Clases de Trabajos Prácticos

Electromagnetismo y Optica

UBA
1821 Universidad de Buenos Aires

Docentes de los prácticos:

Jefe de TP:

Adriana Gulisano

Ayudantes:

Agustina

Alejandro

Haremos un break
Luego de una hora
de clase

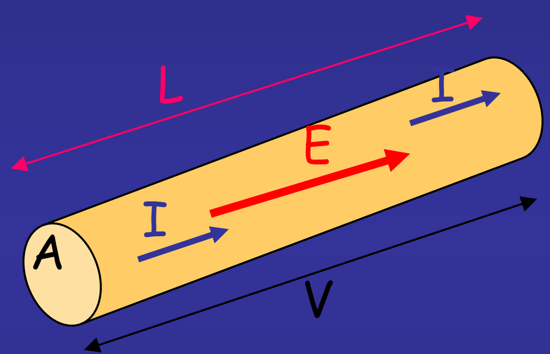
Departamento de Física Juan José Giambiagi

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires

RESISTENCIA

Cuando sobre un conductor se aplica un campo eléctrico, las cargas experimentan una fuerza y por lo tanto se ponen en movimiento. La corriente eléctrica es el flujo de estas cargas en movimiento a través del conductor. La intensidad de corriente eléctrica “*i*” se define como la cantidad de carga eléctrica “*q*” (medida en Coulomb, *C*) que atraviesa el área de un conductor en cada unidad de tiempo. La corriente es una magnitud escalar: i=q/dt

La unidad de corriente eléctrica en el Sistema Internacional es el Ampere (A). La carga eléctrica que está en movimiento (en este caso), son los electrones libres. Estos electrones, experimentan una fuerza dada por la ecuación: **F**=q**E**



La dirección de la corriente es siempre del extremo de mayor potencial al extremo de menor potencial

Ley de Ohm: E=rho J

V=R I

$$V = EL \Rightarrow E = \frac{V}{L} \qquad J = \frac{I}{A}$$

$$V = RI$$

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

R = resistencia

$$R = \frac{V}{I} \qquad \frac{[V]}{[A]} = 1\Omega = 1Ohm$$

En el cableado doméstico se suele emplear alambre de cobre de 2.05 mm de diámetro. Halle la resistencia eléctrica de un tramo de 24 m de largo de este alambre.

$$\rho = 1.72\,10^{-8}\,\Omega m$$

$$R = \rho\frac{L}{A} = (1.72\,10^{-8}\,\Omega m)\frac{24m}{\pi(2.05\,10^{-3}\,m/2)^{2}} = 12.5\,10^{-2}\,\Omega$$

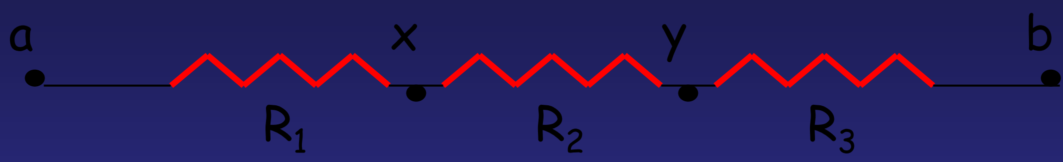
¿Cuál debe ser el diámetro de un alambre de cobre para que su resistencia sea la misma que la de un tramo de igual longitud de alambre de aluminio de 3.26mm de diámetro?

$$\rho_{Cu} = 1.72\,10^{-8}\,\Omega m \qquad \rho_{Al} = 2.75\,10^{-8}\,\Omega m$$

$$\rho_{Cu}\frac{\cancel{L}}{\cancel{\pi}(d_{Cu}{}^{2}/\cancel{4})} = \rho_{Al}\frac{\cancel{L}}{\cancel{\pi}(d_{Al}{}^{2}/\cancel{4})}$$

$$d_{cu} = d_{Al}\sqrt{\frac{\rho_{Cu}}{\rho_{Al}}} = (3.26\,10^{-3}\,m)\sqrt{\frac{1.72\,10^{-8}\,\Omega m}{2.75\,10^{-8}\,\Omega m}} = 2.6\,10^{-3}\,m$$

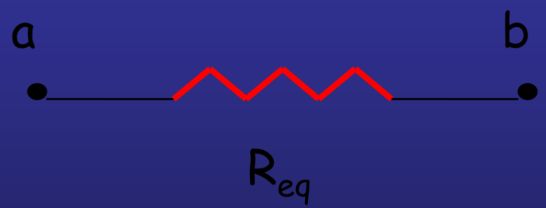
RESISTENCIAS EN SERIE



La corriente I es la misma en cada resistencia, las diferencias de potencial entre los extremos de cada resistencia no son necesariamente las mismas

$$V_{ax} = R_1 I \qquad V_{xy} = R_2 I \qquad V_{yb} = R_3 I$$

$$V_{ab} = V_{ax} + V_{xy} + V_{yb} = R_1 I + R_2 I + R_3 I = I(R_1 + R_2 + R_3)$$



$$V_{ab} = IR_{eq}$$

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

Un resorte enrollado estrechamente que tiene 75 espiras, cada una de d_1=3.5 cm de diámetro, está hecho de alambre metálico aislado de d_2=3.25 mm de diámetro. La lectura de un óhmetro conectado entre sus extremos opuesto es de 1.74 Ω. ¿Cuál es la resistividad del metal?

La longitud total del alambre es:

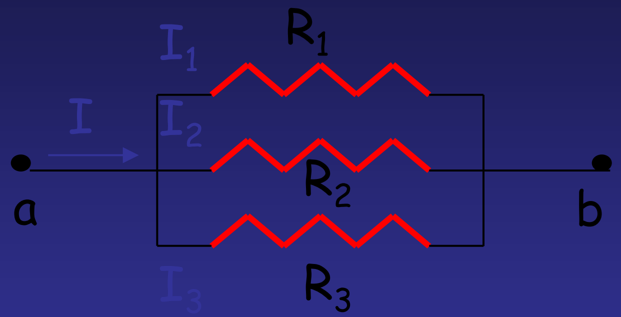
$$L = 75 \cdot 2\pi \frac{d_1}{2} = 75(2\pi)(0.0175m) = 8.246m$$

El área de la sección del alambre es:

$$A = \pi \frac{{d_2}^2}{4} = \pi \frac{(0.00325)^2}{4} = 8.29\,10^{-6}\,m^2$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \Rightarrow \rho = \frac{RA}{L} = \frac{(1.74\Omega)(8.29\,10^{-6}\,m^2)}{8.246m} = 1.75\,10^{-6}\,\Omega m$$

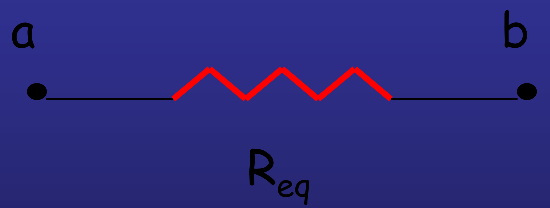
RESISTENCIAS EN PARALELO



La corriente I no es necesariamente la misma en cada resistencia las diferencias de potencial entre los extremos de cada resistencia es la misma.

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

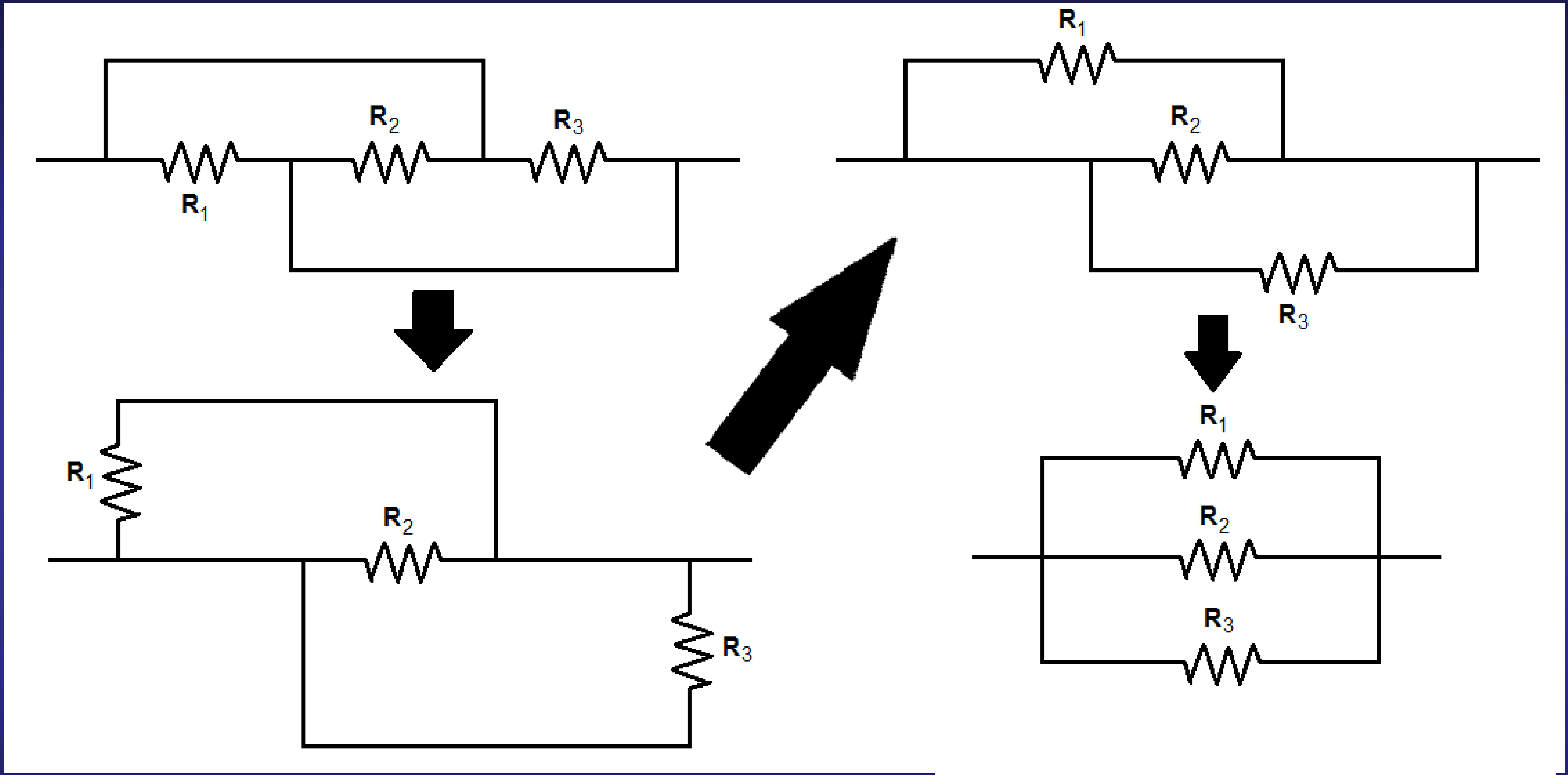
$$I = I_1 + I_2 + I_3 = V_{ab}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$



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

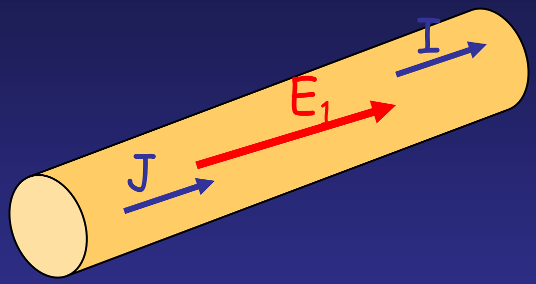
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

A veces no es tan sencillo darse cuenta si están en serie o paralelo



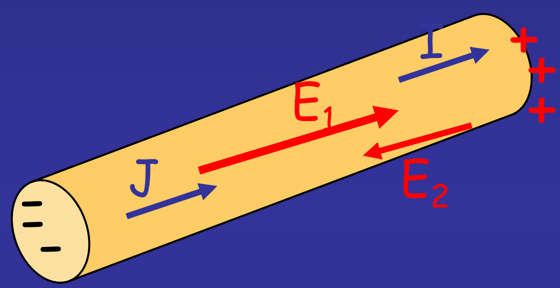
$$R_{eq}^{(paralelo)} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

FUERZA ELECTROMOTRIZ Y CIRCUITOS



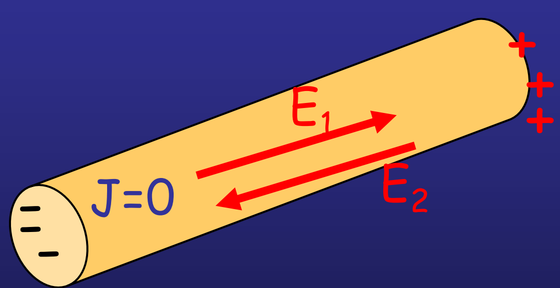
Para que un conductor tenga una corriente constante, debe ser parte de un camino cerrado o "circuito".

Si se establece un campo eléctrico E_1 en un conductor que no es parte de un circuito completo, comienza a fluir una densidad de corriente $J=E_1/\rho$.



En consecuencia, se acumula una carga positiva neta en un extremo y una carga negativa en el otro. Estas cargas crean pos sí mismas un campo eléctrico E_2 en dirección opuesta a E_1, lo cual hace disminuir el campo eléctrico total y por tanto la densidad de corriente.

$E_{tot}=E_1-E_2$ $\quad J=E_1-E_2/\rho$



Al equilibrio, la carga acumulada en los extremos produce un campo eléctrico E_2 igual y opuesto a E_1, entonces el campo eléctrico total es cero y la corriente cesa totalmente

$E_{tot}=E_1-E_2=0$ $\quad J=0$

¿Cómo se mantiene una corriente constante en un circuito completo?

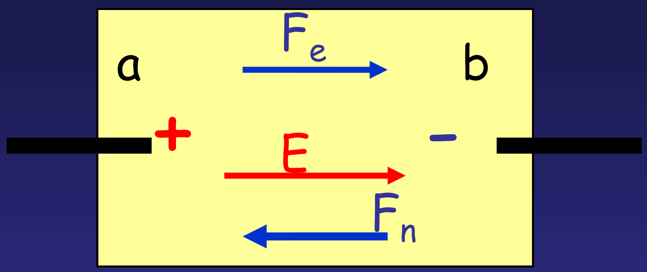
Si una carga q recorre un circuito cerrado y regresa al punto de partida, la energía potencial debe ser la misma al final de trayecto en redondo que al principio.

Siempre hay una disminución de energía potencial cuando se desplazan cargas a través de un material conductor con resistencia. Por tanto, debe haber alguna parte del circuito donde la energía potencial aumenta.

El problema es análogo al de una fuente de agua que reutiliza su agua. El agua brota por las aberturas de la parte superior, cae en cascada (disminuyendo su energía potencial gravitatoria) y se recoge en la parte inferior. Una bomba la eleva entonces de regreso a la parte superior. Sin la bomba, el agua caería al fondo y ahí se quedaría.

En un circuito eléctrico el equivalente de la bomba de una fuente es un dispositivo donde una carga viaja "cuesta arriba" de menor a mayor energía potencial: **FUENTE DE FUERZA ELECTROMOTRIZ (FEM)** $\mathcal{E}$

(término poco adecuado porque la fem es energía por unidad de carga, potencial, no fuerza). Ejemplos de fem: baterías, pilas, generadores eléctricos…



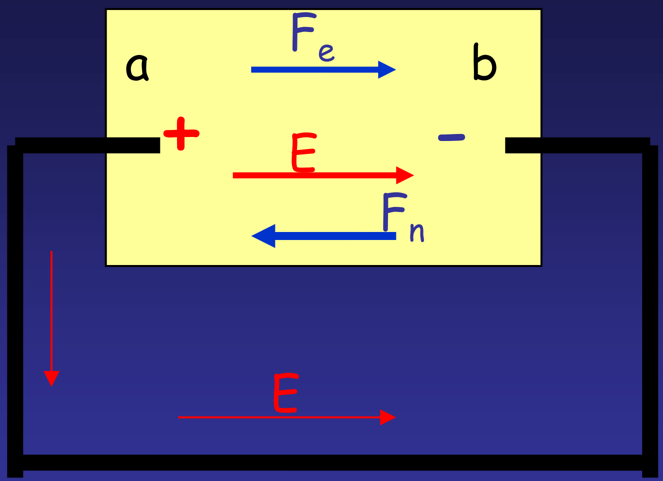
FUENTE IDEAL DE FEM

Una fuente ideal de fem mantiene una diferencia de potencial entre a y b (bornes del dispositivo) constante.

Con la diferencia de potencial se encuentra asociado un campo E con dirección de *a* a *b*. Una carga q en el interior de la fuente experimenta una fuerza eléctrica F_e. La fuente suministra además una fuerza no electrostática F_n. Esta fuerza mantiene la diferencia de potencial entre los bornes y su origen depende del tipo de fuente (en un generador es debida a fuerzas magnéticas).

Si se traslada una carga positiva de *b* a *a* en la fuente, la F_n hace un trabajo positivo $W=q\mathcal{E}$ y la energía potencial aumenta de una cantitad qV_{ab}. El aumento de energía potencial es igual al trabajo:

$$V_{ab} = \mathcal{E}$$



Formemos ahora un circuito completo conectando un alambre de resistencia R a los bornes de la fuente. La diferencia de potencial entre los bornes establece un campo eléctrico adentro del alambre que provoca un flujo de corriente de a hacia b de mayor a menor potencial.

$$\mathcal{E} = V_{ab} = IR$$

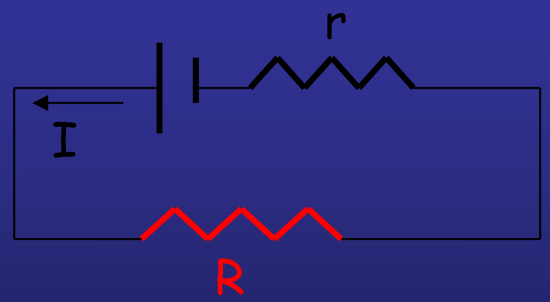
Cuando una carga positiva q fluye alrededor del circuito la elevación de potencial $\mathcal{E}$ cuando atraviesa la fuente es numéricamente igual a la caída de potencial V_{ab}=RI cuando recorre el resto del circuito.

RESISTENCIA INTERNA

En un circuito las fuentes reales no se comportan exactamente como lo hemos visto. La diferencia de potencial entre los bornes de una fuente real en un circuito NO es igual a la fem. Existe la **RESISTENCIA INTERNA r** de la fuente.

$$V_{ab} = \mathrm{E} - Ir$$

El potencial V_{ab} es menor que la fem debido al término Ir que representa la caída de potencial a través de la resistencia interna r.

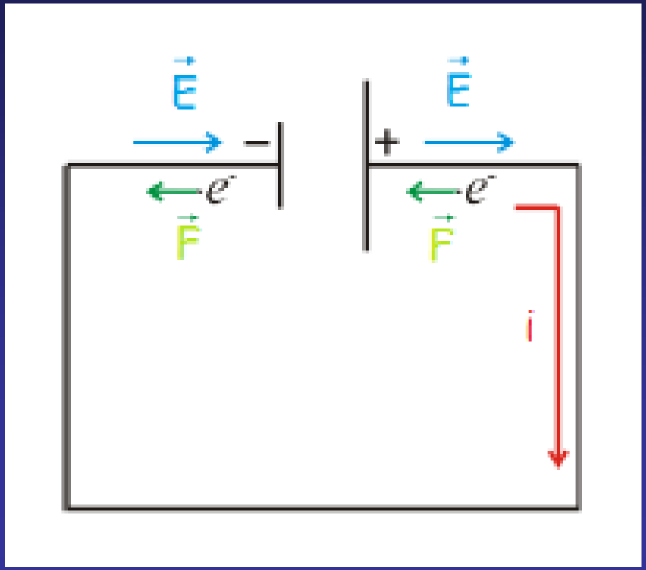


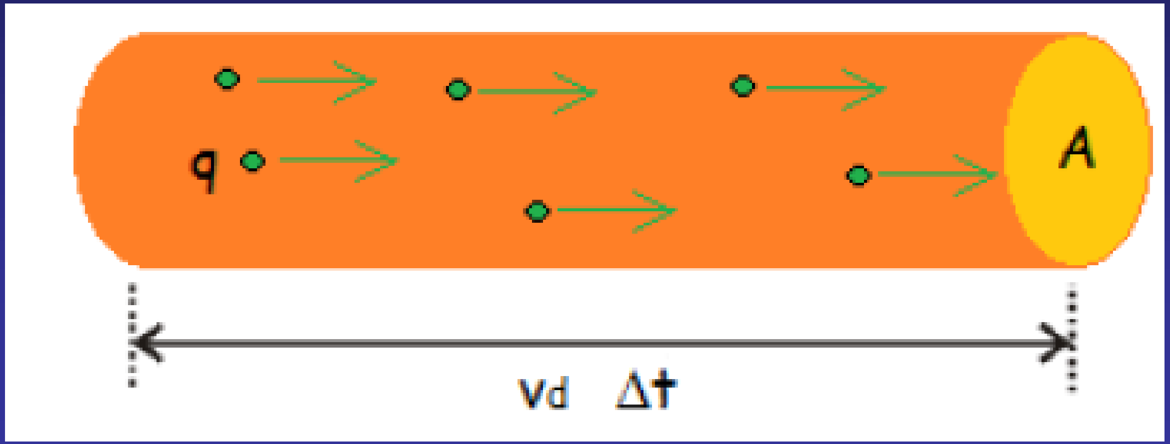
$$V_{ab} = \mathrm{E} - Ir = RI$$

$$I = \frac{\mathrm{E}}{R + r}$$

E

Históricamente se creía que la corriente eléctrica estaba producida por el movimiento de cargas positivas y por ello se adoptó como sentido de la corriente eléctrica el contrario al que en realidad llevan los electrones. Esta convención se mantiene en la actualidad





Si por un alambre conductor circulan *n* cargas *q* por unidad de volumen, la intensidad de corriente vendrá dada por:

$$I = q \times n \times v_d \times A$$

Los metales permiten la conducción de la corriente eléctrica. Cuando se conecta una pila entre los dos extremos de un cable, la pila obliga a los electrones a moverse provocando la aparición de la corriente eléctrica.

Circuitos eléctricos. Ley de Ohm.

Imaginemos un filamento de un material conductor. Al aplicar entre sus extremos una diferencia de potencial *ΔV*, circulará por él una corriente eléctrica de intensidad *i* (carga que atraviesa el filamento por unidad de tiempo). Cuando dicho material es un metal, y en otros muchos casos, se observa que la diferencia de potencial *ΔV* que se debe aplicar para que circule una intensidad *i* es proporcional a dicha intensidad, es decir, $\Delta V = i \times R$

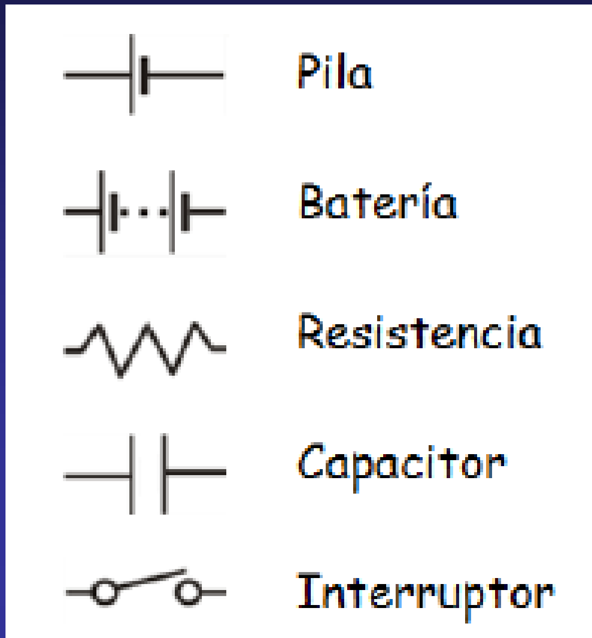
La constante de proporcionalidad *R* se denomina **resistencia**, que es la dificultad que tienen las cargas para atravesar un elemento conductor, y depende del material y de la forma del conductor, pero no de la corriente *i*. Esta ley es la conocida **Ley de Ohm**, La resistencia de un conductor depende de las características del material, es decir, de su propiedad intrínseca llamada **resistividad**, así como de la longitud y el área del conductor. En un hilo metálico de área transversal *A* y longitud *l*, la resistencia estará dada por la expresión

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

conocida como **Segunda Ley de Ohm**, donde *R* es la resistencia y su unidad es el Ohm (Ω), rho,, es la resistividad del material y se mide en Ω/m, *l* la longitud del hilo conductor (m) y *A* es el área del hilo conductor (m2). La resistividad es característica del material y de la temperatura. En el estudio de las soluciones electrolíticas (sales en agua) es más usual la **conductividad** kappa,, que es la inversa de la resistividad, y que depende de la viscosidad del solvente, de la temperatura y del tipo de iones diluidos en la solución. Así, tendremos que

$$R = \frac{l}{\kappa \times A} \Rightarrow \kappa = \frac{1}{\rho}$$

Representación de elementos de un circuito

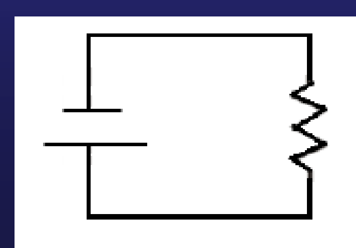


Los cobles estan a igual potencial por ser conductores y se considera que su resistencia es desprecible frente a los otros elementos del circuito.

Por una rama que tiene el interruptor abierto no circula corriente

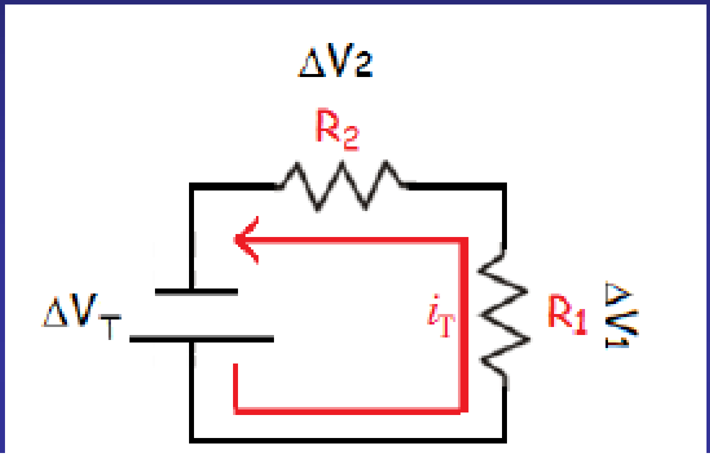
Una vez cargado el capacitor se comporta como un interruptor abierto

Nótese que en la pila, el polo positivo está representado por la placa de mayor longitud, siendo el polo negativo de menor longitud. Varias pilas conforman una batería. El **capacitor** se representa con dos líneas de igual longitud.



Circuitos en serie

En un circuito en serie las resistencias están conectadas una a continuación de la otra de tal forma que la corriente atraviesa todas las resistencias por igual, siendo la misma en todo el circuito. Además, la diferencia de potencial está aplicada a todas las resistencias, de tal forma que la caída de voltaje total es igual a la suma de las caídas en cada una de las resistencias.



En este tipo de conexión resulta que:

$$\Delta V_T = \Delta V_1 + \Delta V_2 \qquad R_{ES} = R_1 + R_2 \qquad i_T = i_1 = i_2$$

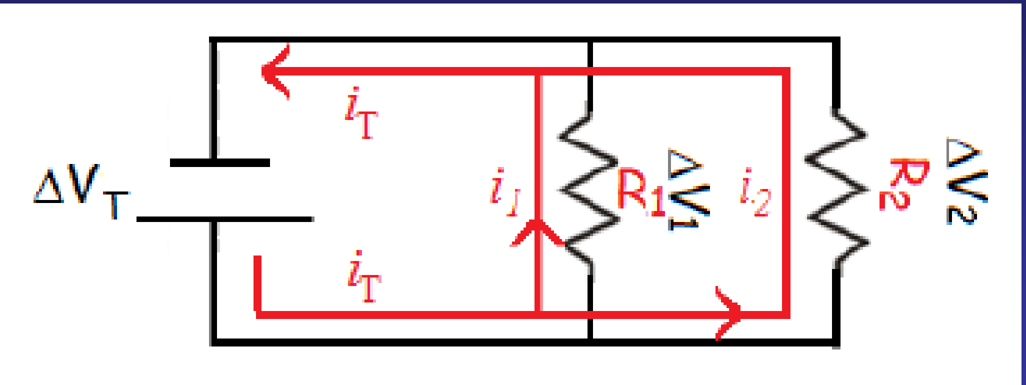
De forma generalizada:

$$\Delta V_T = \sum_{i=1}^{n} \Delta V_n \qquad R_{ES} = \sum_{i=1}^{n} R_i \qquad i_T = i_n$$

Donde R_{ES} es la resistencia equivalente del circuito en serie.

Circuito en paralelo

En un circuito en paralelo, las resistencias están todas conectadas a la fuente de alimentación de forma independiente. En este tipo de circuito, la corriente total se divide para pasar por las resistencias, pero la diferencia de potencial es la misma en todas las ramas del circuito.



En este tipo de conexión resulta que:

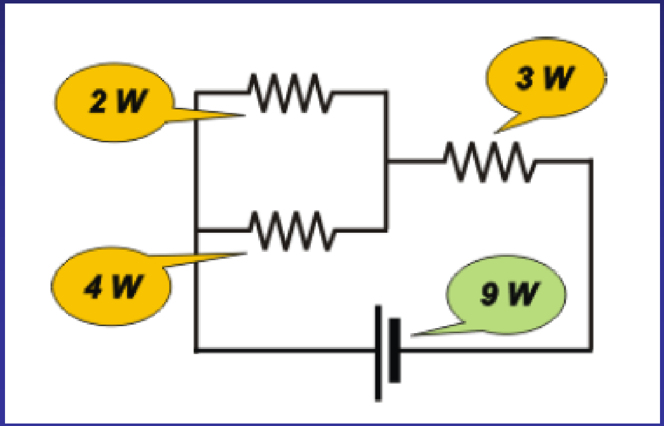
$$\Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2 \qquad \frac{1}{R_{EP}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \qquad i_T = i_1 + i_2$$

y de forma generalizada:

$$\Delta V_T = \Delta V_n \qquad \frac{1}{R_{EP}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_n} \qquad i_T = \sum_{i=1}^{n} i_n$$

Potencia y Energía

Las potencias disipadas en las resistencias de un circuito se suman entre sí para conocer la potencia total disipada. Esto se puede ver en el siguiente ejemplo. Las potencias disipadas por las resistencias, sin importar cómo estén agrupadas, suman la misma cantidad que la potencia entregada por la pila.



Las fuentes, pilas o baterías si estan conectadas correctamente entregan energía, el resto de los elementos, disipan toda la energía en su totalidad (aunque parte de la energía se "pierda" como calor). El kilowatt-hora, kWh, es una unidad de energía, no de potencia. Tiene un nombre engañoso, se trata del producto entre dos unidades: kilowatt y hora. La primera es indudablemente de potencia, mil watts; y la segunda de tiempo. El producto de potencia por tiempo, da energía.

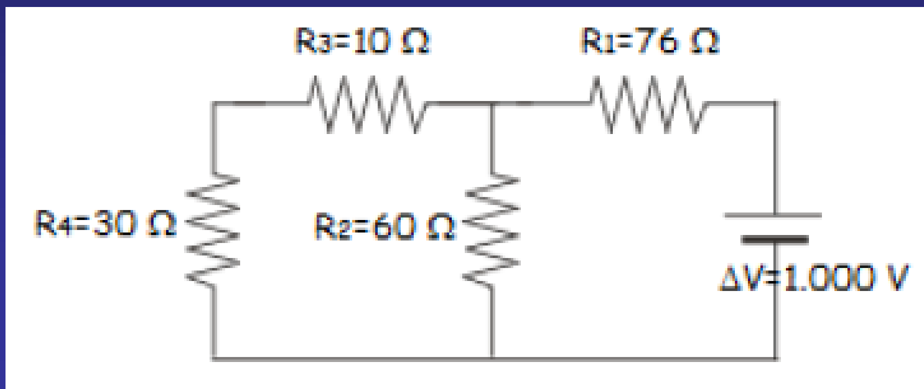
$$1\,kW = 1.000\,W \times 1\,h = 1.000\frac{J}{seg} \times 3600\,seg = 3.600.000\,J$$

La energía se puede calcular multiplicando la potencia por el intervalo de tiempo:

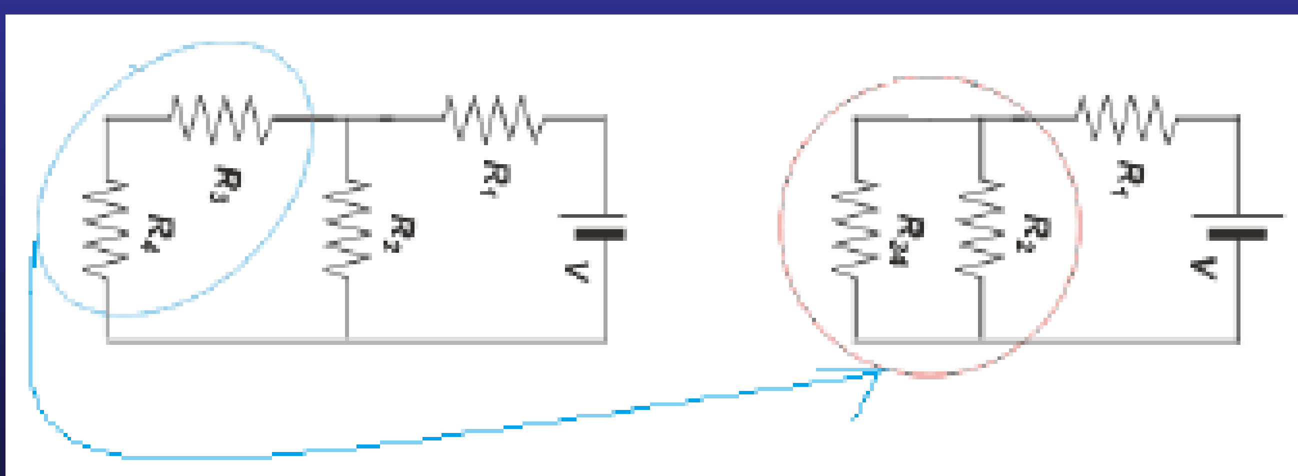
$$\Delta U = Pot \times \Delta t = \Delta V \times i \times \Delta t = \Delta V \times q$$

Ejemplos de resolución de circuitos

Dado un circuito eléctrico como el que se muestra a continuación, vamos a calcular la corriente que atraviesa cada resistencia (*i1*, *i2, i3, i4),* la diferencia de potencial a la que está sometida cada una de ellas (*V1*, *V2*, *V3, V4*) y la potencia que disipa (*Pot1, Pot2, Pot3, Pot4).*



Lo primero que se debe hacer es simplificar el circuito a su mínima expresión. Para ello, buscaremos en cada paso un circuito equivalente más sencillo. Para ello, evaluaremos si las resistencias están en serie o paralelo, y así calcular su resistencia equivalente.



Reducción 1

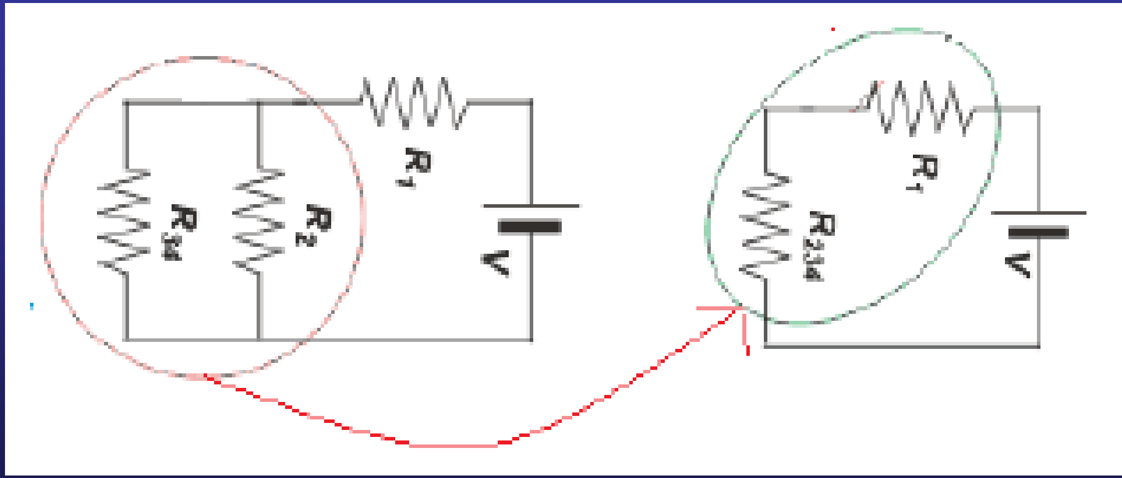
¿La resistencia 1 está en serie con la resistencia 3? ¿La resistencia 2 está en paralelo con la resistencia 4? Algunas no son tan sencillas de responder. El par de resistencias del que no cabe duda cuál es su asociación es el par 3 y 4, que están en serie. A ese par y sólo a ese lo reemplazamos por su resistencia equivalente.

Y calculamos cuál es el valor

$$R_{34} = R_3 + R_4$$

$$R_{34} = 10\Omega + 30\Omega = 40\Omega$$

En este nuevo circuito reducido, el par de resistencias cuya asociación es segura, son las resistencias 2 y la equivalente 3-4, que se hallan asociadas en paralelo. La reemplazamos:



Reducción 2

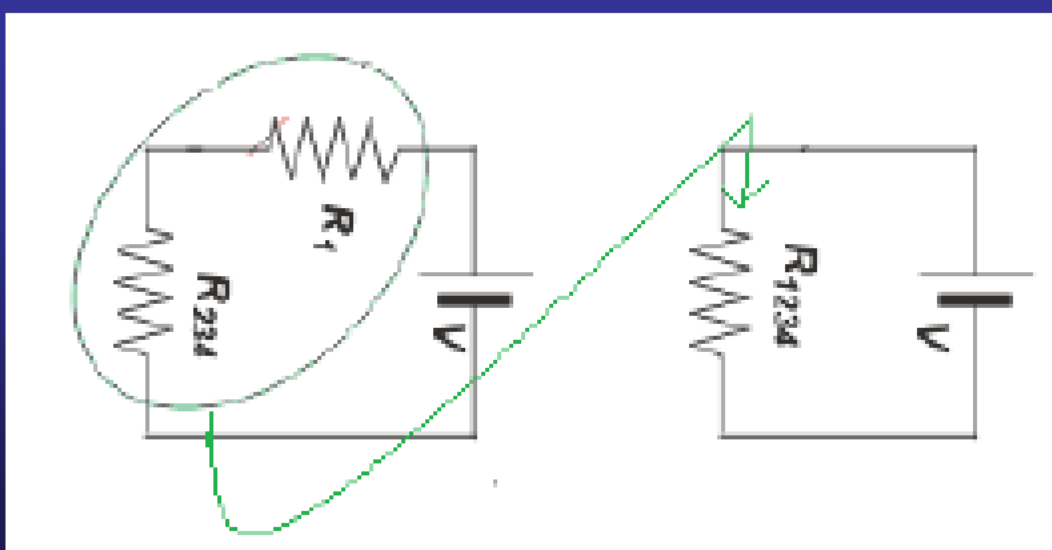
Y calculamos cuál es el valor

$$\frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{34}}$$

$$\frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{60\Omega} + \frac{1}{40\Omega} = \frac{40+60}{2400\Omega} = \frac{100}{2400\Omega} = \frac{1}{24\Omega}$$

$$\frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{24\Omega} \Rightarrow R_{234} = 24\Omega$$

Todavía queda una reducción más, ahora es claro que las dos resistencias que quedan están asociadas en serie. La reemplazamos.



Reducción 3

$$R_{1234} = R_1 + R_{234}$$

$$R_{1234} = 76\Omega + 24\Omega = 100\Omega$$

El circuito que nos quedó es equivalente al primero, pero es el más sencillo que podríamos imaginar: una sola resistencia, una sola corriente y una sola diferencia de potencial.

$$R_1 = 76\,\Omega;\ R_2 = 60\,\Omega;\ R_3 = 10\,\Omega;\ R_4 = 30\,\Omega;\ R_{34} = 40\,\Omega;\ R_{234} = 24\,\Omega;\ R_{1234} = 100\,\Omega$$

Ahora, aplicamos la ley de Ohm y vamos recorriendo el circuito de vuelta (del más simple al más complejo). Sabemos que la diferencia de potencial a la que está sometida la resistencia que llamamos 1234 es la de la pila (ver esquema arriba). La única incógnita que resta en este circuito es la corriente que atraviesa esa resistencia, que no es otra cosa que la corriente total. Así, podemos calcular la corriente total (o *i*1234) como:

$$i_{1234} = \frac{V}{R_{1234}} \Rightarrow i_T = \frac{V}{R_T} = \frac{1000\,V}{100\,\Omega} = 10\,A$$

Dado que si miramos la última reducción del circuito, *i1234 = i1 = i234*, entonces *i1 = i234* = 10 *A*. Ahora podemos calcular la diferencia de potencial a través de cada una de estas resistencias.

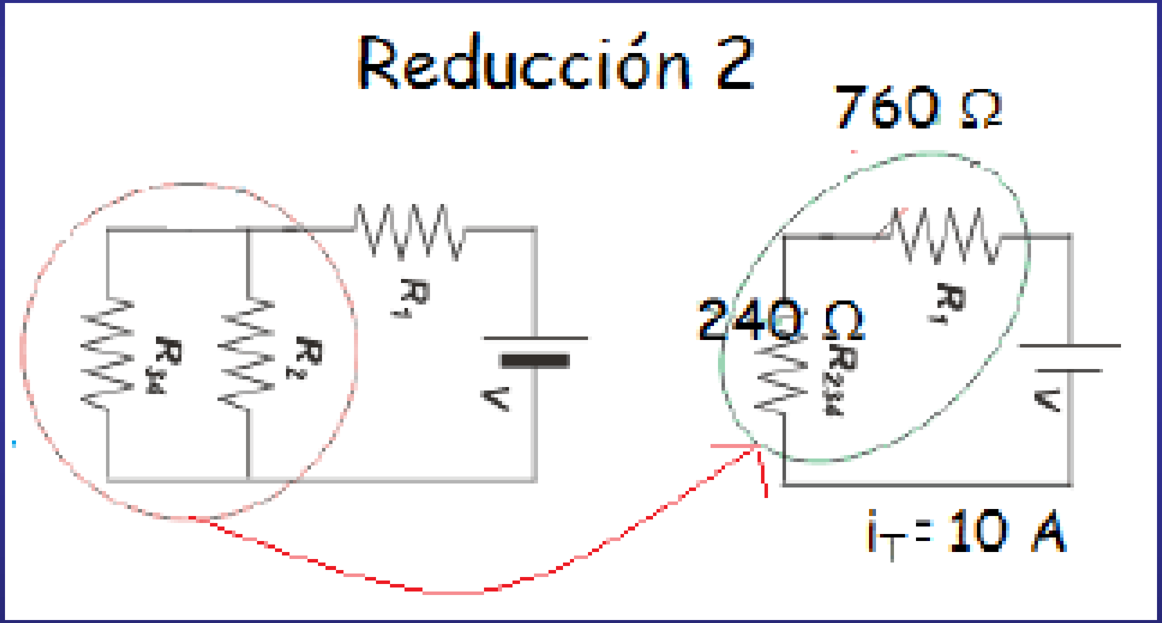
$$V_1 = i_1 \times R_1 = 10\,A \times 76\,\Omega = 760\,V$$

$$V_{234} = i_{234} \times R_{234} = 10\,A \times 24\,\Omega = 240\,V$$

Cada paso que retrocedemos ofrece una oportunidad de revisar el resultado. Como estas resistencias están en serie, la suma de las diferencias de potencial deberá ser igual a la diferencia de potencial total:

$$V_{1234} = V_1 + V_{234} = 760\,V + 240\,V = 1000\,V$$

Vamos un paso más atrás, a la Reducción 2, donde anotamos los datos que calculamos recién:



En un circuito en paralelo, la diferencia de potencial de cada resistencia integrante es igual a la diferencia de potencial de su equivalente. Por lo tanto:

$$V_{234} = V_2 + V_{34} = 240V$$

Queda averiguar la corriente que atraviesa cada resistencia mediante la Ley de Ohm:

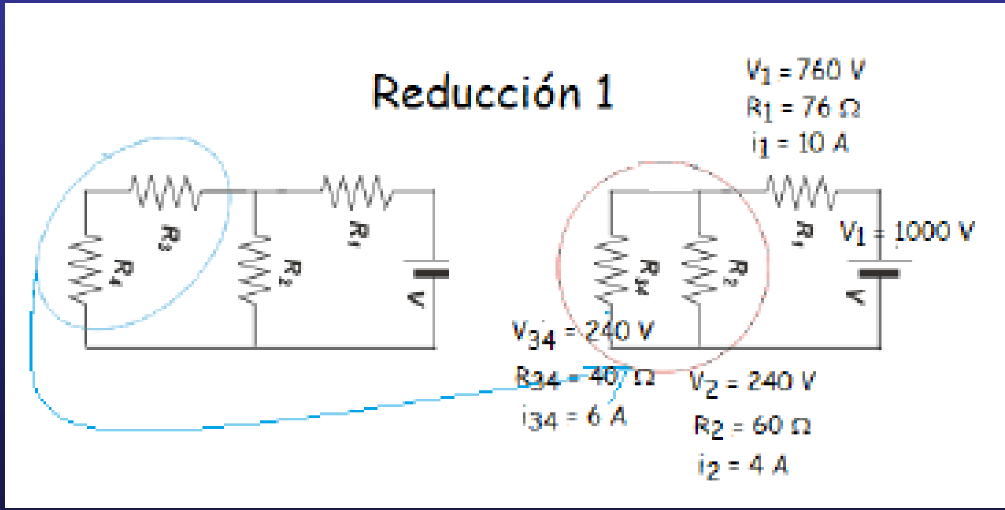
$$i_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{240V}{60\Omega} = 4\ A$$

$$i_{34} = \frac{V_{34}}{R_{34}} = \frac{240V}{40\Omega} = 6\ A$$

Revisamos la suma de las corrientes en las que se divide un circuito en paralelo, que debe ser igual a la corriente que atravesaba la resistencia 34:

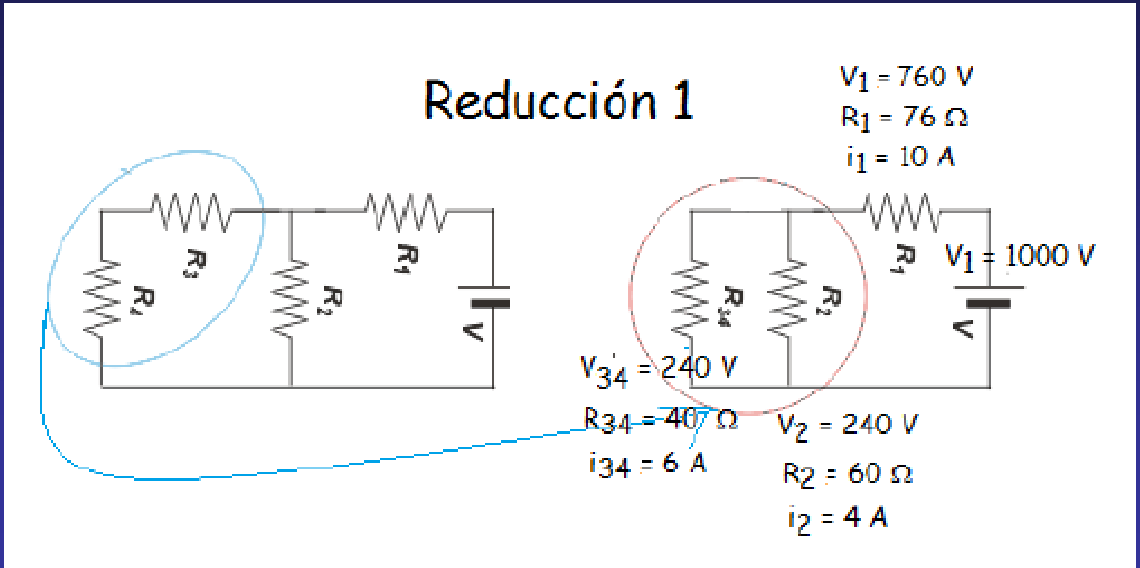
$$i_{234} = i_2 + i_{34} = 4\ A + 6\ A = 10\ A$$

Ahora seguimos hacia atrás, revisando la Reducción 1, a la que le agregamos los valores que ya tenemos



Observando el circuito original, entonces:

$$i_{34} = i_3 + i_4 = 6\,A$$



Y aplicando la ley de Ohm para cada resistencia

$$V_3 = i_3 \times R_3 = 6\,A \times 10\,\Omega = 60\,V$$
$$V_4 = i_4 \times R_4 = 6\,A \times 30\,\Omega = 180\,V$$

Revisamos que la suma del voltaje resulte en el valor total:

$$V_{34} = V_3 + V_4 = 60\,V + 180\,V = 240\,V$$

Finalmente, calculamos las potencias a través de cada resistencia:

$$Pot_1 = V_1 \times i_1 = 760\,V \times 10\,A = 7600W$$

$$Pot_2 = V_2 \times i_2 = 240\,V \times 4\,A = 960W$$

$$Pot_3 = V_3 \times i_3 = 60\,V \times 6\,A = 360W$$

$$Pot_4 = V_4 \times i_4 = 180\,V \times 6\,A = 1080W$$

Siendo la potencia total del circuito:

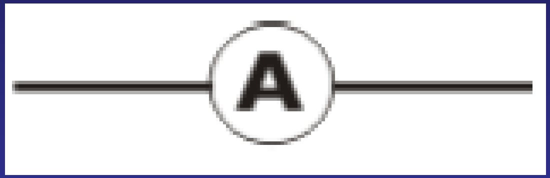
$$Pot_T = V_T \times i_T = 1000\,V \times 10\,A = 10.000W$$

Si sumamos las potencias disipadas por cada resistencia, su valor debe ser igual a la potencia total entregada por la pila

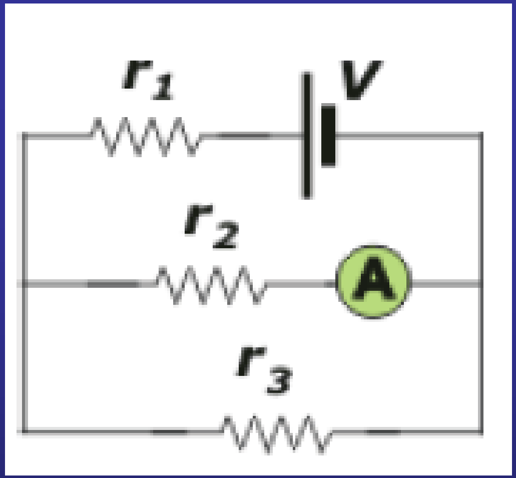
$$Pot_T = Pot_1 + Pot_2 + Pot_3 + Pot_4 = 7.600\,W + 960\,W + 360\,W + 1.080\,W = 10.000W$$

El amperímetro

este instrumento mide la corriente que pasa por alguna rama del circuito. Su símbolo es:



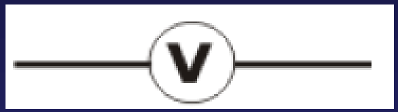
Siempre que esté conectado en serie con una resistencia, podrá medir la corriente que pasa a través de la misma. Por ejemplo:



Para que no afecte la circulación de corriente ni las caídas de voltaje, el amperímetro ideal es aquel de resistencia nula (*RA* = 0). Como esto no es posible en la práctica, se buscan para su elaboración materiales de resistencia despreciable respecto a las del circuito

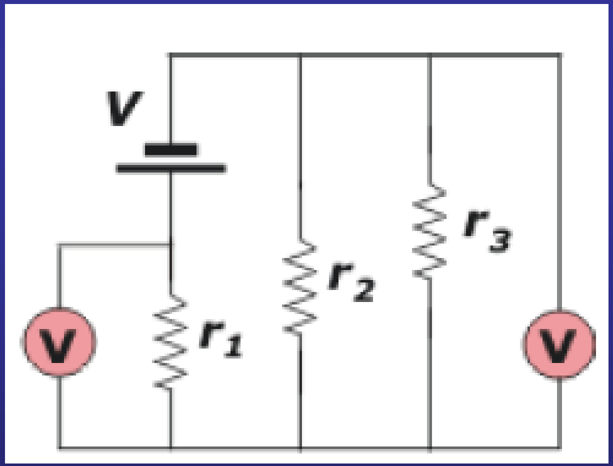
El voltímetro

Este instrumento mide diferencias de potencial. Su símbolo es:



El voltímetro mide la diferencia de potencial que existe entre los dos puntos que toquen sus cables, de modo que para medir una diferencia de potencial cualquiera, basta con apoyar las puntas en los lugares de conexión de cualquier elemento eléctrico de un circuito (una resistencia, una batería, un capacitor). Por ejemplo:

Nótese que los voltímetros se conectan en paralelo a la resistencia a través de la cual se desea medir la diferencia de voltaje. Para que la corriente no pase a través del voltímetro, este deberá tener idealmente una resistencia infinita ($R_V = \infty$). Dado que el valor infinito es inalcanzable, los voltímetros se construyen con las resistencias más altas posibles



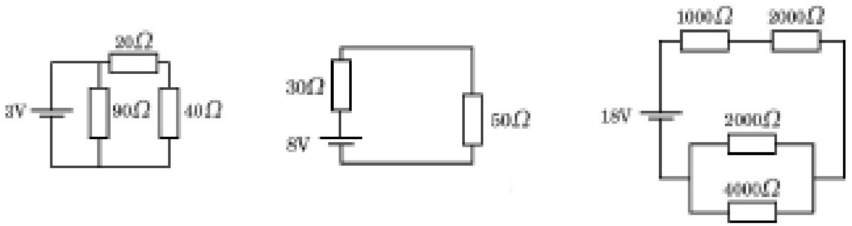
En la actualidad, amperímetro y voltímetro vienen integrados en un único instrumento llamado **multímetro**. Tienen además otras funciones, entre las que se destaca el óhmetro, que mide valores de resistencias

Guía 2 . Corriente Continua

A. Circuitos con resistencias

1. Dadas tres resistencias de valores 1Ω, 2Ω y 4Ω, ¿qué valores de resistencia total se pueden obtener haciendo las diversas combinaciones posibles en serie y/o paralelo?

2. En los circuitos de las figuras, calcule la corriente en cada una de las resistencias y la caída de tensión en cada resistencia.



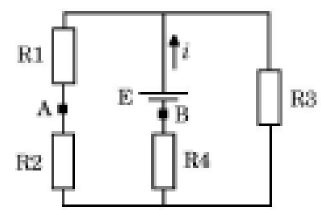
Resp. a) 33 mA y 50 mA b) 100 mA c) 4.2 mA, 2.8 mA, 1.4 mA

3. Dado el circuito de la figura (E = 24V, i = 4 A, R_1 = 5 Ω, R_2 = 5 Ω, R_3 = 10Ω), calcule:

a) la corriente por cada resistencia R1, R2 y R4

b) el valor de la resistencia R4

c) la diferencia de potencial entre los puntos A y B, indicando cuá ellos está a mayor potencial



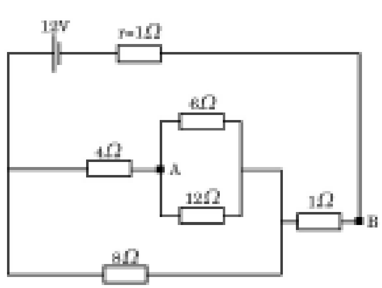
Resp. i_1=i_2=i_3=2A, R4=1Ω, ΔV_{AB}=14 V.

4. En el circuito de la figura, calcule:

a) la corriente por la batería

b) la diferencia de potencial entre los puntos A y B.

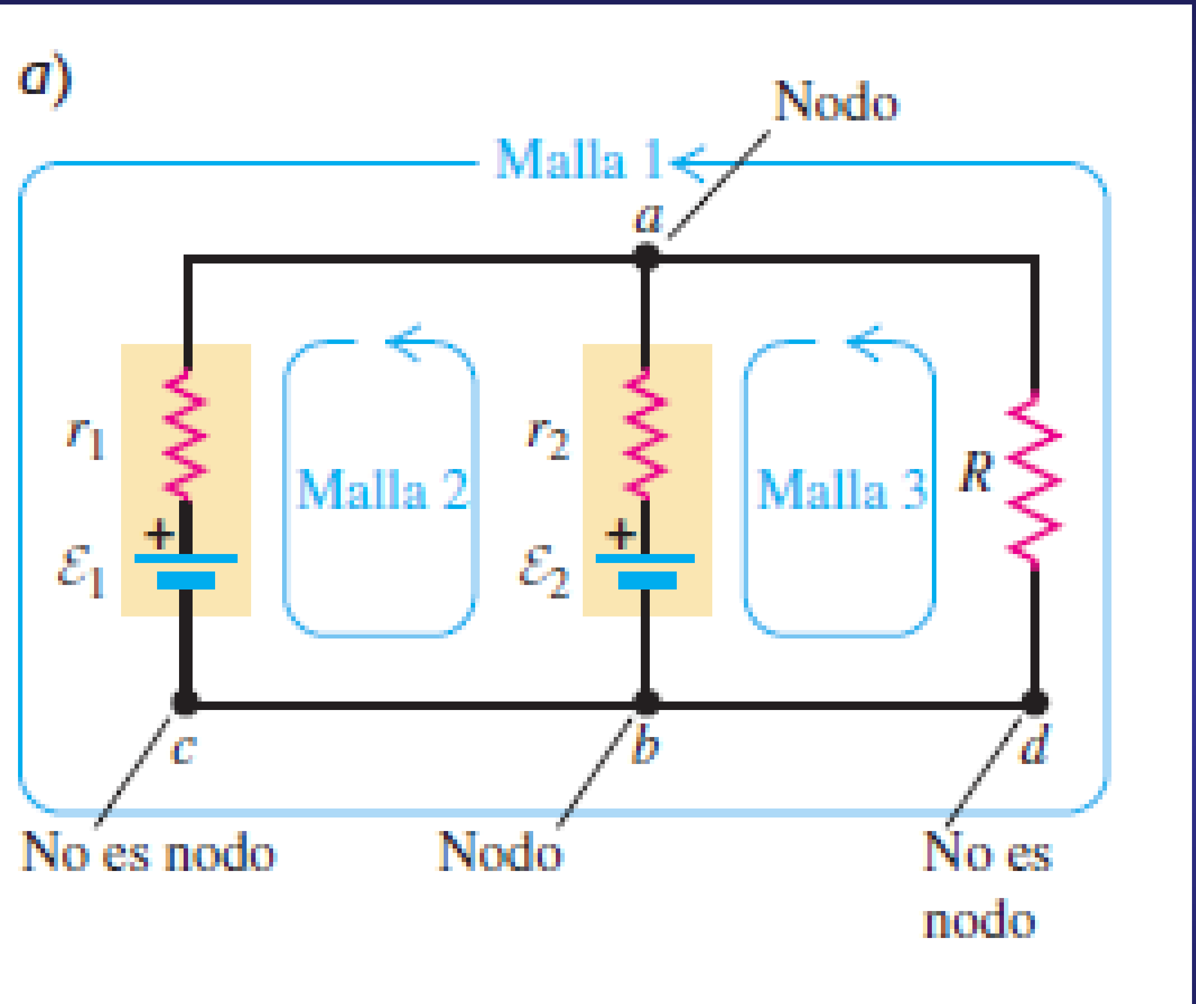
c) la potencia disipada en r (resistencia interna de la fuente) y en las resistencias de 4 y 8Ω



Resp.: a) 2A, b) 6V, c) 4W, 4W, 8W

Pueden encarar la parte A de circuitos con resistencias

Leyes de kirchoff

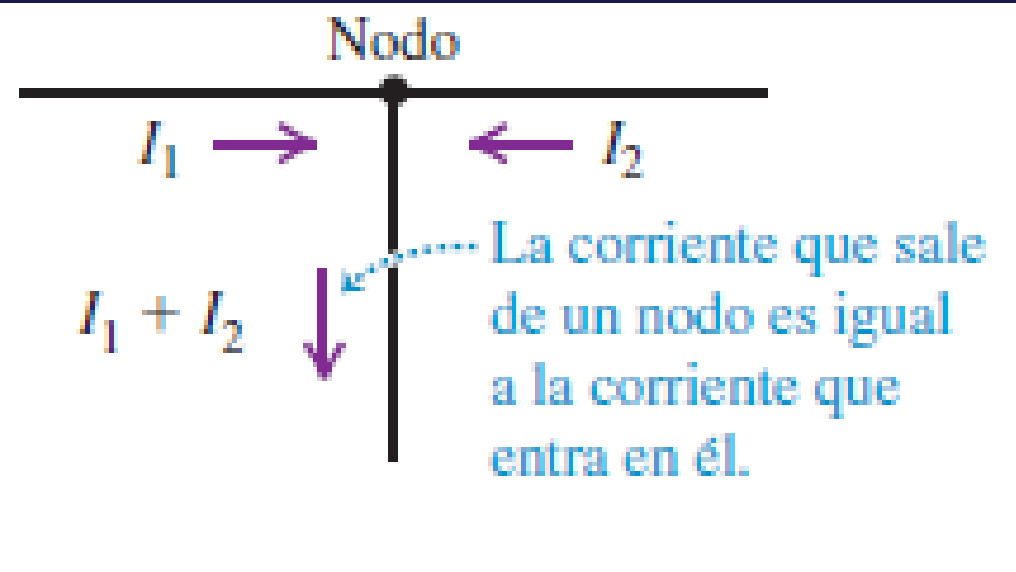


Regla de Kirchhoff de los nodos: *La suma algebraica de las corrientes en cualquier nodo es igual a cero*. Es decir,

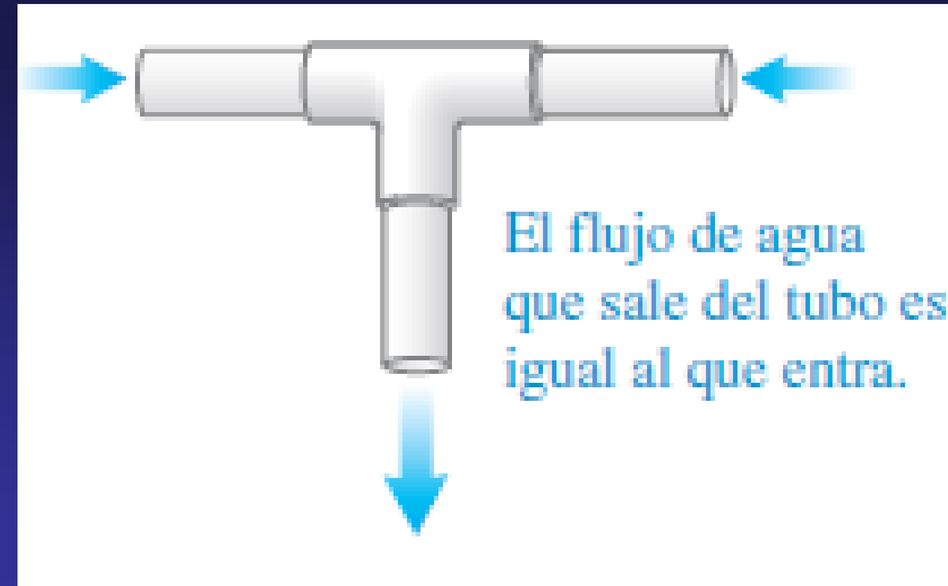
$$\sum I = 0$$

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*. Es decir,

$$\sum V = 0 \qquad \text{(regla de las mallas, válida para cualquier malla cerrada)}$$



Regla de Kirchhoff de los nodos



Analogía de la tubería de agua

Efecto de los dieléctricos.

Los dieléctricos producen una reducción del campo eléctrico respecto al que habría en caso de vacío debido a la aparición de cargas de polarización.

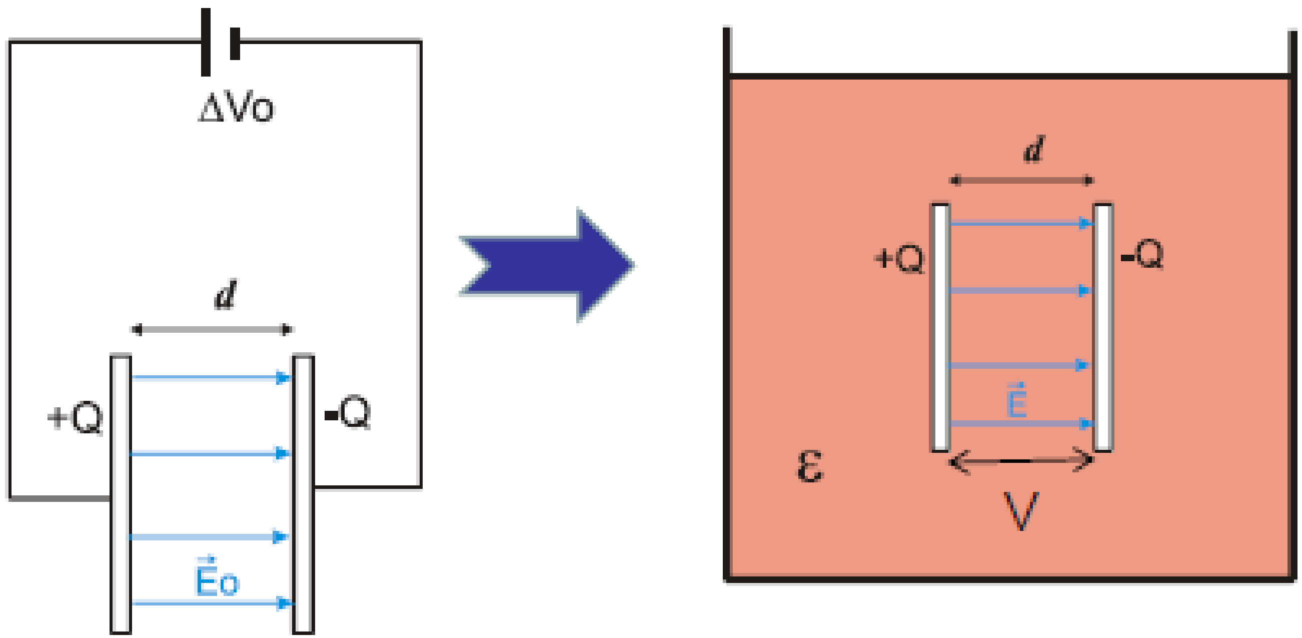
Todos los resultados vistos hasta ahora son iguales en dieléctricos homogéneos, isótropos y lineales sin más que sustituir:

$$\boxed{\varepsilon_o \rightarrow \varepsilon}$$

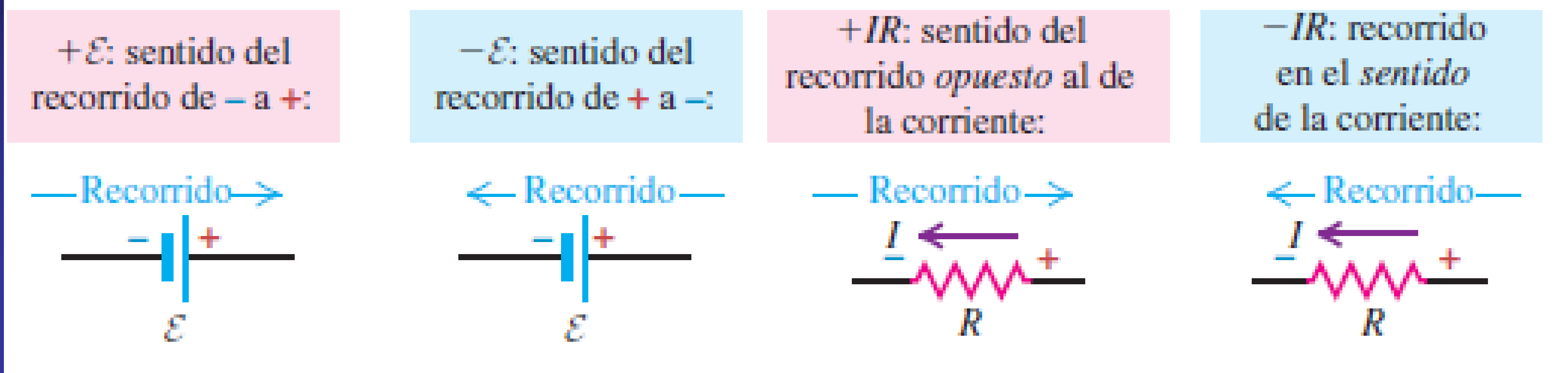
Es decir, si solo tenemos en cuenta las cargas libres y suponemos ε es constante:

El dieléctrico hace que el campo eléctrico en su interior sea distinto que el campo eléctrico en el vacío.

En las imágenes se muestra el efecto de introducir un dieléctrico entre las placas de un condensador aislado que inicialmente tenía una carga almacenada.

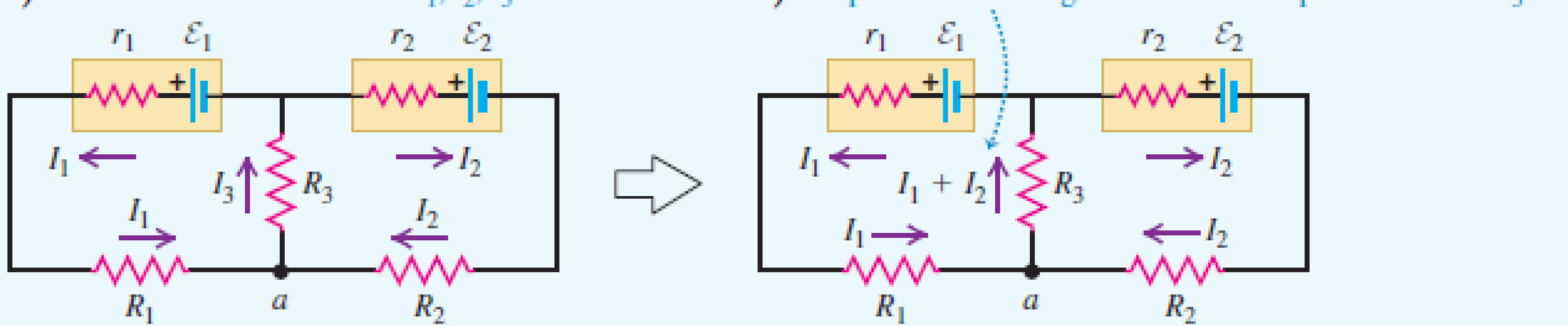


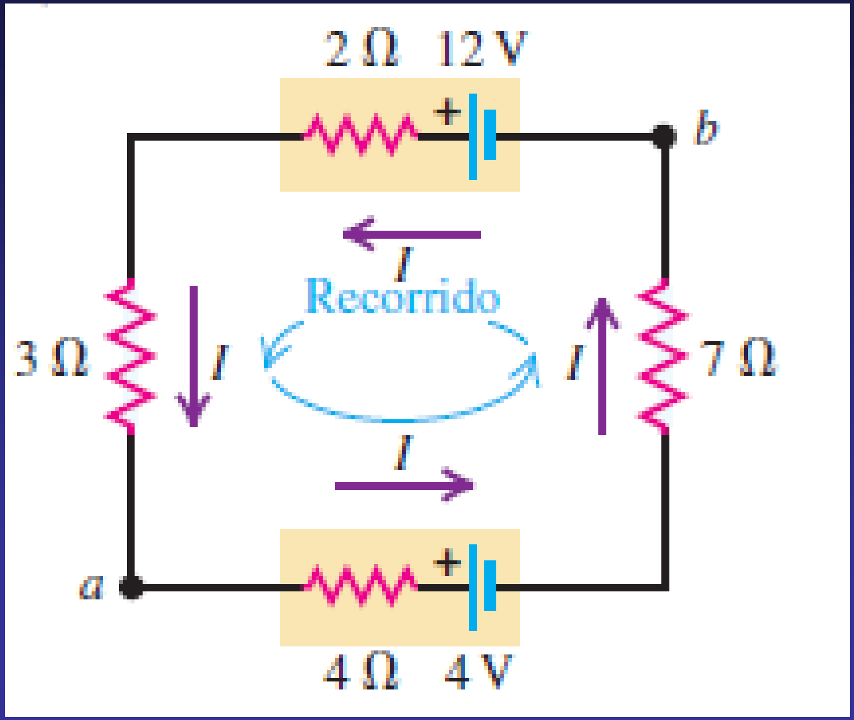
a) Convenciones de signo para las fem | *b*) Convenciones de signo para los resistores

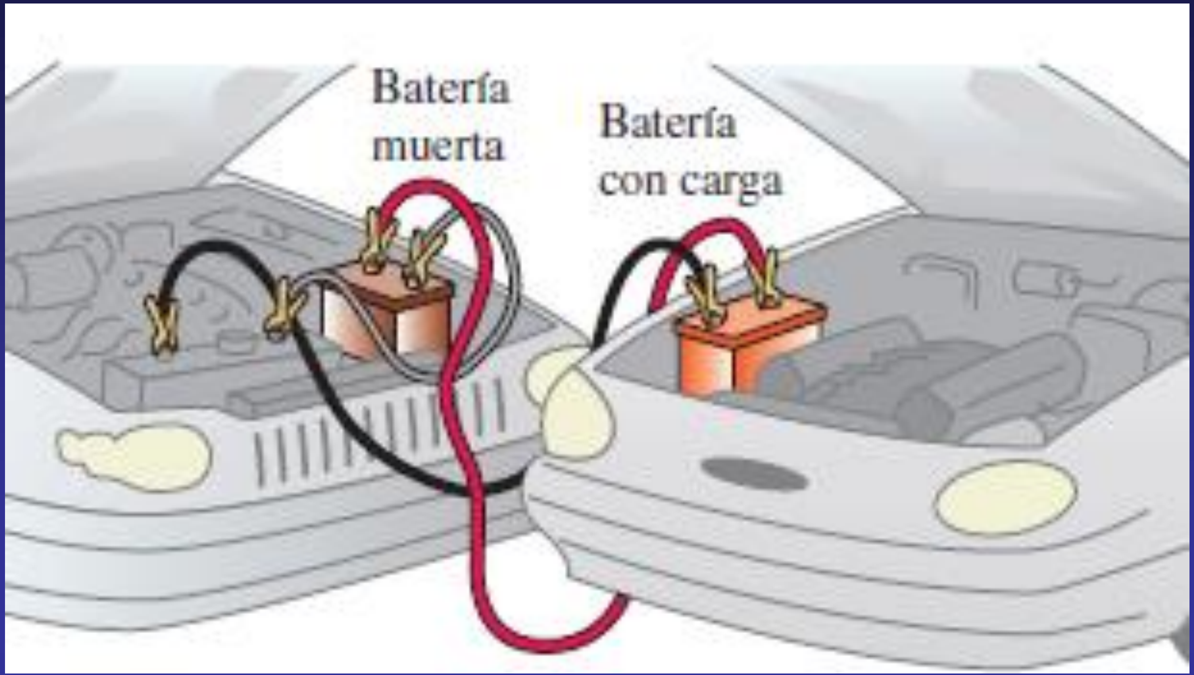


a) Tres corrientes desconocidas: I_1, I_2, I_3

b) La aplicación de la regla de los nodos al punto *a* elimina I_3.







Ej a) En este ejemplo la malla se recorre en el mismo sentido que el que se supuso para la corriente, por lo que todos los términos *IR* son negativos. El potencial disminuye a medida que se pasa de + a − a través de la fem inferior, pero se incrementa al ir de − a + a través de la fem superior. *b*) Ejemplo de la vida real de un circuito de esta clase.

$$-I(4\ \Omega) - 4\ \text{V} - I(7\ \Omega) + 12\ \text{V} - I(2\ \Omega) - I(3\ \Omega) = 0$$

$$8\ \text{V} = I(16\ \Omega) \quad \text{e} \quad I = 0.5\ \text{A}$$