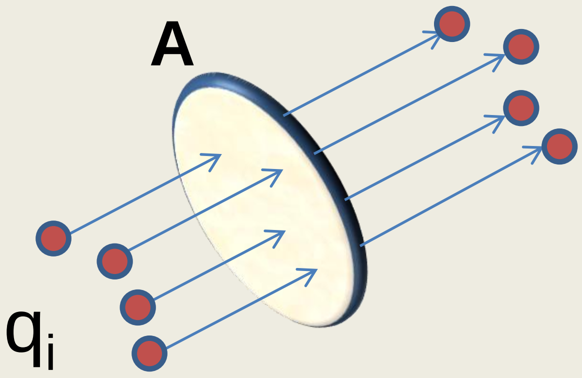
Corriente Eléctrica. Circuitos de Corriente Continua

Hasta ahora, hemos tratado los fenómenos eléctricos que surgen de cargas eléctricas estacionarias (electrostática).

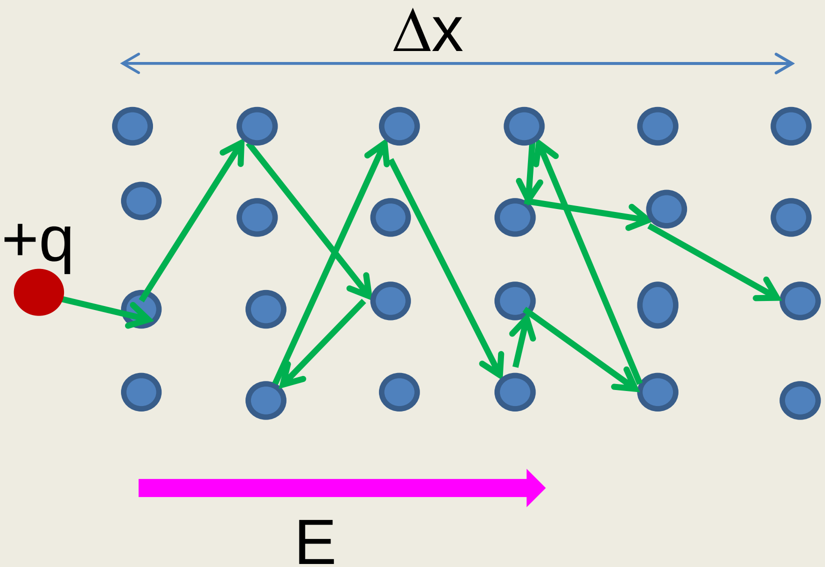
En las siguientes cuatro clases, veremos los fenómenos que surgen de cargas en movimiento.

Corriente eléctrica: rapidez a la cual fluye carga a través de una determinada superficie.



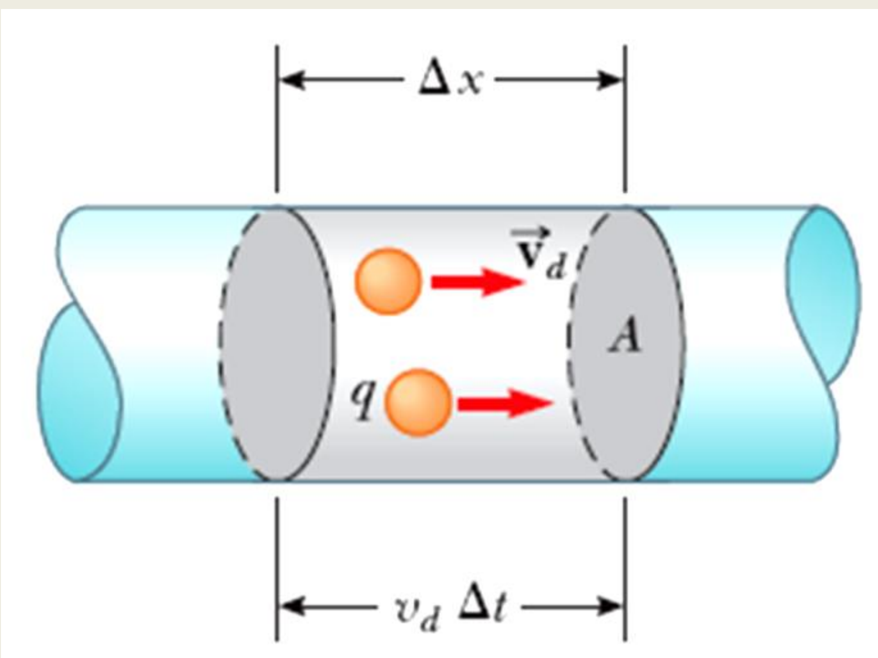
$$I = \frac{dq}{dt} \quad \left[\frac{\text{Coulomb}}{\text{segundo}}\right] = [\text{Ampere}]$$

Modelo microscópico de conducción de corriente



$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = v_d \quad \text{(velocidad de arrastre)}$$

$$v_d \quad \text{típica para el cobre:} \approx 2 \;\, 10^{-4} \;\, \frac{m}{s}$$



$$\Delta Q = \text{N}^{\text{o}} \text{ port x carga} = (\eta\, A\, \Delta x)\, q$$

$$\Delta x = v_d \;\, \Delta t$$

$$\Delta Q = (\eta\, A\, v_d \;\, \Delta t)\, q$$

$$\therefore \boxed{I_{media} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \eta\, A\, v_d \;\; q}$$

Conductor en equilibrio ⟹ E = 0 en su interior

Conductor fuera del equilibrio ⟹ E ≠ 0 en su interior

Para un conductor de área transversal A que transporta una corriente I, se define la densidad de corriente:

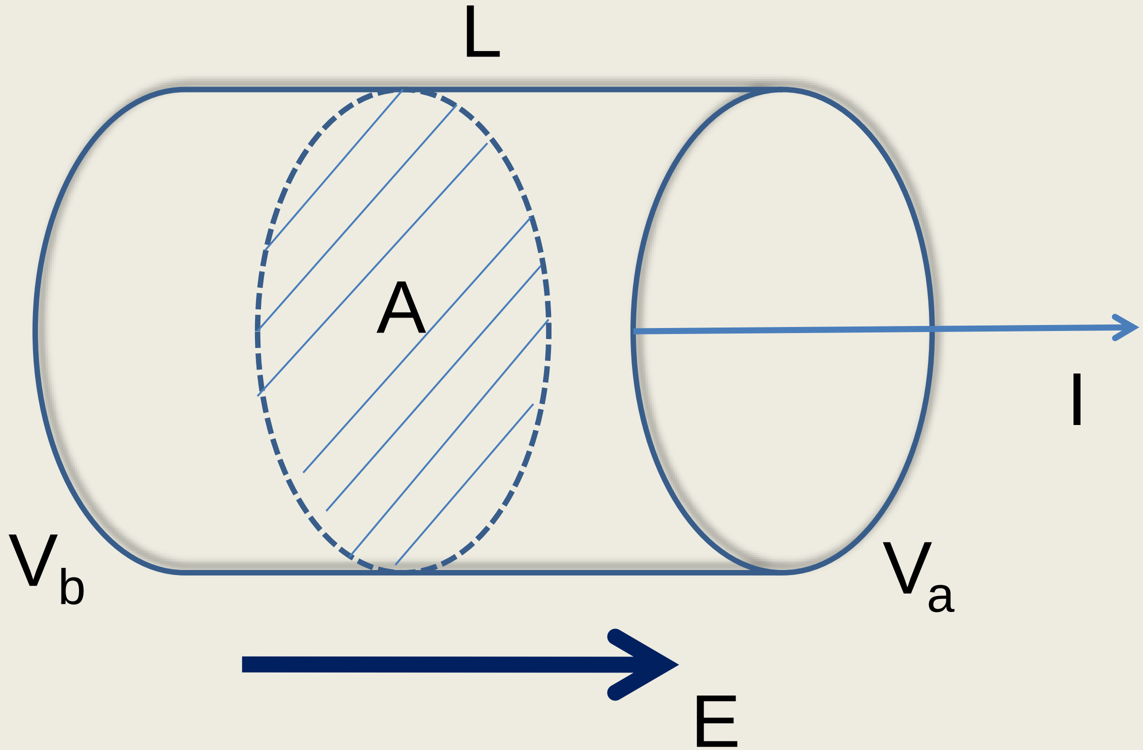
$$J \equiv \frac{I}{A} = \eta\, q\, v_d \quad [\frac{A}{m^2}]$$

En general, J es un vector: $\vec{J} = \eta\, q\, \vec{v}_d$

En algunos materiales, la densidad de corriente es proporcional al campo eléctrico aplicado:

$\boxed{\vec{J} = \sigma\, \vec{E} \quad \text{LEY DE OHM}}$; σ : conductividad

Prob P1 a P4, Práctica 6



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

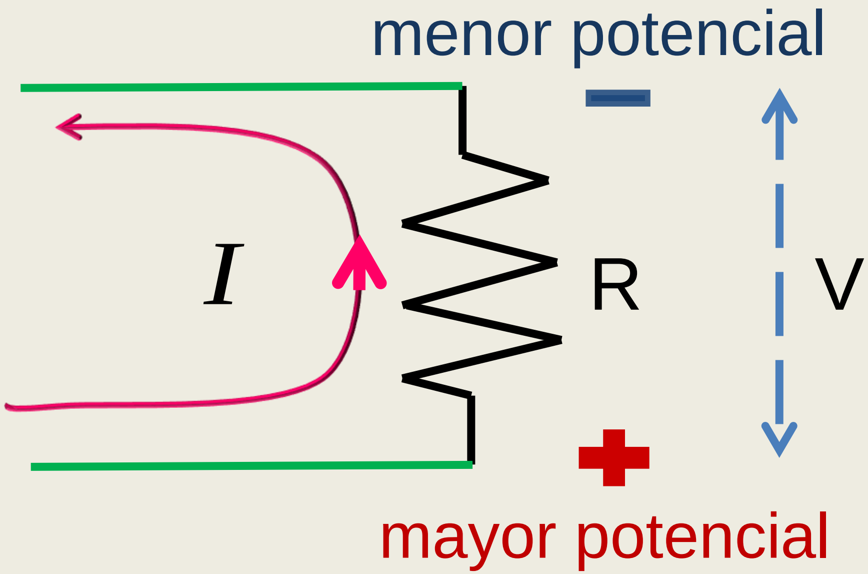
$$J = \frac{I}{A} = \sigma\,E = \sigma\,\frac{\Delta V}{L}$$

$$\therefore \quad \Delta V = \left(\frac{L}{\sigma A}\right) I; \qquad \text{llamando } R = \frac{L}{\sigma A}$$

$\sigma^{-1} = \rho$ (resistividad)

$$\Delta V = R\,I \qquad \text{LEY DE OHM (circuital)}$$

$$\text{R : resistencia} \quad \left[\frac{\text{Volt}}{\text{Amp}}\right] \equiv \text{Ohm}$$

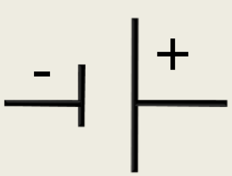


Cuando por una resistencia R circula una corriente I , existe diferencia de potencial V (caída de potencial) que cumple la <u>Ley de Ohm</u>:

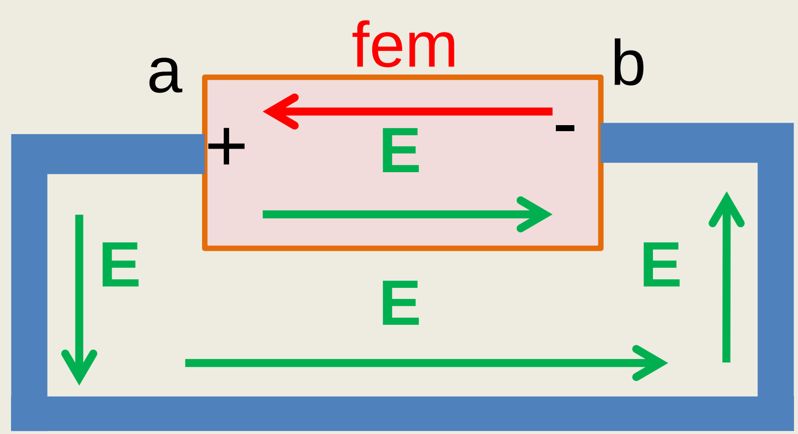
$$V = I\,R$$

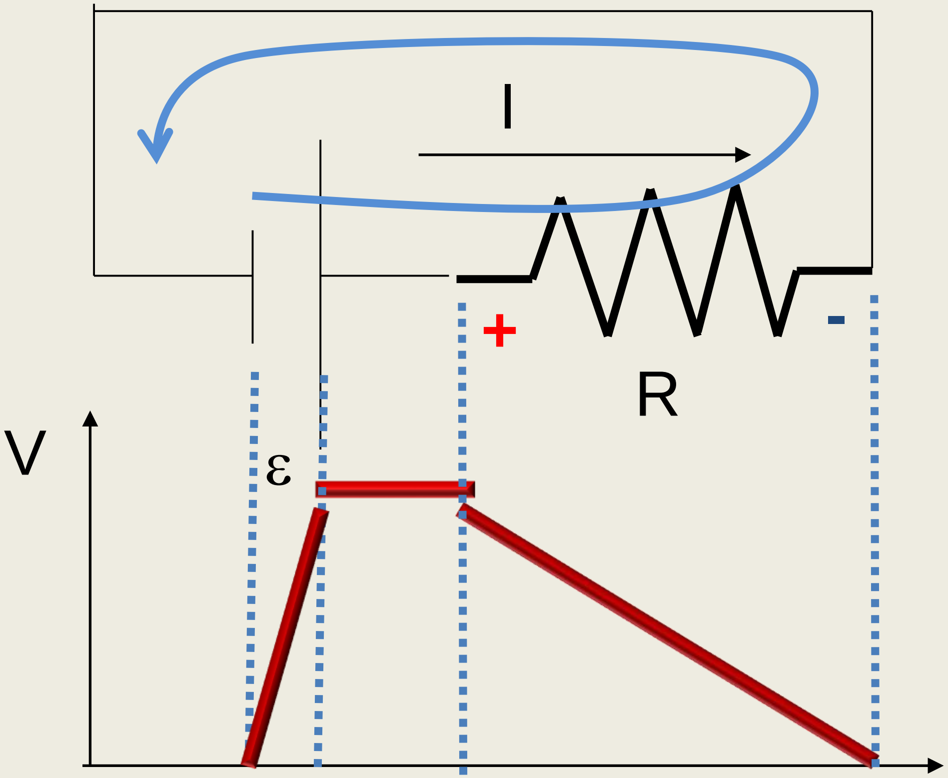
Para mantener una corriente circulando por un circuito cerrado, es necesario insertar en el mismo una fuente que tome las cargas del terminal negativo y las deposite en el positivo, en contra del campo electrostático que impulsa las cargas por el conductor. A este “contracampo” se lo llama <u>fuerza electromotriz (fem) y tiene unidades de potencial (Volt)</u>.

$$\text{dif. de potencial entre a y b} = \varepsilon$$



Símbolo circuital de fem





Si elegimos un sentido de circulación como indica la flecha, primero medimos un aumento de potencial al cruzar la fem de valor **ε**, y luego medimos una disminución de potencial en los extremos de R, dada por la ley de Ohm (**V=I R**). Como volvemos al mismo lugar, se debe cumplir que:

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

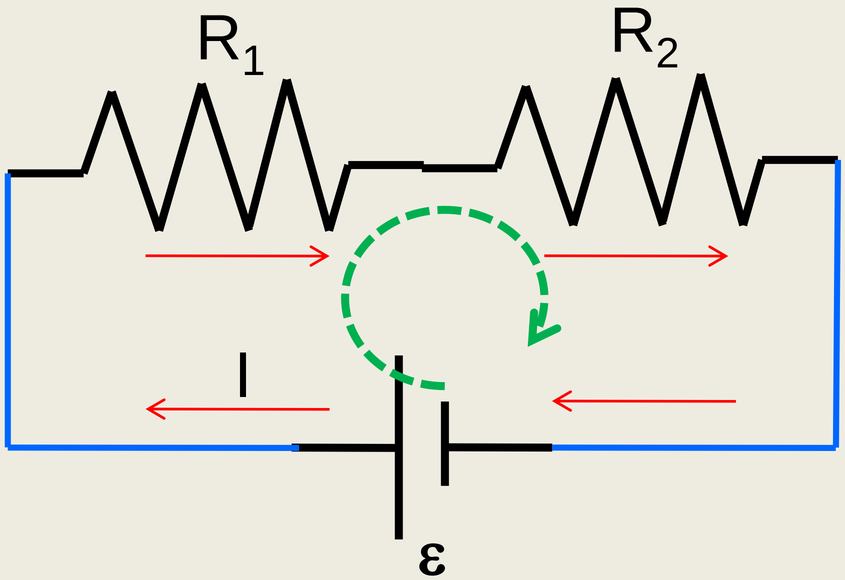
para un lazo cerrado (MALLA) :

$$\sum \varepsilon_j - \sum I_j\,R_j = 0 \qquad \text{1era Regla de Kirchhoff}$$

para un nodo:

$$\sum I_j = 0 \qquad \text{2da Regla de Kirchhoff}$$

Resistencias conectadas en serie



Proponemos un sentido de flujo de la corriente (flechas rojas) y tomamos un sentido de recorrido del circuito (curva punteada verde). Como tenemos 1 sola malla y ningún nodo, aplicamos solo la 1era regla K:

$$\varepsilon - IR_1 - IR_2 = 0$$

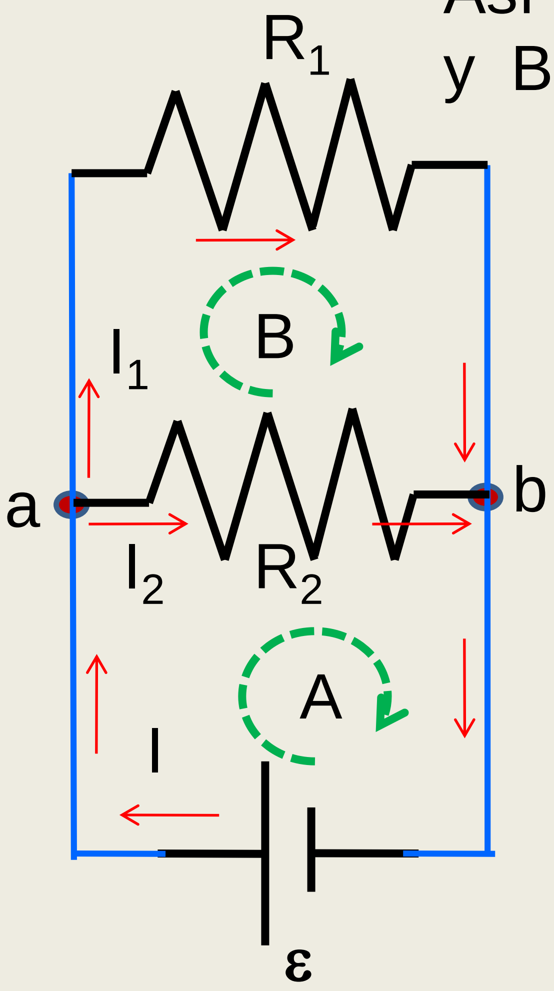
$$\varepsilon = I(R_1 + R_2) = IR_{equivalente}$$

$$\therefore \text{ para resistencias en serie :}$$

$$\boxed{R_{equivalente} = R_1 + R_2}$$

Podemos reemplazar R_1 y R_2 por $R_{\text{equivalente}}$ de modo que el valor de la corriente sea el mismo que en el circuito original

Resistencias conectadas en paralelo



Aquí tenemos 2 mallas (A y B) y 2 nodos (a y b), Así que aplicaremos la 1era regla K a las mallas A y B y la 2da regla K al nodo (a) o al (b):

$$\text{malla A}: \ \varepsilon - I_2 R_2 = 0$$

$$\text{malla B}: \ -I_1 R_1 + I_2 R_2 = 0$$

$$\text{nodo (a)}: I = I_1 + I_2$$

$$\text{de la primera}: \varepsilon = I_2 R_2 \Rightarrow I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2}$$

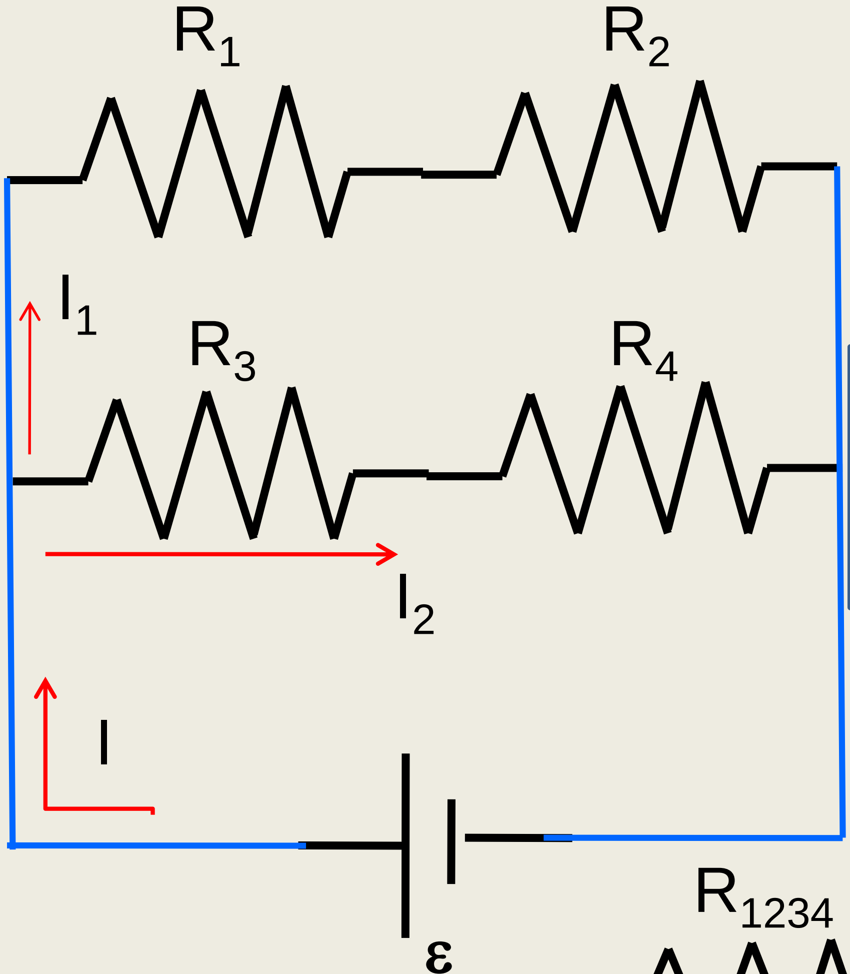
$$\text{reempl. en la segunda}: \varepsilon = I_1 R_1 \Rightarrow I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1}$$

$$\text{reempl. en la tercera}: I = \frac{\varepsilon}{R_1} + \frac{\varepsilon}{R_2} = \varepsilon \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

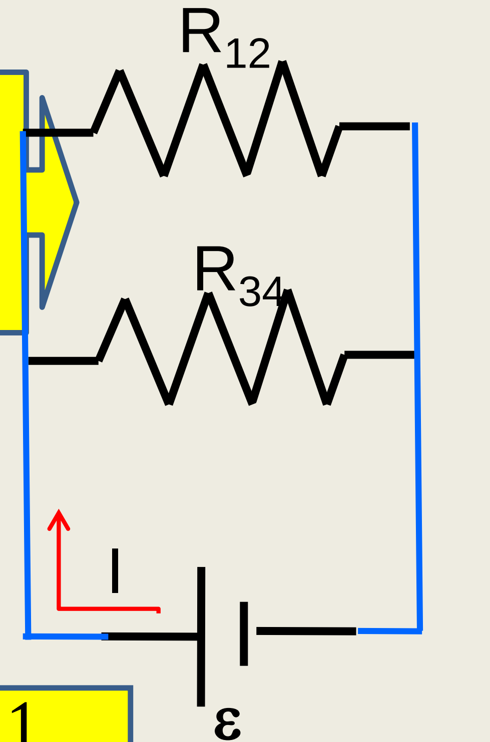
$$\therefore \boxed{\frac{1}{R_{equivalente}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

R_1 y R_2 en serie: $R_{12} = R_1 + R_2$

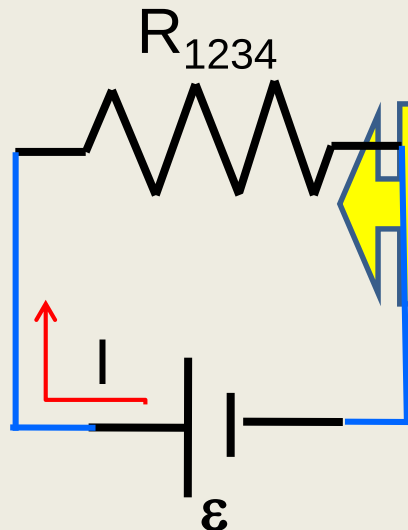
R_3 y R_4 en serie: $R_{34} = R_3 + R_4$



$$R_{12} = R_1 + R_2$$
$$R_{34} = R_3 + R_4$$

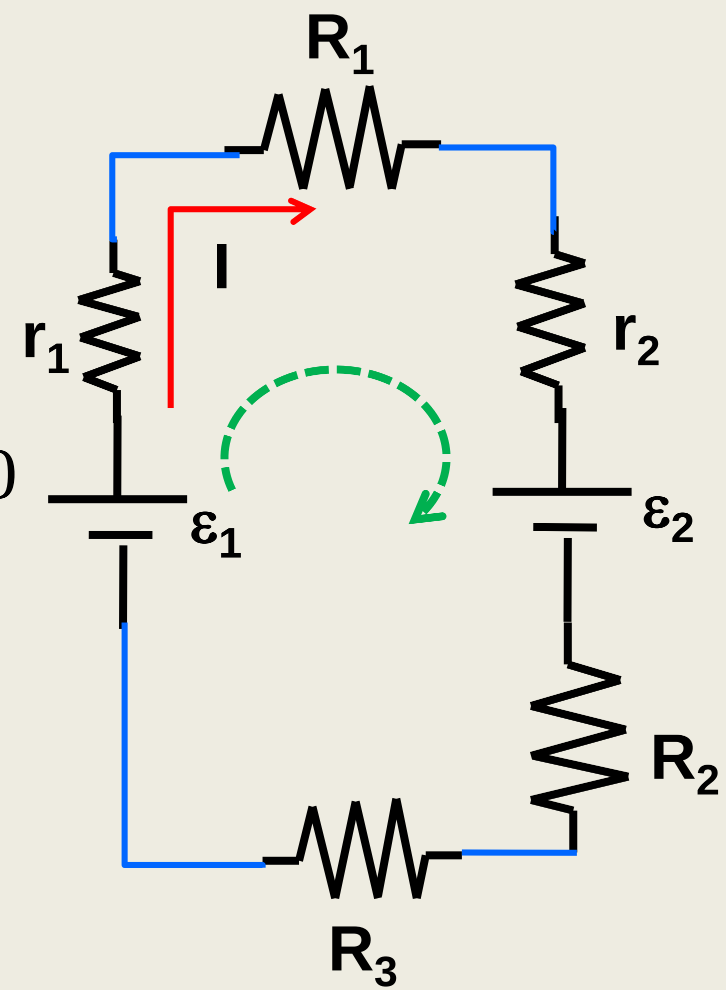


$$\frac{1}{R_{1234}} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_{34}}$$



No todo circuito de resistencias se puede poner como una combinación de conexión serie o paralelo, es decir, no se pueden reducir a un circuito con 1 fem y 1 resistencia, por ejemplo:

El circuito tiene 1 malla y ningún nodo, así que existe una sola corriente I que suponemos circula como muestra la flecha roja; aplicamos 1era regla K:



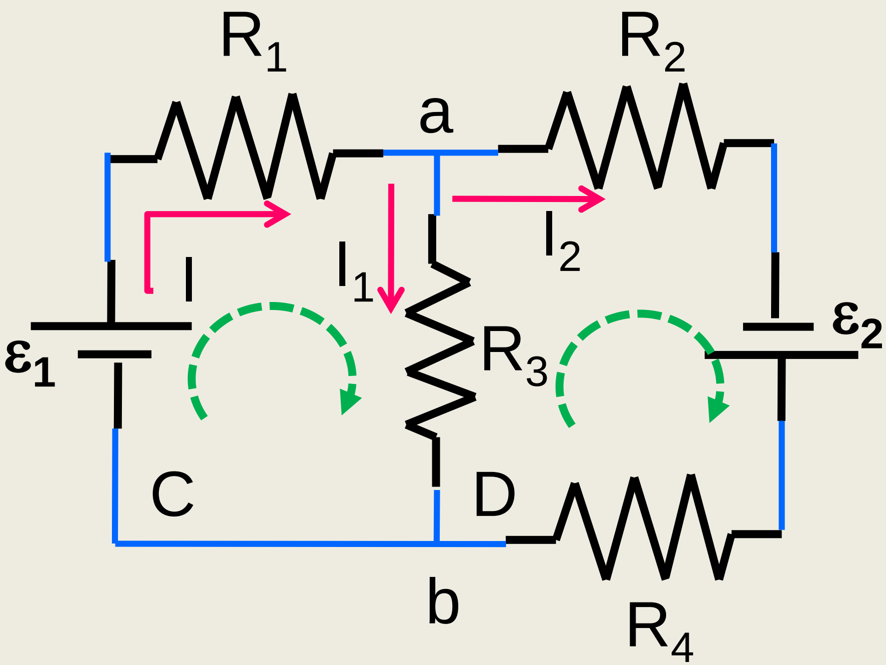
$$\sum \varepsilon_j - \sum I_j \; R_j = 0$$

$$\varepsilon_1 - I\, r_1 - I\, R_1 - I\, r_2 - \varepsilon_2 - I\, R_2 - I\, R_3 = 0$$

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = I\, r_1 + I\, R_1 + I\, r_2 + I\, R_2 + I\, R_3$$

$$\therefore \quad \boxed{I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{r_1 + R_1 + r_2 + R_2 + R_3}}$$

Si $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$ entonces $I < 0$, significa que la corriente circula en el sentido opuesto al que habíamos elegido



Este circuito presenta 3 mallas (C, B y malla grande) y 2 nodos (a, b). Dadas las fems y las resistencias, hallar los valores de las corrientes en las distintas ramas. Aplicamos 1era regla K a las mallas C y D y 2da regla K al nodo (a):

$$\left.\begin{aligned} &\text{malla C}: \; \varepsilon_1 - I\,R_1 - I_1\,R_3 = 0 \\ &\text{malla D}: \; \varepsilon_2 - I_2\,R_4 + I_1\,R_3 - I_2\,R_2 = 0 \\ &\text{nodo (a)}: \; I = I_1 + I_2 \end{aligned}\right\}$$

3 incógnitas: I, I_1, I_2
3 ecuaciones independientes

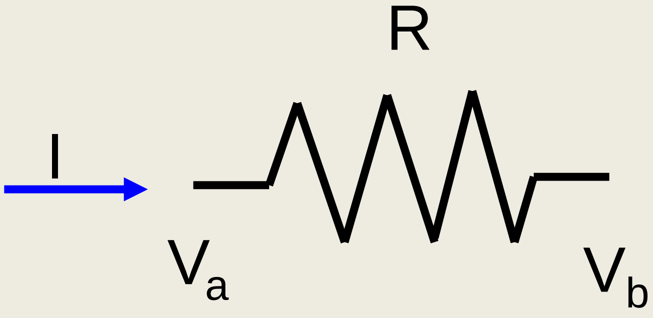
El signo + aparece por oposición entre sentido de recorrido y (supuesta) circulación de corriente

Potencia en un circuito de corriente continua

El trabajo total realizado sobre una carga q que atraviesa un elemento de circuito (en nuestro caso un resistencia), entre cuyos extremos existe una diferencia de potencial V_{ab} es:

$$W_{ab} = qV_{ab}; \quad I = \frac{dq}{dt}$$

$$\frac{dW}{dt} = \frac{dq}{dt} V_{ab} \Rightarrow P = I V_{ab}$$

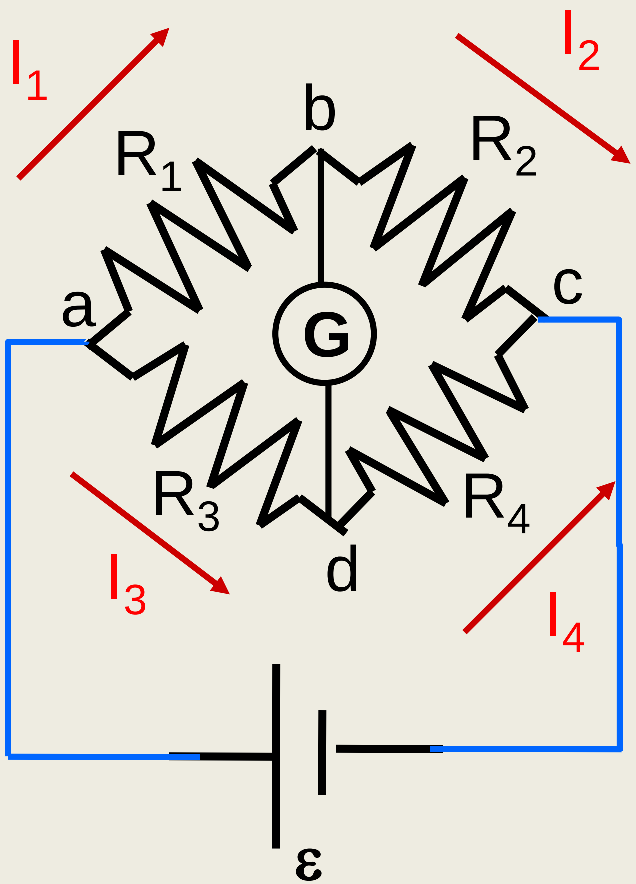


Ritmo al cual se entrega energía a un elemento de circuito

Si el elemento es una resistencia: $V_{ab} = I R$ entonces: $\mathbf{P = I^2 R}$

Prob P5 a P16
Práctica 6

Puente de Wheatstone (circuito de balance)



Este es un circuito parecido al de la filmina…., pero le imponemos la condición de que no circule corriente por el galvanómetro **(V_b=V_d).** ¿Qué relación deben cumplir las resistencias para que esto sea verdadero?

$$V_{ab} = V_{ad} \Rightarrow I_1\, R_1 = I_3\, R_3$$

$$V_{cb} = V_{cd} \Rightarrow I_2\, R_2 = I_4\, R_4$$

$$\text{Pero si}: V_b = V_d \Rightarrow I_1 = I_2 \quad \text{y} \quad I_3 = I_4$$

$$\therefore \text{ despejando y reemplazando}$$

$$\boxed{\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}}$$