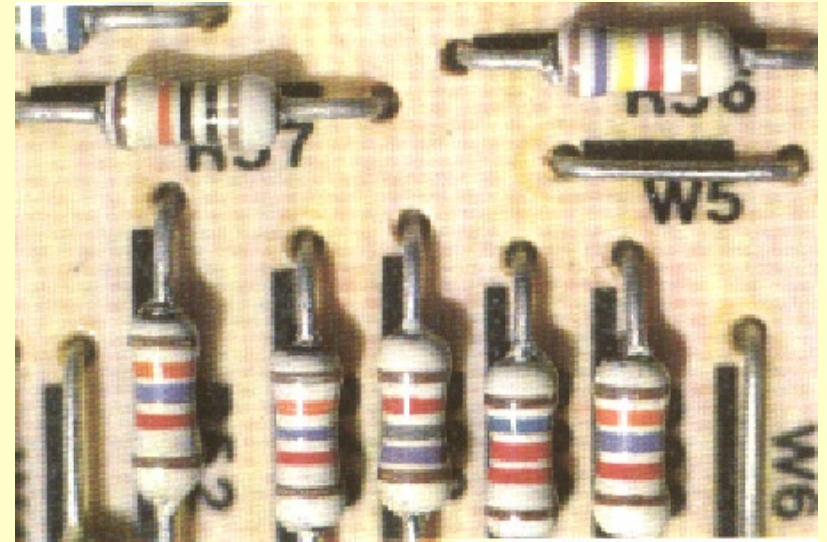


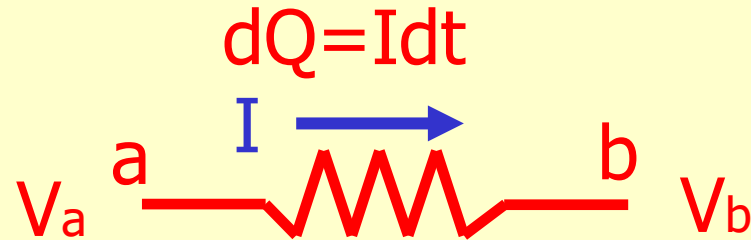
Lección 4: Energía y potencia. Circuitos de D.C.

- Efecto Joule. Descarga de un condensador.
- Circuitos de D.C. (corriente continua).
- Generadores y receptores lineales.
- Diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito. Ley de Pouillet.



Efecto Joule

- Sea una **resistencia** (corriente I del punto a al b). Sus terminales tienen potenciales V_a y V_b ($V_a > V_b$). Durante un tiempo dt , la carga que va desde a hasta b es:



La energía disipada por dQ en la resistencia es:

$$dU = dQ(V_a - V_b) = Idt(V_a - V_b)$$

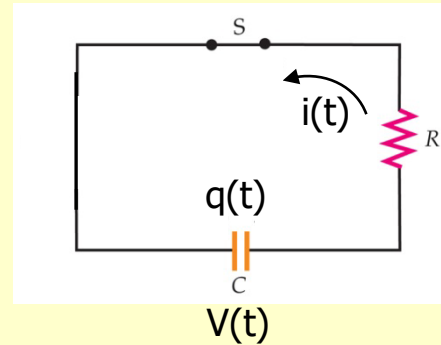
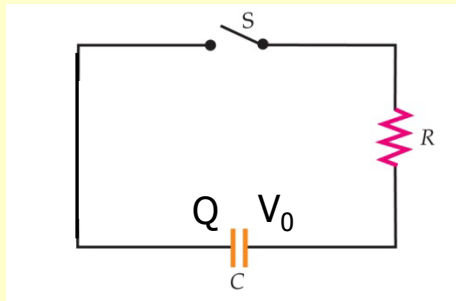
Y la **potencia** (energía por unidad de tiempo):

$$P = \frac{dU}{dt} = I(V_a - V_b) = IV = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

Esta energía se pierde por calentamiento en el conductor (**efecto Joule**) debido a las **colisiones** entre cargas y núcleos de los átomos del conductor.

Proceso de descarga de un condensador

- Si un condensador cargado se conecta a una resistencia, la energía almacenada en el condensador se pierde en la resistencia por efecto Joule:



$$i(t) = -\frac{dq(t)}{dt}$$

$$V(t) = \frac{q(t)}{C} = i(t)R$$

De estas ecuaciones:

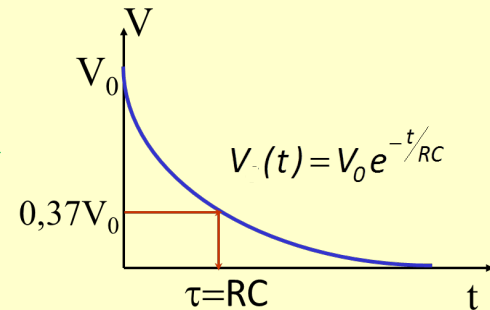
$$V(t) = \frac{q(t)}{C} = i(t)R \Rightarrow \frac{q(t)}{C} = -\left[\frac{dq(t)}{dt}\right]R \Rightarrow \frac{dq(t)}{q(t)} = -\frac{1}{RC}dt$$

Integrando entre $t=0$ ($Q=CV_0$) y un tiempo t :

$$\int_{CV_0}^{q(t)} \frac{dq(t)}{q(t)} = -\int_0^t \frac{1}{RC} dt \Rightarrow q(t) = V_0 C e^{-t/RC} \Rightarrow \boxed{V(t) = \frac{q(t)}{C} = V_0 e^{-t/RC}}$$

$$\tau = RC \quad \text{Constante de tiempos}$$

$$V(t = \tau) = 0,37V_0 \quad V(t = 5\tau) = 0,007V_0$$



Circuitos de corriente continua. D.C.

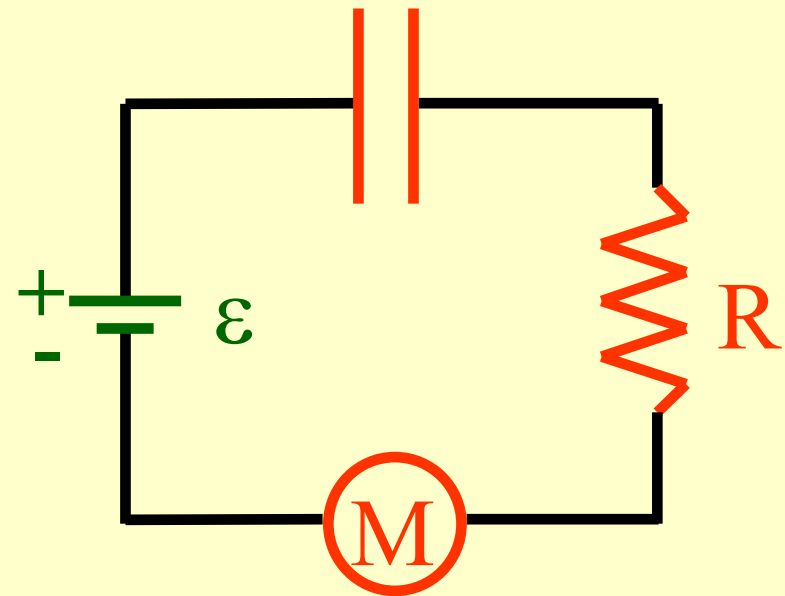
- Un circuito simple consiste en un **circuito cerrado** (un conductor sin resistencia) con unos elementos **suministrando potencia** al circuito (elementos activos) y otros **consumiendo potencia** del circuito (elementos pasivos).
- Los elementos suministradores de potencia se llaman **generadores**.
- Hay dos tipos de elementos que consumen potencia:
 - **Resistencias:** Convierten energía eléctrica en **calor** por efecto Joule.
 - **Receptores:** Convierten energía eléctrica en **cualquier otro tipo de energía distinta de calor** (mecánica, química,).

Circuitos de corriente continua. Introducción

- Todo circuito siempre debe cumplir el principio de conservación de la energía:

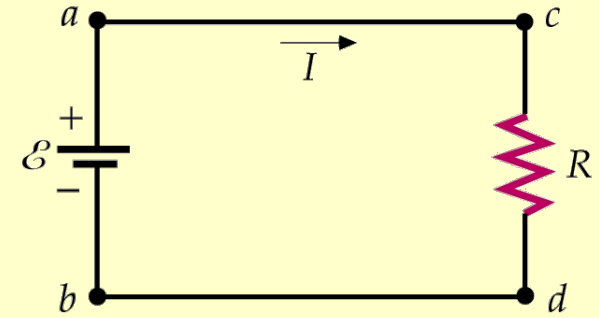
$$\text{Potencia generada} = \text{Potencia consumida}$$

- Un generador crea un campo eléctrico constante en el circuito, y por tanto una D.C.
- En algunos casos, un **generador** puede funcionar como un **receptor** (una batería) **dependiendo** de cómo está conectado en el circuito.



Generador ideal. Fem.

- El trabajo hecho por el generador por unidad de carga eléctrica que lo atraviesa se llama fuerza electromotriz (fem, ε) unidad: Voltio.



$$\varepsilon = \frac{dU}{dq}$$

Pero el trabajo hecho por unidad de carga es la diferencia de potencial (d.d.p.):

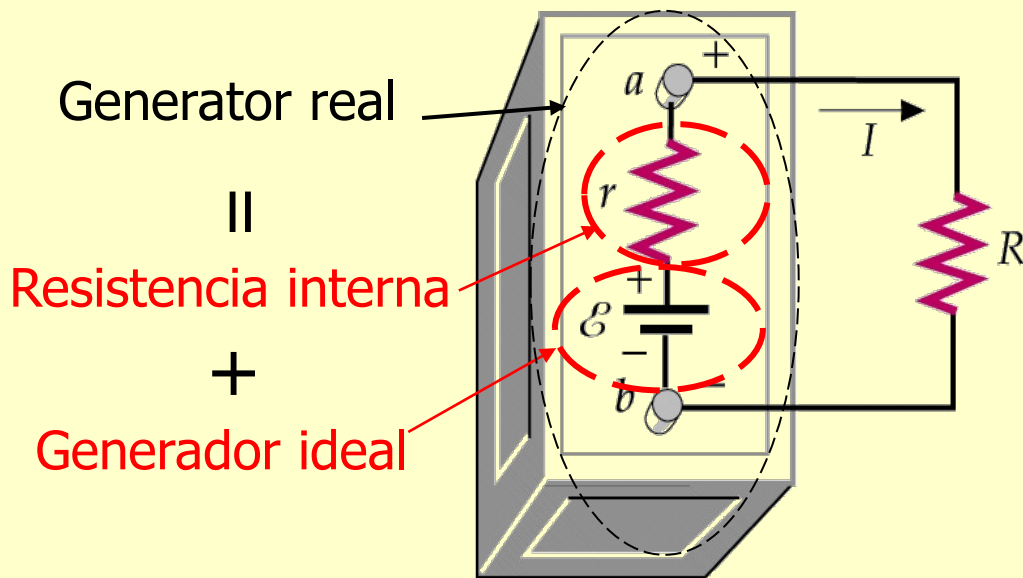
$$V_a - V_b = \varepsilon$$

- La potencia generada por el generador es:

$$P_g = \frac{dU}{dt} = \frac{dU}{dq} \frac{dq}{dt} = \varepsilon I$$

Generador real. Resistencia interna.

- En un **generador ideal**, toda la potencia generada (P_g) es suministrada al circuito (P_s), pero en la realidad, parte de esta potencia es consumida en el propio generador por efecto Joule (P_r). Esto se puede modelar **añadiendo una resistencia** al generador ideal, para convertirlo en un **Generador real**:



$$V_a - V_b = \varepsilon - Ir$$

$$\downarrow \times I$$

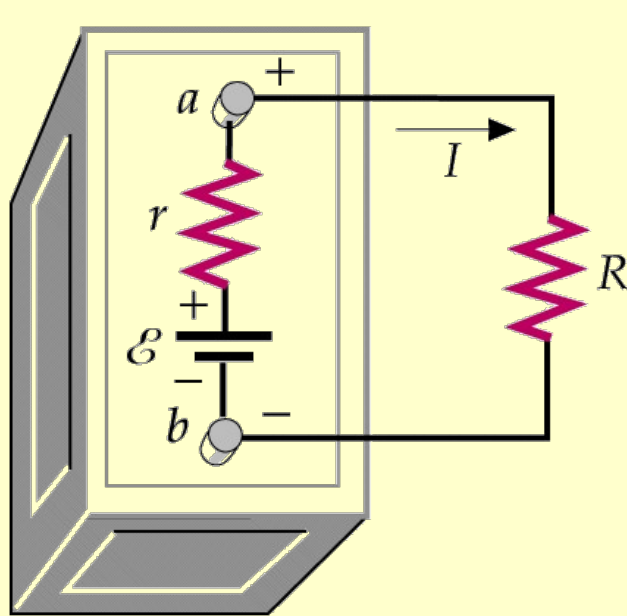
$$(V_a - V_b)I = \varepsilon I - I^2 r$$

$$\downarrow$$

$$P_s = P_g - P_r$$

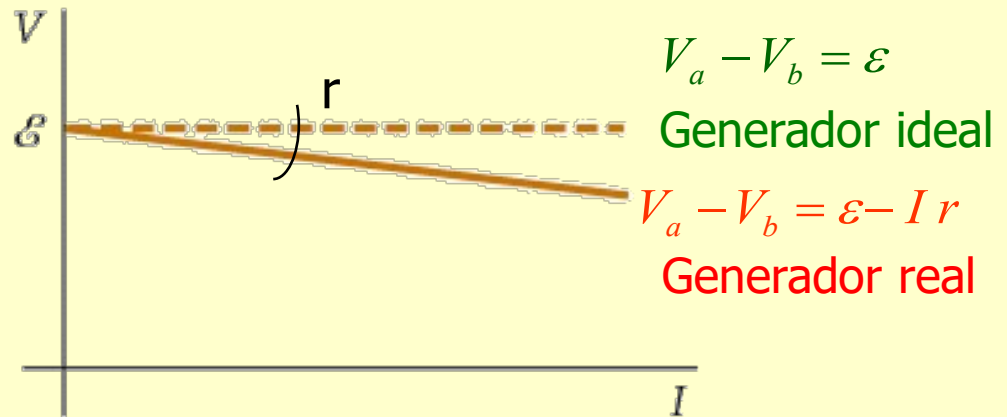
Generador lineal

- En un Generador, la corriente debe entrar por el borne negative, y salir por el positivo. De este modo, las cargas aumentan su potencial eléctrico y pueden transferir energía a los receptores.



$$V_a > V_b$$

$$V_a - V_b = \varepsilon - I r$$



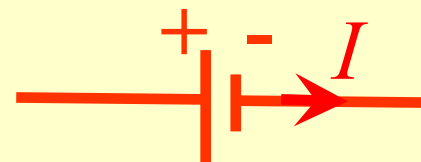
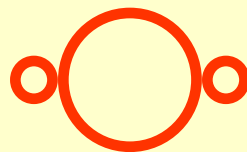
ε y r : características de un generador lineal

Receptor lineal. Fcem

- Un **receptor** convierte energía eléctrica en **cualquier clase de energía distinta de calor**. (Por ejemplo, un motor eléctrico, una celda electrolítica, una batería cargándose.....).

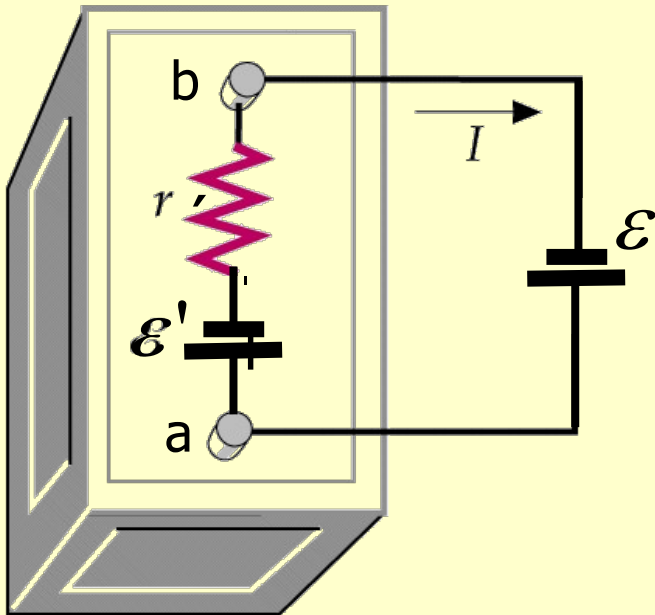
- La **energía transformada** en energía distinta de calor por **unidad de carga eléctrica** que atraviesa el receptor es la **fuerza contraelectromotriz (cemf, ε')**:
$$\varepsilon' = \frac{dU}{dq}$$

- La **potencia transformada** por el receptor es:
$$P_t = \frac{dU}{dt} = \frac{dU}{dq} \frac{dq}{dt} = \varepsilon' I$$



Receptor lineal. Resistencia interna

- Igual que los generadores, **los receptores reales también presentan efecto Joule**, y se modeliza mediante una resistencia interna (r'):



$$\begin{aligned} V_a - V_b &= \mathcal{E}' + Ir' \\ &\quad \downarrow \times I \\ (V_a - V_b)I &= \mathcal{E}'I + I^2r' \\ &\quad \downarrow \\ P_c &= P_t + P_{r'} \end{aligned}$$

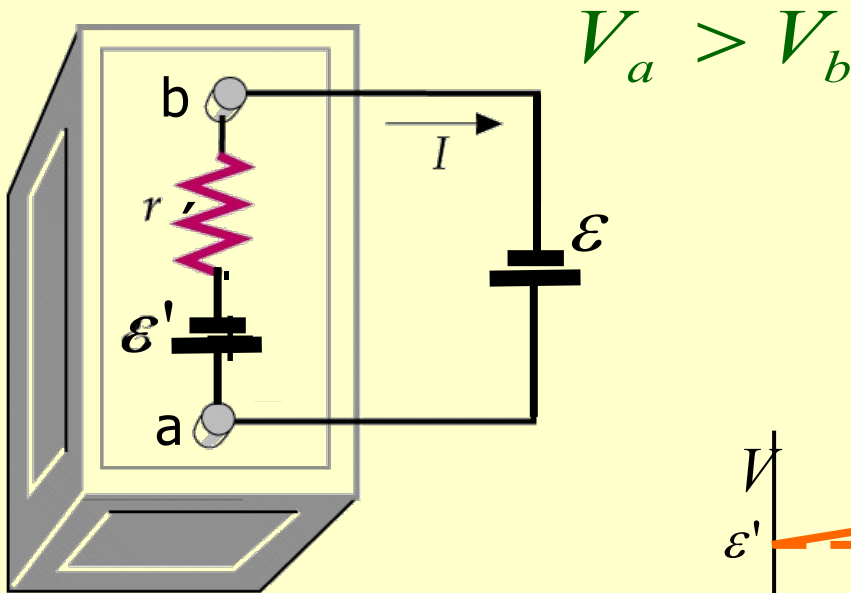
P_c es la potencia consumida por el receptor

P_t es la potencia transformada por el receptor

$P_{r'}$ es la potencia perdida por efecto Joule en r'

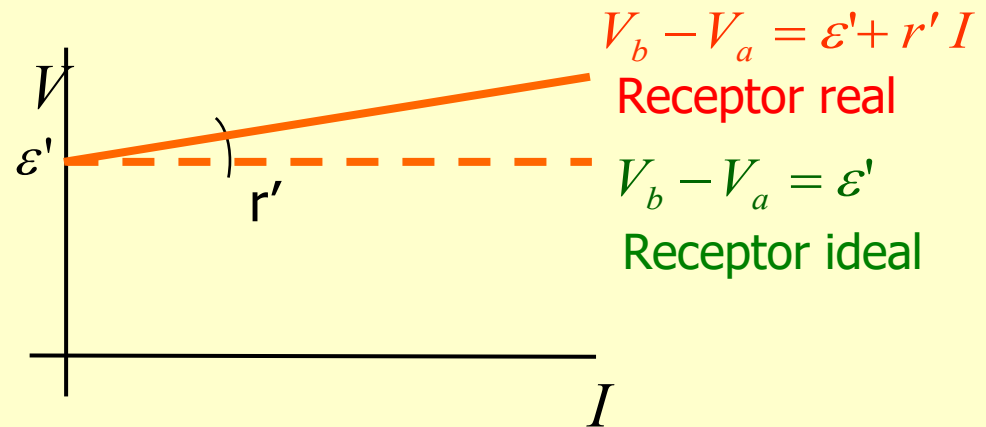
Receptor lineal

- En un receptor, la corriente debe entrar por el borne positivo y salir por el negativo. Así, las cargas pierden potencial, transformando energía eléctrica en mecánica, química, etc.



$$V_a - V_b = \mathcal{E}' + I r'$$

\mathcal{E}' and r' son las características de un receptor lineal



Rendimiento de generadores y receptores

- El **rendimiento** (η) de un **generador** se define como el **cociente entre las potencias suministrada y generada**:

$$\eta = \frac{P_s}{P_g} \leq 1$$

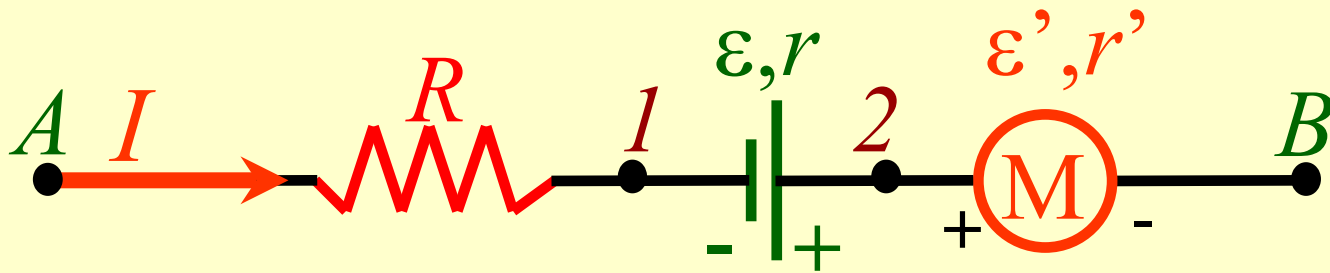
- El **rendimiento** (η') de un **receptor** se define como el **cociente entre las potencias transformada y consumida**:

$$\eta' = \frac{P_t}{P_c} \leq 1$$

- η y η' son **adimensionales**, y se miden como un **%**.
- η y η' están relacionadas con la **energía** perdida por efecto **Joule**.
- Para **generadores y receptores ideales**, $\eta = \eta' = 1$

Diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito

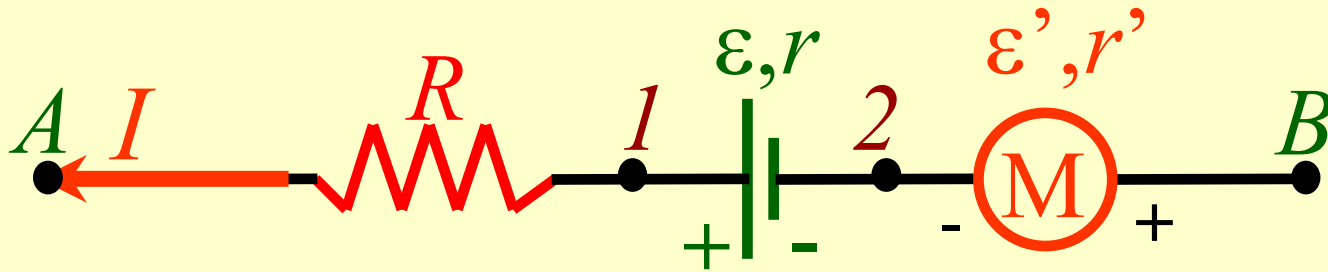
- La caída de potencial entre dos puntos A y B de un circuito (d.d.p.) puede calcularse sumando la ddp en cada uno de los elementos del circuito entre A and B:



$$V_A - V_B = I(R + r + r') - \mathcal{E} + \mathcal{E}'$$

Diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito

- Otro ejemplo:



$$V_A - V_B = -I(R + r + r') + \varepsilon - \varepsilon'$$

Diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito. Regla general.

$$V_A - V_B = \sum RI - \sum (\varepsilon + \varepsilon')$$

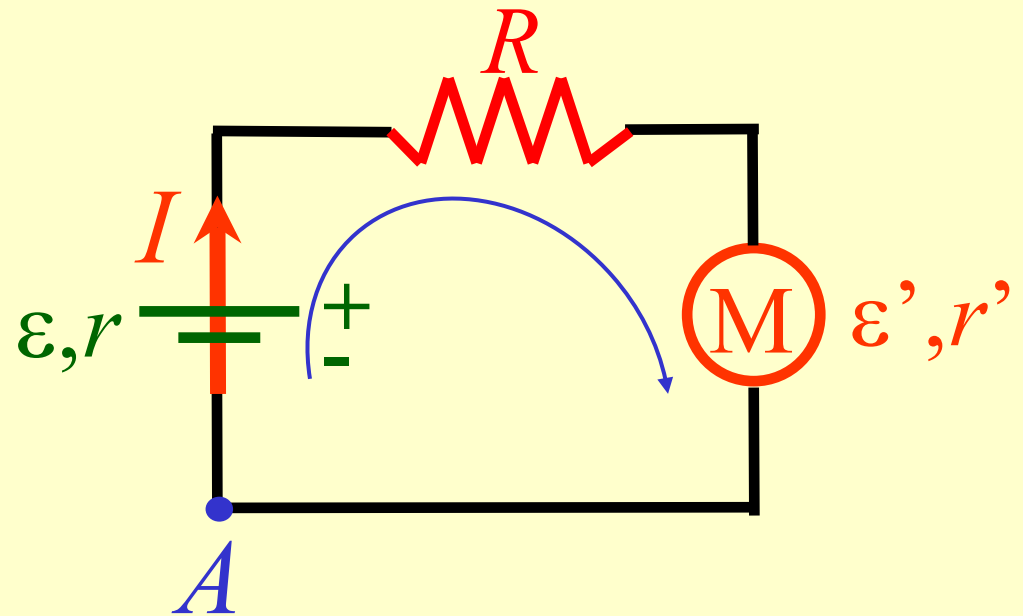
- Nos **movemos desde A hasta B** a lo largo de un camino.
- **I es positiva si va de A a B. Negativa si va de B a A.**
- Todas las **resistencias (R)** entre A y B son **positivas**.
- Las fuerzas **electromotrices y contraelectromotrices** (ε y ε') tienen el mismo **signo** que el **terminal de ese elemento más próximo a B**.

CUIDADO: La dirección para ir de A a B es la que determina todos los signos.

CUIDADO: La polaridad de los receptores debe estar de acuerdo con la dirección de la corriente. Un receptor no puede trabajar como generador, pero un generador puede hacerlo como receptor (i.e cargando una batería).

Ley de Pouillet

- Sea un circuito simple, un punto A y una dirección dada para I.
- La dirección de la intensidad es la que determina todos los signos:



Pouillet's law

$$V_A - V_A = 0 = I \sum R - \sum (\varepsilon + \varepsilon') \Rightarrow I = \frac{\sum (\varepsilon + \varepsilon')}{\sum R}$$

CUIDADO: Si I resulta negativa:

- Si no hay ningún receptor en el circuito, I es la intensidad calculada pero con dirección opuesta a la tomada.
- Si hay receptores en el circuito, debemos cambiar la dirección de I y recalcularla.