

CORRIENTE CONTINUA

ÍNDICE

1. Introducción
2. Resistencia
3. Asociación de resistencias
4. Potencia eléctrica
5. Fuerza electromotriz
6. Leyes de Kirchhoff

BIBLIOGRAFÍA:

Cap. 25 del Tipler–Mosca, vol. 2, 5ª ed.
Caps. 27 y 28 del Serway–Jewett, vol. 2, 7ª ed.

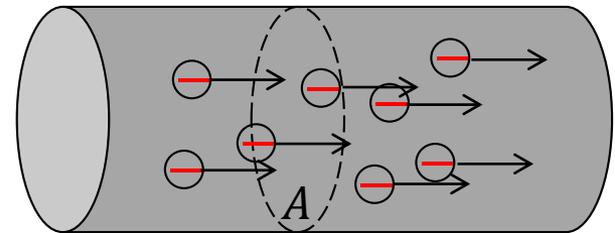
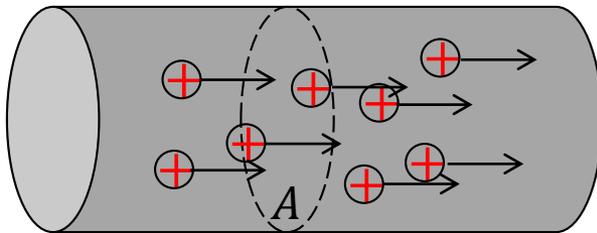
1. INTRODUCCIÓN

Se define la **corriente eléctrica** a través de una superficie como el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo a través de dicha superficie. Es necesario que existan cargas en movimiento para que se produzca corriente:

$$I = \frac{dQ(t)}{dt}$$

$$[I] = QT^{-1}$$

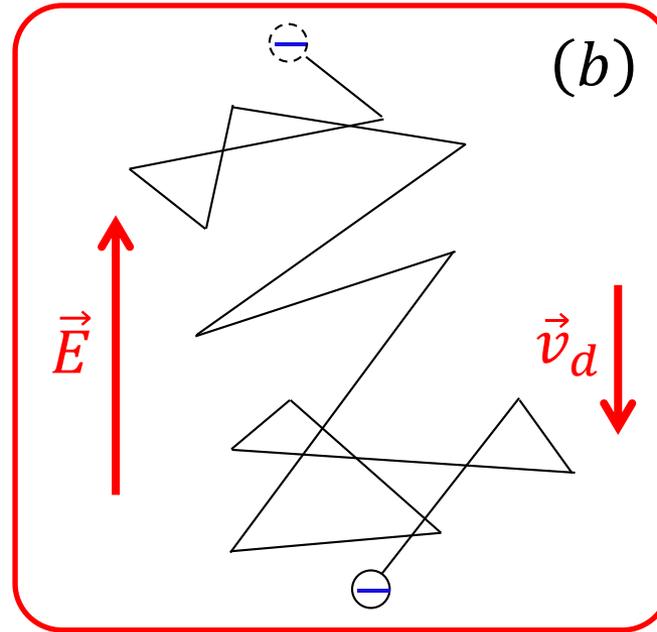
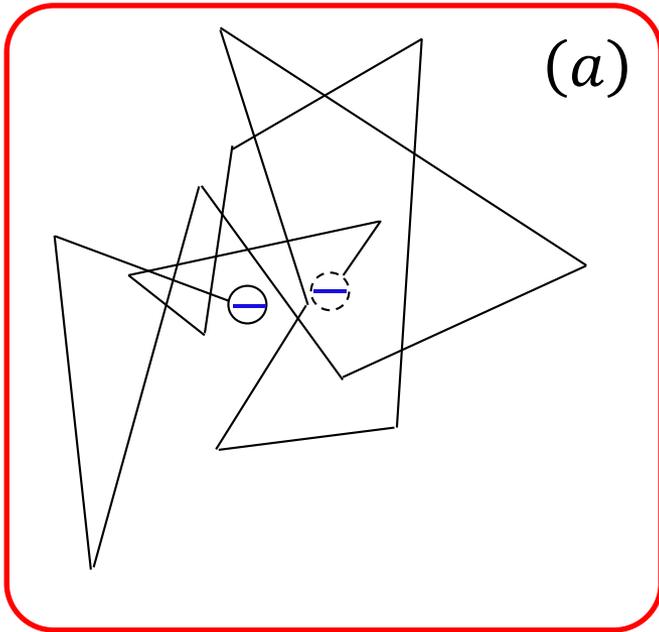
La unidad SI de intensidad de corriente eléctrica es el Amperio ($A = C/s$).



El sentido de la corriente eléctrica se toma como el de los portadores de carga positivos, de forma que si los portadores de carga son negativos, el sentido de la corriente será opuesto al de su movimiento.

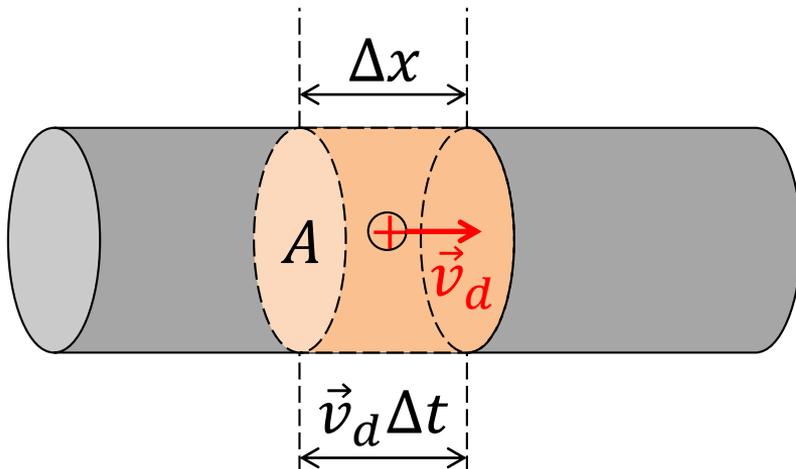
1. INTRODUCCIÓN

Velocidad de arrastre \vec{v}_d :



(a) Movimiento aleatorio de un portador de carga en ausencia de campo eléctrico.

(b) Movimiento aleatorio de un portador de carga en presencia de un campo eléctrico.



$$\begin{aligned}\Delta Q &= (nA\Delta x)q = \\ &= (nAv_d\Delta t)q\end{aligned}$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nAv_dq$$

n : Número de portadores por unidad de volumen.

q : Carga de cada portador.

1. INTRODUCCIÓN

Ejercicio

¿Cuál es la velocidad de arrastre de los electrones en un alambre de cobre de sección transversal $A = 2 \text{ mm}^2$ cuando por él circula una corriente de 5 A ? Supondremos que cada átomo de cobre aporta un electrón libre a la corriente. Densidad del cobre, $\rho_{Cu} = 8.9 \text{ g/cm}^3$. Masa molar del cobre, $m_{Cu} = 63.5 \text{ g/mol}$.

2. RESISTENCIA

Se define la **densidad de corriente** J , como la corriente por unidad de área:

$$J = \frac{dI}{dS} = nv_dq$$

$$[J] = \frac{[I]}{[L^2]} = QT^{-1}L^{-2}$$

La unidad SI de densidad de corriente es el Amperio por metro cuadrado (A/m^2).

Cuando se mantiene una diferencia de potencial a través de un conductor, se establece una densidad de corriente y un campo eléctrico. En algunos materiales, ambas cantidades son proporcionales:

$$J = \sigma E \quad \text{Ley de Ohm}$$

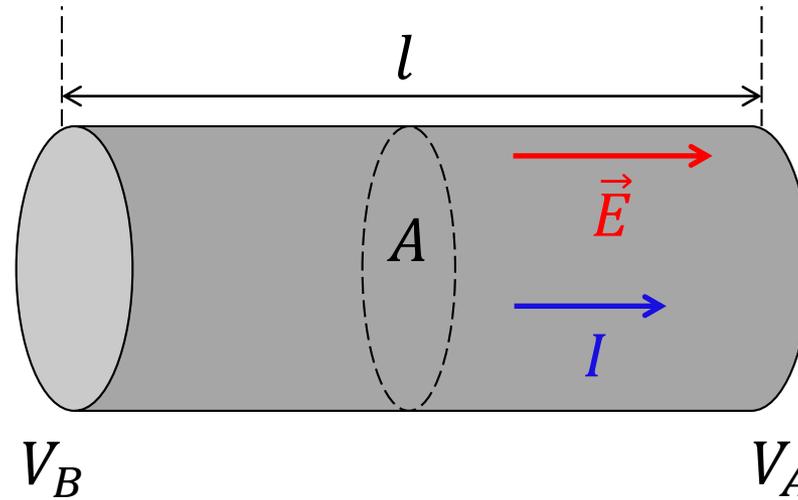
Siendo σ la conductividad del material conductor. Los materiales que siguen esta ley se denominan materiales óhmicos. Los que no la verifican se denominan materiales no óhmicos.

El recíproco de la conductividad es la resistividad: $\rho = \sigma^{-1}$.

$$[\sigma] = \frac{[J]}{[E]} = \frac{[I]}{[F]Q^{-1}} = QT^{-1}L^{-2}M^{-1}L^{-1}T^2Q = \frac{Q^2T}{ML^3} = \Omega^{-1}m^{-1}$$
$$[\rho] = [\sigma]^{-1} = \frac{ML^3}{Q^2T} = \Omega m$$

2. RESISTENCIA

Consideremos un segmento de alambre recto de sección uniforme con área A y longitud l :



Ley de Ohm
(versión simplificada)

$$\Delta V = V_B - V_A = - \int_A^B \vec{E} d\vec{x} = E \int_A^B dx = El$$

$$J = \sigma E = \sigma \frac{\Delta V}{l} \Rightarrow \Delta V = \frac{l}{\sigma} J = \frac{l}{\sigma A} I = RI \quad \left(R = \frac{l}{\sigma A} = \rho \frac{l}{A} \right)$$

$$[R] = \frac{[l]}{[\sigma][A]} = LQ^{-2}T^{-1}ML^3L^{-2} = ML^2Q^{-2}T^{-1}$$

La unidad SI de resistencia eléctrica es el Ohmio ($\Omega = V/A = kg \ m^2/s \ C^2$).

2. RESISTENCIA

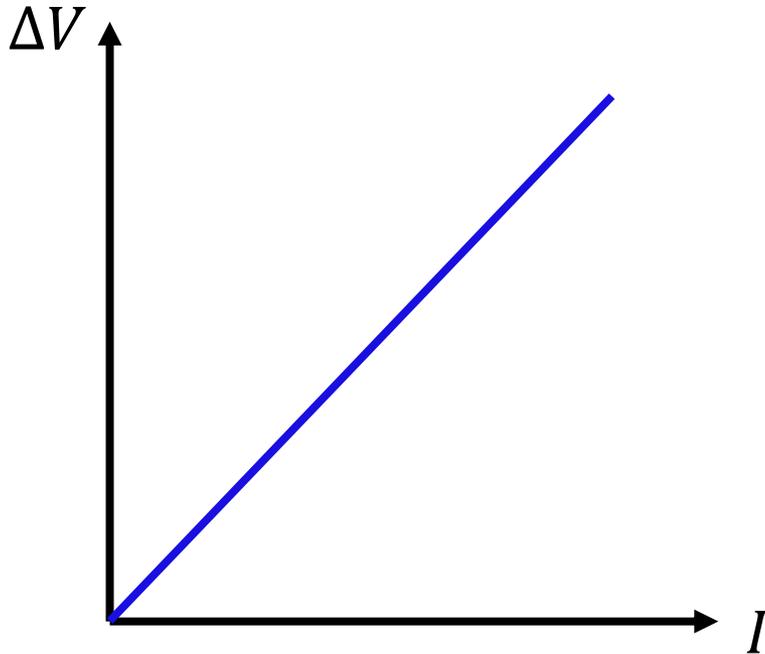
Resistividades ρ (a 20 °C) y coeficientes de temperatura α de diferentes materiales

Material	Resistividad (Ωm)	Coficiente de temperatura ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Plata	1.59×10^{-8}	3.8×10^{-3}
Cobre	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Oro	2.44×10^{-8}	3.4×10^{-3}
Aluminio	2.82×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Tungsteno	5.6×10^{-8}	4.5×10^{-3}
Hierro	10×10^{-8}	5×10^{-3}
Platino	11×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Plomo	22×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Carbono	3.5×10^{-5}	-0.5×10^{-3}
Germanio	0.46	-48×10^{-3}
Madera	$10^8 - 10^{10}$	
Vidrio	$10^{10} - 10^{14}$	
Azufre	10^{15}	

2. RESISTENCIA

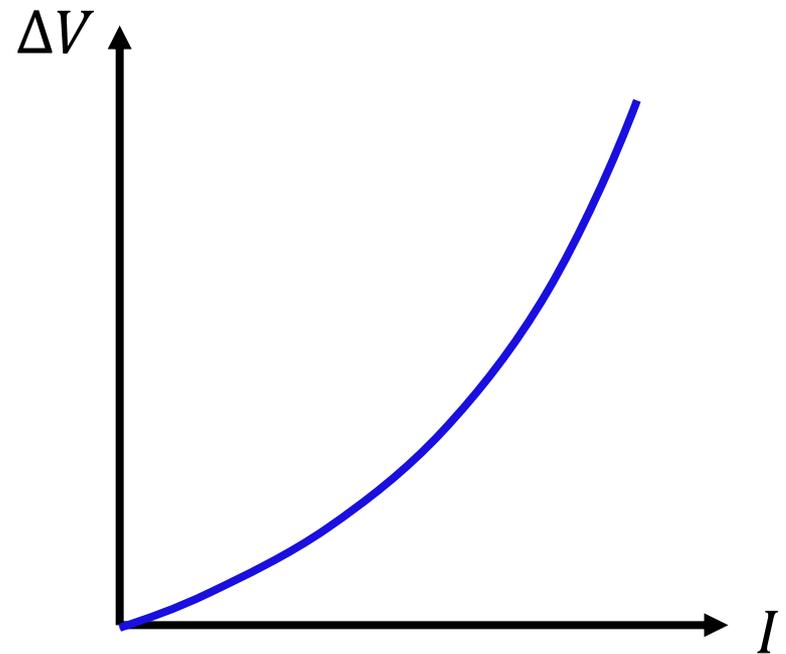
$$\Delta V = IR$$

Ley de Ohm



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

Materiales óhmicos: La resistencia R (pendiente de la recta) es independiente de I (y de ΔV).



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

Materiales no óhmicos: La resistencia R (pendiente de la curva) depende de I (y de ΔV).

2. RESISTENCIA

En intervalos limitados de temperaturas, la resistividad de un conductor varía de forma prácticamente lineal con la temperatura:

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

ρ : resistividad a una temperatura T .

ρ_0 : resistividad a una temperatura T_0 .

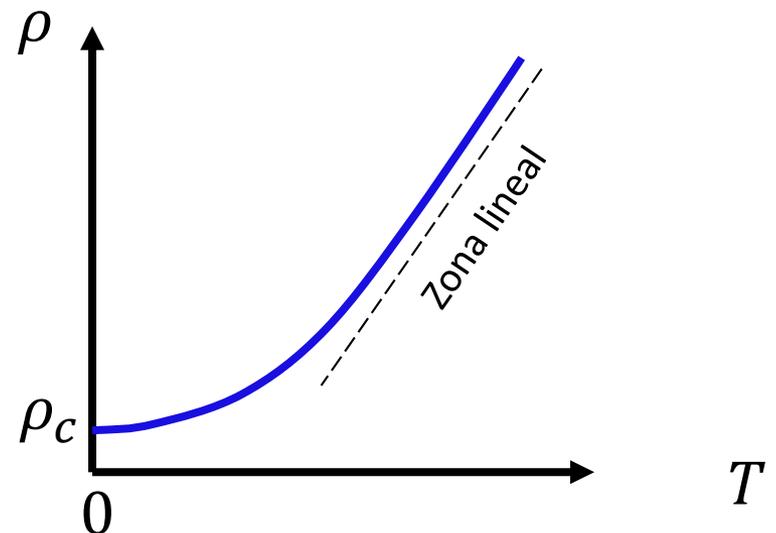
α : coeficiente de temperatura de la resistividad.

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \frac{\Delta\rho}{\Delta T}$$

$$R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

R : resistencia a una temperatura T .

R_0 : resistencia a una temperatura T_0 .



2. RESISTENCIA

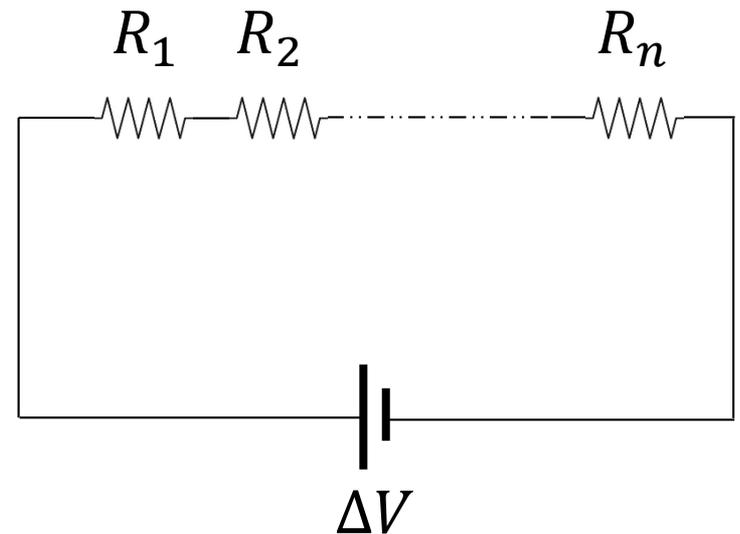
Ejercicio

Una varilla cilíndrica de tungsteno tiene una longitud de 1 m y un diámetro de 2 mm . ¿Cuál es su resistencia a 20 °C , 40 °C y 100 °C ?

3. ASOCIACIÓN DE RESISTENCIAS

Asociación de resistencias en serie: En este caso, por todas las resistencias circula la misma corriente $I_1 = I_2 = \dots = I_n = I$, mientras que la diferencia de potencial total aplicada, ΔV , se divide entre ellas:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \dots + \Delta V_n = \\ \quad = I_1 R_1 + I_2 R_2 + \dots + I_n R_n \\ \Delta V = I R_{eq} \end{array} \right.$$
$$\left\{ \begin{array}{l} I_1 R_1 + I_2 R_2 + \dots + I_n R_n = I R_{eq} \\ R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n \end{array} \right.$$



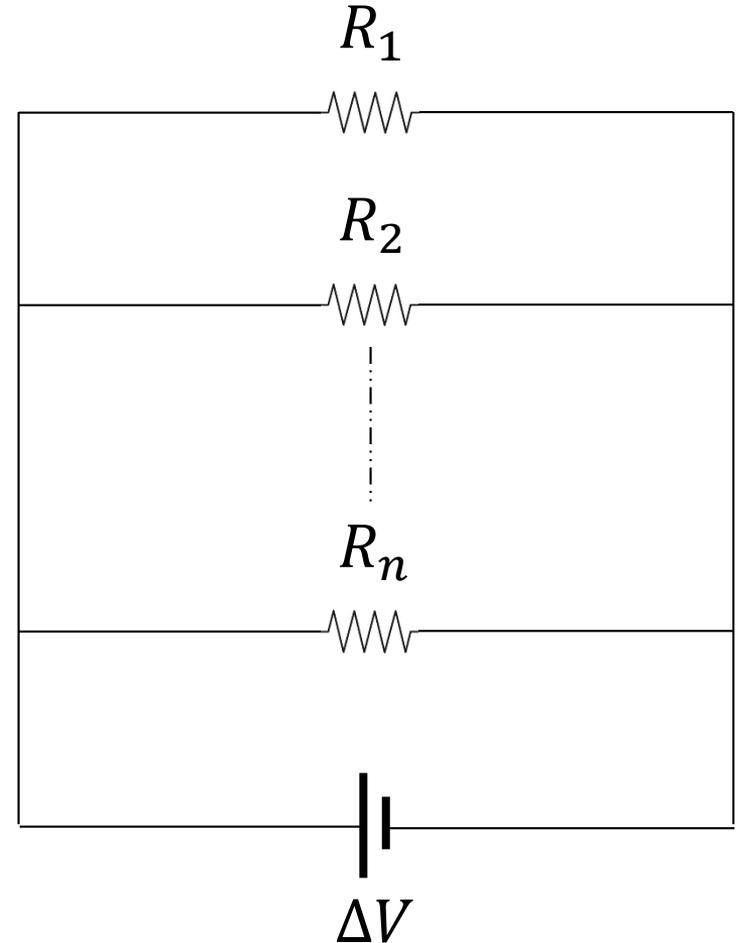
$$R_{eq} = \sum_i R_i = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

3. ASOCIACIÓN DE RESISTENCIAS

Asociación de resistencias en paralelo: En este caso, las diferencias de potencial a través de todas las resistencias es la misma $\Delta V_1 = \Delta V_2 = \dots = \Delta V_n = \Delta V$, mientras que la corriente total, I , se divide entre ellas:

$$\left\{ \begin{array}{l} I = I_1 + I_2 + \dots + I_n = \\ = \frac{\Delta V_1}{R_1} + \frac{\Delta V_2}{R_2} + \dots + \frac{\Delta V_n}{R_n} \\ I = \frac{\Delta V}{R_{eq}} \\ \frac{\Delta V_1}{R_1} + \frac{\Delta V_2}{R_2} + \dots + \frac{\Delta V_n}{R_n} = \frac{\Delta V}{R_{eq}} \\ \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \end{array} \right.$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_i \frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$



4. POTENCIA ELÉCTRICA

¿Qué le sucede a una carga cuando pasa del punto A , con potencial V_A , al punto B , con potencial V_B ?

$$U_A = qV_A$$

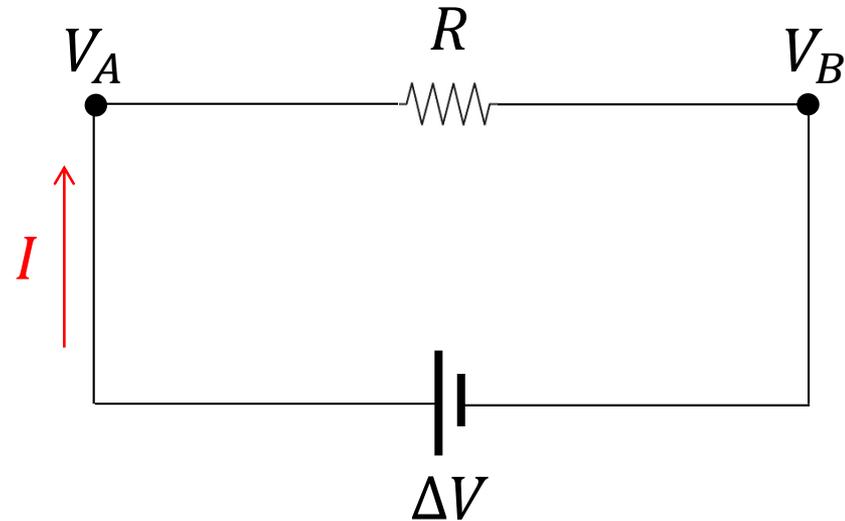
$$U_B = qV_B$$

La variación de energía potencial de la carga entre el punto A y el punto B , será:

$$\Delta U = U_B - U_A = q(V_B - V_A) = q\Delta V = qIR$$

La rapidez con la que el sistema pierde energía potencial es la derivada de la energía potencial con el tiempo:

$$\begin{aligned}\frac{dU}{dt} &= \frac{d}{dt}(q\Delta V) = I\Delta V \\ &= \frac{d}{dt}(qIR) = I^2R\end{aligned}$$



$$P = I\Delta V = I^2R = \Delta V^2/R$$

Calentamiento o efecto Joule

5. FUERZA ELECTROMOTRIZ

La fuerza electromotriz (*fem*, ε) de un generador o batería se puede definir como el trabajo por unidad de carga que la batería realiza al pasar por su interior la unidad de carga del polo negativo al polo positivo. Es el voltaje máximo posible que ésta puede suministrar entre sus bornes.

$$[\varepsilon] = \frac{[W]}{[Q]} = \frac{[F][L]}{[Q]} = ML^2T^{-2}C^{-1}$$

La unidad SI de fuerza electromotriz es el Voltio (V).

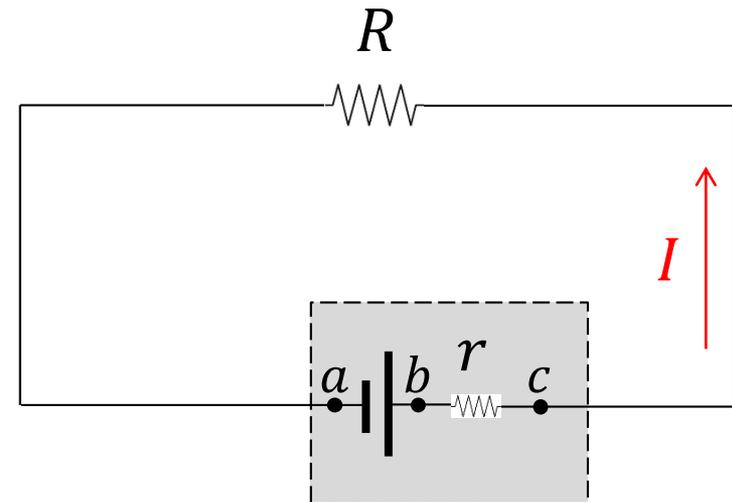
$$\varepsilon = V_b - V_a$$

$$\Delta V = V_c - V_a$$

$$\varepsilon = (V_c - V_a) + (V_b - V_c) = \Delta V + Ir$$

$$\varepsilon = \Delta V + Ir = I(R + r)$$

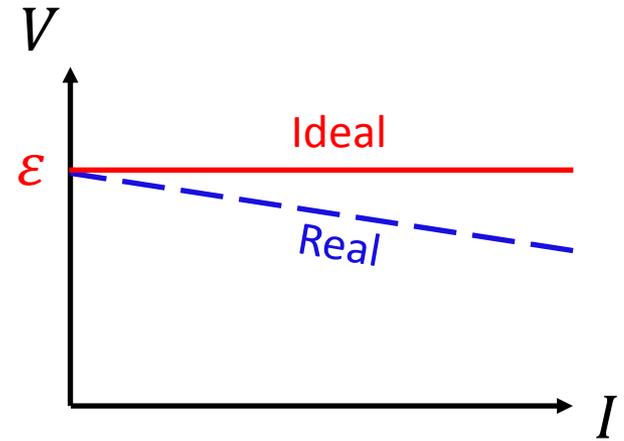
r : resistencia interna de la batería



5. FUERZA ELECTROMOTRIZ

Fuente de *fem* ideal: Mantiene constante la diferencia de potencial (que es igual a ε), independientemente de la corriente.

Fuente de *fem* real: La diferencia de potencial entre sus terminales disminuye con la corriente.



El rendimiento de un generador en un circuito se define como la razón entre la potencia útil y la potencia teórica:

$$\eta = \frac{\Delta VI}{\varepsilon I} = \frac{R}{R + r}$$

6. LEYES DE KIRCHHOFF

Las leyes de Kirchhoff se basan en la conservación de la carga (1ª Ley o Ley de los nodos) y de la energía (2ª Ley o Ley de las mallas) en circuitos eléctricos.

1ª Ley de Kirchhoff: En cualquier nodo, la suma de las corrientes que entran en ese nodo es igual a la suma de las corrientes que salen. De forma equivalente, la suma de todas las corrientes que pasan por el nodo es igual a cero:

$$\sum_{k=1}^n I_k = I_1 + I_2 + \dots + I_n = 0$$

2ª Ley de Kirchhoff: En un lazo cerrado, la suma de todas las caídas de tensión es igual a la tensión total suministrada. De forma equivalente, la suma de las diferencias de potencial eléctrico en un lazo es igual a cero:

$$\sum_{k=1}^n V_k = V_1 + V_2 + \dots + V_n = 0$$

6. LEYES DE KIRCHHOFF

Ejercicio

Calcular la corriente que circula por cada rama del circuito y la diferencia de potencial entre A y B .

