a R_2.
En la práctica, si no se cumple esta condición, deberán hacerse correcciones en función de la resistencia del voltímetro.