



## Bloque I: Electricidad

## Bloque II: Magnetismo

## Bloque III: Ondas y Óptica

## Tema 1. Electrostática en el vacío

- 1.1. Carga eléctrica
- 1.2. Ley de Coulomb
- 1.3. Campo eléctrico
- 1.4. Energía electrostática y potencial eléctrico
- 1.5. Campo y potencial creado por una distribución de carga
- 1.6. Flujo eléctrico. Teorema de Gauss

## Tema 2. Electrostática en la materia

- 2.1. Conductores en equilibrio electrostático
- 2.2. Condensadores. Capacidad y energía electrostática
- 2.3. Dieléctricos. Polarización. Teorema de Gauss generalizado

## Tema 3. Corriente eléctrica

- 3.1. Intensidad de corriente
- 3.2. Ley de Ohm. Resistencia eléctrica
- 3.3. Potencia. Ley de Joule
- 3.4. Fuerza electromotriz
- 3.5. Asociación de resistencias
- 3.6. Leyes de Kirchhoff
- 3.7. Circuitos RC. Transitorios



## Corriente eléctrica continua y estacionaria

Empezamos el estudio de cargas en movimiento

Para que haya corriente eléctrica debe haber movimiento de carga a través de una región del espacio

Ejemplos

Corriente en un circuito

Tubo de rayos catódicos

Rayo

Acelerador de partículas

Tipos de corriente:

Continua



Sentido no cambia (Batería)

Alterna



Sentido cambia (Dinamo)

¿Qué pasa al cerrar un circuito?

1. Muchas magnitudes empiezan a cambiar (transitorio)
2. Se alcanza el estado estacionario

La carga que se tenía que acumular ya lo ha hecho

La corriente es constante en el tiempo (estacionaria)

Estudiaremos la corriente **continua** y **estacionaria** en circuitos



## Bloque I: Electricidad

## Bloque II: Magnetismo

## Bloque III: Ondas y Óptica

## Tema 1. Electrostatica en el vacío

- 1.1. Carga eléctrica
- 1.2. Ley de Coulomb
- 1.3. Campo eléctrico
- 1.4. Energía electrostática y potencial eléctrico
- 1.5. Campo y potencial creado por una distribución de carga
- 1.6. Flujo eléctrico. Teorema de Gauss

## Tema 2. Electrostatica en la materia

- 2.1. Conductores en equilibrio electrostático
- 2.2. Condensadores. Capacidad y energía electrostática
- 2.3. Dieléctricos. Polarización. Teorema de Gauss generalizado

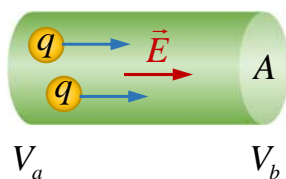
## Tema 3. Corriente eléctrica

- 3.1. Intensidad de corriente**
- 3.2. Ley de Ohm. Resistencia eléctrica
- 3.3. Potencia. Ley de Joule
- 3.4. Fuerza electromotriz
- 3.5. Asociación de resistencias
- 3.6. Leyes de Kirchhoff
- 3.7. Circuitos RC. Transitorios



## Corriente eléctrica

¿Qué pasa si colocamos los extremos de un conductor a diferente potencial?



PENSAR: Diferencias con equilibrio electrostático

¿Cuánta carga pasa por A?

$\Delta Q$  → Carga que atraviesan el área  $A$  en un tiempo  $\Delta t$

**Definición: Intensidad de corriente:** Cuánta carga atraviesa una superficie por unidad de tiempo

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

**Escalar!**

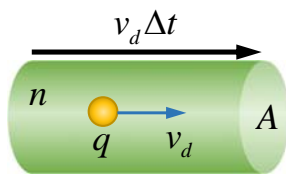
Unidad de intensidad de corriente: Amperio, A (C/s)

Por convención, se toma como sentido de la corriente **el de las cargas positivas**

Aunque muchas veces, las cargas que en realidad se mueven son negativas (los electrones)

## Relación entre corriente y velocidad de las cargas

**Definición:** Densidad de portadores de carga,  $n$ : Número de partículas libres portadoras de carga, por unidad de volumen ( $\text{m}^{-3}$ )



$$\text{Carga} = q \times \text{N}^\circ \text{ de cargas} \longrightarrow \Delta Q = qnAv_d\Delta t$$

$$\text{N}^\circ \text{ de cargas} = n \times \text{Volumen} \longrightarrow nAv_d\Delta t$$

$$\text{Volumen} = A \times \text{Distancia} \longrightarrow Av_d\Delta t$$

$$\text{Distancia} \longrightarrow v_d\Delta t$$

¿Intensidad?

Así, la intensidad de corriente se puede escribir como:  $I = \left| \frac{\Delta Q}{\Delta t} \right| = |q|nAv_d$

**Definición:** Densidad de corriente,  $\vec{J}$ : Carga que circula por un conductor por unidad de área y por unidad de tiempo. **Vector**. Unidades:  $\text{A/m}^2$

$$I = \int_S \vec{J} \cdot d\vec{A}$$

Si el conductor es rectilíneo y homogéneo, aproximamos:

$$I = \int_S \vec{J} \cdot d\vec{A} = J \int_S dA = JA \longrightarrow J = \frac{I}{A} = |q|nv_d \longrightarrow \boxed{\vec{J} = qn\vec{v}_d}$$

$q > 0 \longrightarrow \vec{J}$  dirección de  $\vec{v}_d$   
 $q < 0 \longrightarrow \vec{J}$  contraria a  $\vec{v}_d$

$\vec{J}$  va siempre en la dirección del campo eléctrico

5

### Bloque I: Electricidad

### Bloque II: Magnetismo

### Bloque III: Ondas y Óptica

#### Tema 1. Electrostatica en el vacío

- 1.1. Carga eléctrica
- 1.2. Ley de Coulomb
- 1.3. Campo eléctrico
- 1.4. Energía electrostática y potencial eléctrico
- 1.5. Campo y potencial creado por una distribución de carga
- 1.6. Flujo eléctrico. Teorema de Gauss

#### Tema 2. Electrostatica en la materia

- 2.1. Conductores en equilibrio electrostático
- 2.2. Condensadores. Capacidad y energía electrostática
- 2.3. Dieléctricos. Polarización. Teorema de Gauss generalizado

#### Tema 3. Corriente eléctrica

- 3.1. Intensidad de corriente
- 3.2. Ley de Ohm. Resistencia eléctrica
- 3.3. Potencia. Ley de Joule
- 3.4. Fuerza electromotriz
- 3.5. Asociación de resistencias
- 3.6. Leyes de Kirchhoff
- 3.7. Circuitos RC. Transitorios

6

## Ley de Ohm

¿Cómo depende  $\vec{J}$  de  $\vec{E}$ ?

En general, va a ser complejo:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Dependerá de cómo sea } \vec{E} \\ \text{Dependerá de cómo se comporte el material conductor} \end{array} \right.$

PERO: muchos conductores se comportan de forma lineal con  $\vec{E}$  :

Cumplen la **LEY DE OHM**:  $\vec{J} = \sigma \vec{E}$  (Ley que se encuentra experimentalmente)

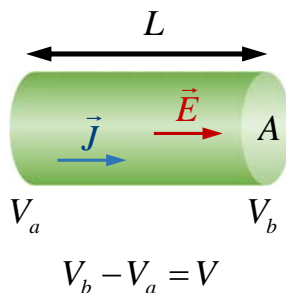
A la constante de proporcionalidad  $\sigma$  (la pendiente de la recta) la llamamos **conductividad eléctrica**

A veces conviene usar la inversa:  $\rho = \frac{1}{\sigma}$ , que llamamos **resistividad**

PENSAR: Al aplicar un campo a una carga, ¿se mueve con velocidad constante?

BUSCAR: Velocidad terminal

## Reformulación de la Ley de Ohm en términos de $I$ y $V$



Tomando  $E$  constante:  $V = EL \rightarrow E = \frac{V}{L}$

Por la Ley de Ohm  $J$  también será constante:  $I = JA \rightarrow J = \frac{I}{A}$

$$J = \sigma E = \frac{E}{\rho} \rightarrow \frac{I}{A} = \frac{V}{\rho L} \rightarrow I = \frac{VA}{L\rho} = \frac{V}{L\rho/A} \equiv \frac{V}{R}$$

$$V = IR$$

**LEY DE OHM CIRCUITAL**

**Definición: Resistencia:** Factor de proporcionalidad entre la corriente que circula por un conductor y el voltaje aplicado al mismo.

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

$\xrightarrow{\text{Longitud}}$   
 $\xrightarrow{\text{Sección}}$   
 $\xrightarrow{\text{Resistividad}}$

Unidades:

$R$  : Ohmios ( $\Omega$ )

$\rho$  : Ohmios·metro ( $\Omega \cdot m$ )

$\sigma$  : Siemens (S), ( $\Omega \cdot m$ )<sup>-1</sup>

La Ley de Ohm es **empírica**, y no se cumple siempre. Ejemplos de excepciones:

Materiales no óhmicos  $J \not\propto E$

Dependencia de  $\rho$  con la temperatura  $\rho = f(T)$

## Bloque I: Electricidad

## Bloque II: Magnetismo

## Bloque III: Ondas y Óptica

## Tema 1. Electrostatica en el vacío

- 1.1. Carga eléctrica
- 1.2. Ley de Coulomb
- 1.3. Campo eléctrico
- 1.4. Energía electrostática y potencial eléctrico
- 1.5. Campo y potencial creado por una distribución de carga
- 1.6. Flujo eléctrico. Teorema de Gauss

## Tema 2. Electrostatica en la materia

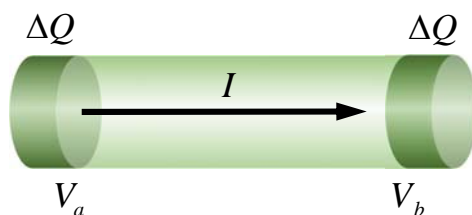
- 2.1. Conductores en equilibrio electrostático
- 2.2. Condensadores. Capacidad y energía electrostática
- 2.3. Dieléctricos. Polarización. Teorema de Gauss generalizado

## Tema 3. Corriente eléctrica

- 3.1. Intensidad de corriente
- 3.2. Ley de Ohm. Resistencia eléctrica
- 3.3. Potencia. Ley de Joule
- 3.4. Fuerza electromotriz
- 3.5. Asociación de resistencias
- 3.6. Leyes de Kirchhoff
- 3.7. Circuitos RC. Transitorios

## Potencia. Ley de Joule

¿Qué energía pierde una carga  $\Delta Q$  al pasar de un potencial  $V_a$  a uno menor,  $V_b$ ?



$$P = (V_b - V_a)I \rightarrow \boxed{P = VI}$$

Unidades S.I.: Vatios (W) (J/s)

Energía perdida por las cargas por unidad de tiempo



Potencia utilizada para realizar un trabajo

Potencia disipada como calor

**Definición: Efecto Joule:** Mecanismo mediante el cual, al atravesar una resistencia, la energía potencial eléctrica de las cargas de un conductor se convierte en calor, que incrementa la temperatura.

Usando que  $V = IR \rightarrow$

$$\boxed{P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R}}$$

**Ley de Joule**

## Bloque I: Electricidad

## Bloque II: Magnetismo

## Bloque III: Ondas y Óptica

## Tema 1. Electrostatica en el vacío

- 1.1. Carga eléctrica
- 1.2. Ley de Coulomb
- 1.3. Campo eléctrico
- 1.4. Energía electrostática y potencial eléctrico
- 1.5. Campo y potencial creado por una distribución de carga
- 1.6. Flujo eléctrico. Teorema de Gauss

## Tema 2. Electrostatica en la materia

- 2.1. Conductores en equilibrio electrostático
- 2.2. Condensadores. Capacidad y energía electrostática
- 2.3. Dieléctricos. Polarización. Teorema de Gauss generalizado

## Tema 3. Corriente eléctrica

- 3.1. Intensidad de corriente
- 3.2. Ley de Ohm. Resistencia eléctrica
- 3.3. Potencia. Ley de Joule
- 3.4. Fuerza electromotriz
- 3.5. Asociación de resistencias
- 3.6. Leyes de Kirchhoff
- 3.7. Circuitos RC. Transitorios

PREGUNTA: ¿Quién era Sísifo?

11

Fuerza electromotriz (*fem*)

**Definición: Fuente de *fem*:** Dispositivo capaz de suministrar energía eléctrica.

A pesar de su nombre, no suministra fuerza, sino **energía**

Fuente de fem aumenta la energía potencial eléctrica de las cargas

Ejemplos:

{	Batería (pila)	→ Energía química	→ Energía eléctrica
	Generador (dinamo)	→ Energía mecánica	→ Energía eléctrica

**Definición: Fuerza electromotriz (*fem*):** Energía suministrada por unidad de carga.

Unidades: Voltios (V)

**Circuito básico:**  $I$  es constante (carga se conserva)

**PERO:** ¿y el potencial? (pensar en energía gravitatoria)

## Batería ideal

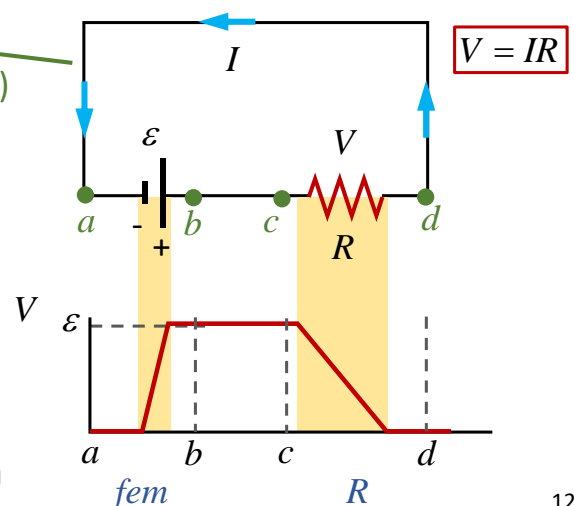
Mantiene fem independientemente de  $I$ 

$$V_b = V_c \quad V_a = V_d \quad \rightarrow \quad \boxed{V = \varepsilon} \quad \boxed{I = \varepsilon / R}$$

$$V_b - V_a = -(V_d - V_c)$$

Al pasar por la fuente, la energía de  $\Delta Q$  aumenta  $\varepsilon \Delta Q$ 

$$P = \frac{\varepsilon \Delta Q}{\Delta t} = \varepsilon I \quad \text{Potencia suministrada}$$

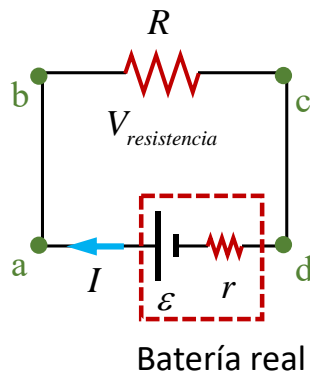


12

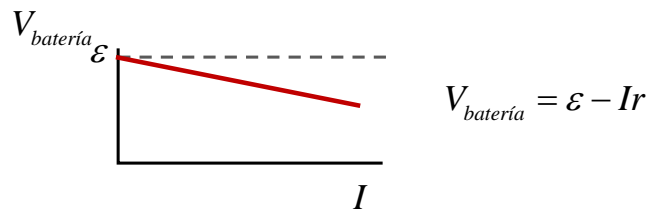
**Batería real**

$V$  entre sus bornes no es igual a su fem

Se considera que tienen una resistencia interna



$$\left. \begin{aligned} V_a - V_d &= V_{\text{batería}} = \varepsilon - Ir \\ V_b - V_c &= V_{\text{resistencia}} = IR \end{aligned} \right\} \quad I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$



¿Cómo detectar baterías de mala calidad? (con mucha resistencia interna)

Cuando se conectan y producen corriente, proporcionan menos voltaje que desconectadas

Potencia suministrada:

$$P = V_{\text{bornes}} I = (\varepsilon - Ir) I = \varepsilon I - I^2 r$$

Ejercicio 3.5. El 3.4 es **FICHA 16** 13

**Bloque I: Electricidad****Bloque II: Magnetismo****Bloque III: Ondas y Óptica****Tema 1. Electrostática en el vacío**

- 1.1. Carga eléctrica
- 1.2. Ley de Coulomb
- 1.3. Campo eléctrico
- 1.4. Energía electrostática y potencial eléctrico
- 1.5. Campo y potencial creado por una distribución de carga
- 1.6. Flujo eléctrico. Teorema de Gauss

**Tema 2. Electrostática en la materia**

- 2.1. Conductores en equilibrio electrostático
- 2.2. Condensadores. Capacidad y energía electrostática
- 2.3. Dieléctricos. Polarización. Teorema de Gauss generalizado

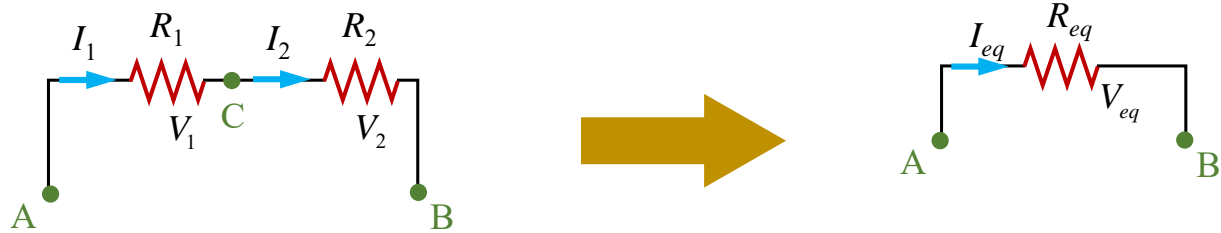
**Tema 3. Corriente eléctrica**

- 3.1. Intensidad de corriente
- 3.2. Ley de Ohm. Resistencia eléctrica
- 3.3. Potencia. Ley de Joule
- 3.4. Fuerza electromotriz
- 3.5. Asociación de resistencias
- 3.6. Leyes de Kirchhoff
- 3.7. Circuitos RC. Transitorios

## Asociaciones de resistencias

Para analizar circuitos calcularemos la **resistencia equivalente**:  $A \text{ mismo } V \rightarrow \text{Misma } I$

### Resistencias en serie



**Voltaje:**  $\mathcal{E} = V_A - V_B = \overbrace{V_A - V_C}^{V_1} + \overbrace{V_C - V_B}^{V_2} = V_1 + V_2 = V_{eq}$

**Corriente:**  $I = I_1 = I_2 = I_{eq}$

**Resistencia:**  $\left. \begin{aligned} \mathcal{E} &= V_1 + V_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2) \\ \mathcal{E} &= V_{eq} = I_{eq} R_{eq} \end{aligned} \right\} R_{eq} = R_1 + R_2$

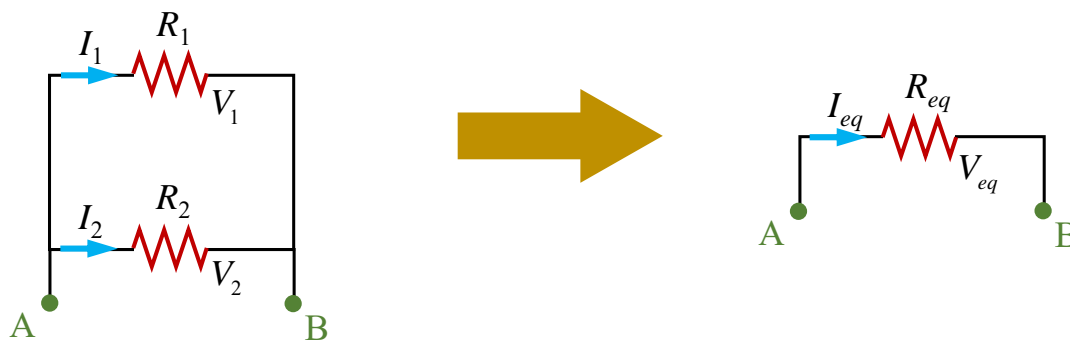
En general, para  $N$  resistencias en serie:

$$R_{eq} = \sum_{i=1}^N R_i$$

15

### Resistencias en paralelo

$R$  equivalente  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Mismo } V \\ \text{Misma } I \end{array} \right.$



**Voltaje:**  $\mathcal{E} = V_1 = V_2 = V_{eq}$

**Corriente:**  $I = I_1 + I_2 = I_{eq}$

**Resistencia:**  $\left. \begin{aligned} I &= I_1 + I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_1} + \frac{\mathcal{E}}{R_2} = \mathcal{E} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \\ I &= I_{eq} = \frac{V_{eq}}{R_{eq}} = \frac{\mathcal{E}}{R_{eq}} \end{aligned} \right\} \left. \begin{aligned} \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ R_{eq} &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned} \right.$

En general, para  $N$  resistencias en paralelo:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}$$

Ejercicio 3.4d

16



## Bloque I: Electricidad

## Bloque II: Magnetismo

## Bloque III: Ondas y Óptica

## Tema 1. Electrostatica en el vacío

- 1.1. Carga eléctrica
- 1.2. Ley de Coulomb
- 1.3. Campo eléctrico
- 1.4. Energía electrostática y potencial eléctrico
- 1.5. Campo y potencial creado por una distribución de carga
- 1.6. Flujo eléctrico. Teorema de Gauss

## Tema 2. Electrostatica en la materia

- 2.1. Conductores en equilibrio electrostático
- 2.2. Condensadores. Capacidad y energía electrostática
- 2.3. Dieléctricos. Polarización. Teorema de Gauss generalizado

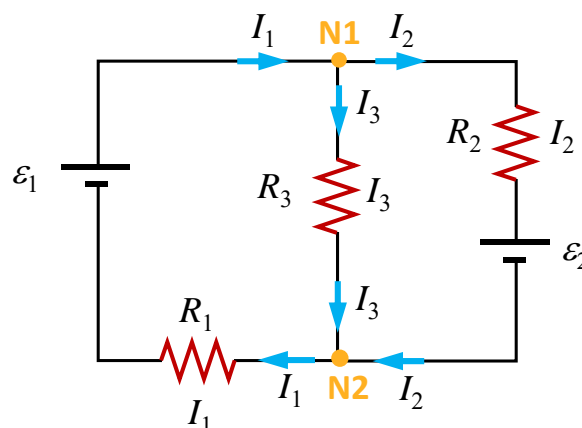
## Tema 3. Corriente eléctrica

- 3.1. Intensidad de corriente
- 3.2. Ley de Ohm. Resistencia eléctrica
- 3.3. Potencia. Ley de Joule
- 3.4. Fuerza electromotriz
- 3.5. Asociación de resistencias
- 3.6. Leyes de Kirchhoff
- 3.7. Circuitos RC. Transitorios

## Reglas de Kirchhoff

Para resolver circuitos que no se puedan resolver agrupando en serie o en paralelo

¿Qué hace la corriente al encontrarse con una bifurcación?



En principio, **cada rama** tiene una corriente diferente

## 1 – REGLA DE LOS NODOS

$$\sum_{\text{entran}} I_i = \sum_{\text{salen}} I_j$$

En un nodo de ramificación de un circuito, donde pueda dividirse la corriente, la suma de las **intensidades que entran** debe ser igual a la suma de las **intensidades que salen**

Origen teórico: Conservación de la carga en cada bifurcación

$$\left. \begin{array}{l} \text{N1: } I_1 = I_2 + I_3 \\ \text{N2: } I_2 + I_3 = I_1 \end{array} \right\}$$

Son la misma ecuación  
(siempre sobra una ecuación de nodos)

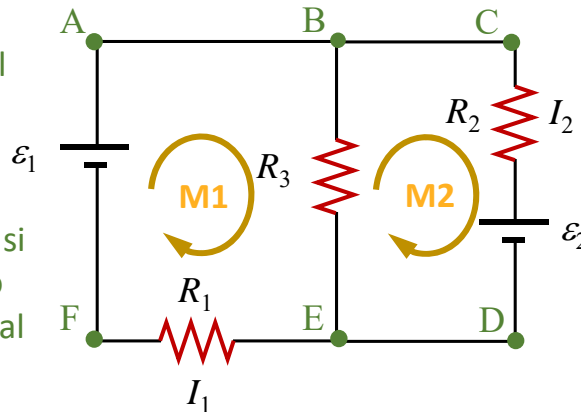
$$\text{Número de ecuaciones} = \text{Número de nodos} - 1$$

## Reglas de Kirchhoff

Para resolver circuitos que no se puedan resolver agrupando en serie o en paralelo

¿Cómo va cambiando el potencial al moverme por el circuito?

Por mucho que cambie, si vuelvo al mismo punto estaré al mismo potencial



Para obtener la ecuación de cada malla:

Recorrer la malla

Escoger un sentido para recorrerla

### 2 – REGLA DE LAS MALLAS

La **suma algebraica** de las variaciones de potencial a lo largo de cualquier camino cerrado del circuito debe ser **cero**

$$\sum_{\text{malla}} \Delta V = 0$$

**Suma algebraica:** Algunos términos serán negativos y otros positivos

Origen teórico: En un camino cerrado, como se vuelve al mismo punto de partida, no varía el potencial (campo eléctrico es conservativo)

$$\text{M1: } 0 = (V_B - V_A) + (V_E - V_B) + (V_F - V_E) + (V_A - V_F)$$

$$\Delta V_{\text{resistencia}} \rightarrow ? IR$$

$$\Delta V_{\text{fem}} \rightarrow ? \varepsilon$$

Signo depende de   
 { Sentido malla   
 Sentido I

Número de ecuaciones = Número de mallas

19

## Recorrer la malla

Asignación de corriente a cada rama (ya se hizo para Regla de los Nodos)

Hay que asignar una corriente a cada rama, **y escoger su sentido** (como se quiera!)

Si al resolver el circuito obtenemos que la corriente es **positiva**



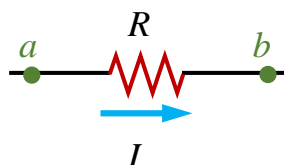
El sentido estaba bien escogido, y realmente la corriente **va en esa dirección**

Si al resolver el circuito obtenemos que la corriente es **negativa**



El sentido **no** estaba bien escogido, y realmente la corriente **va en dirección contraria**

### Recorrer una resistencia



PENSAR:

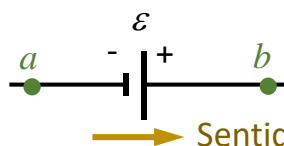
¿cuál es el potencial mayor,  $V_a$  o  $V_b$ ?

$$\Delta V = V_b - V_a < 0 \rightarrow \Delta V = V_b - V_a = -IR$$

En un circuito, en una resistencia se da una **caída de potencial**

Si al aplicar la regla de las mallas tuviera que recorrer una **resistencia en sentido contrario a la corriente**, la diferencia de potencial sería **positiva**  $\Delta V = V_a - V_b = IR > 0$

### Recorrer una fuente de fem



PENSAR: Una fuente de fem aumenta el potencial, ¿cuál es el potencial mayor,  $V_a$  o  $V_b$ ?

$$\Delta V = V_b - V_a > 0 \rightarrow \Delta V = V_b - V_a = \varepsilon$$

Si al aplicar la regla de las mallas tuviera que recorrer una **fente de fem en sentido contrario a su polaridad**, la diferencia de potencial sería **negativa**  $\Delta V = V_a - V_b = -\varepsilon$

20

## Estrategia general de resolución de circuitos por Kirchhoff

1. Dibujar un **esquema**
2. Agrupar **resistencias** si es posible
3. Asignar una **corriente** a cada rama del circuito, dibujando flechas con el sentido
4. Indicar los extremos + y – de las **fuentes** de fem
5. Aplicar la regla de los **nodos** en todos los nodos menos uno (**N-1 ecuaciones**)
6. Aplicar la regla de las **mallas** en todas las mallas (**M ecuaciones**)
  - 6.1. Escoger un sentido para recorrer cada malla
  - 6.2. Al recorrer resistencias
 

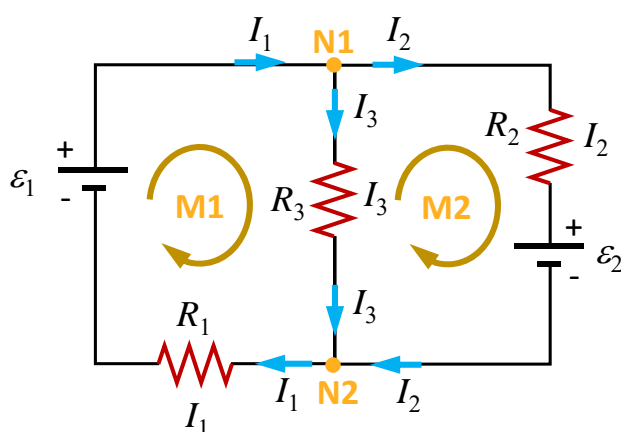
{	En el sentido de $I \longrightarrow \Delta V = -IR$
	En el sentido contrario a $I \longrightarrow \Delta V = IR$
  - 6.3. Al recorrer fuentes de fem
 

{	En el sentido de su polaridad $\longrightarrow \Delta V = \varepsilon$
	En el sentido contrario a su polaridad $\longrightarrow \Delta V = -\varepsilon$
7. **Resolver** el sistema de ecuaciones

### Ejercicio 3.7

21

## Ejemplo Kirchhoff 1 Circuito con 2 mallas



1. Dibujar un **esquema** ✓
2. Agrupar **resistencias** (no se puede) ✓
3. Asignar **corrientes** a ramas ✓
4. Indicar extremos de las **fuentes** ✓
5. Regla de los **nodos**:  
Como hay 2 nodos, me quedo sólo con uno para plantear la ecuación

**Nodo 1 (N1):**  $I_1 = I_2 + I_3$  ✓

6. Regla de las **mallas**:

- 6.1. Escoger un sentido para recorrerlas ✓

**Malla 1 (M1)**(Empiezo y acabo en N1):  $0 = -I_3 R_3 - I_1 R_1 + \varepsilon_1$  ✓

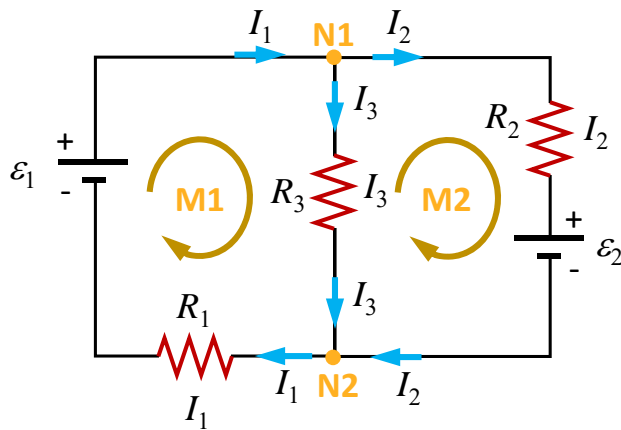
**Malla 2 (M2)**(Empiezo y acabo en N1):  $0 = -I_2 R_2 - \varepsilon_2 + I_3 R_3$  ✓



22

### Ejemplo Kirchhoff 1

### Circuito con 2 mallas



7. Resolvemos:

DATOS:  $R_1, R_2, R_3, \varepsilon_1, \varepsilon_2$ .

¿ $I_1, I_2, I_3$ ?

$$\left. \begin{array}{l} \text{M1: } 0 = -I_3 R_3 - I_1 R_1 + \varepsilon_1 \\ \text{M2: } 0 = -I_2 R_2 - \varepsilon_2 + I_3 R_3 \\ \text{N1: } I_1 = I_2 + I_3 \end{array} \right\}$$

$$\text{M1: } I_1 = \frac{\varepsilon_1}{R_1} - I_3 \frac{R_3}{R_1} \quad \text{M2: } I_2 = I_3 \frac{R_3}{R_2} - \frac{\varepsilon_2}{R_2}$$

$$\text{M1 y M2 en N1: } I_3 = I_1 - I_2 \rightarrow I_3 = \frac{\varepsilon_1}{R_1} - I_3 \frac{R_3}{R_1} - I_3 \frac{R_3}{R_2} + \frac{\varepsilon_2}{R_2} \rightarrow I_3 = \frac{\left( \frac{\varepsilon_1}{R_1} + \frac{\varepsilon_2}{R_2} \right)}{\left( 1 + \frac{R_3}{R_1} + \frac{R_3}{R_2} \right)}$$

### Ejemplo de Datos:

$R_1 = 2 \text{ k}\Omega, R_2 = 1 \text{ k}\Omega, R_3 = 3 \text{ k}\Omega, \varepsilon_1 = 12 \text{ V}, \varepsilon_2 = 5 \text{ V}.$

$$I_3 = \frac{\left( \frac{12}{2000} + \frac{5}{1000} \right)}{\left( 1 + \frac{3000}{2000} + \frac{3000}{1000} \right)} = \frac{\frac{22}{2000}}{\frac{11000}{2000}} = \frac{22}{11000} = 2 \text{ mA}$$

$$I_1 = \frac{12}{2000} - 0,002 \frac{3000}{2000} = 3 \text{ mA}$$

$$I_2 = 0,002 \frac{3000}{1000} - \frac{5}{1000} = 1 \text{ mA}$$

Ejercicio 3.7 es la

**FICHA 17**

23

### Bloque I: Electricidad

### Bloque II: Magnetismo

### Bloque III: Ondas y Óptica

#### Tema 1. Electroestática en el vacío

- 1.1. Carga eléctrica
- 1.2. Ley de Coulomb
- 1.3. Campo eléctrico
- 1.4. Energía electrostática y potencial eléctrico
- 1.5. Campo y potencial creado por una distribución de carga
- 1.6. Flujo eléctrico. Teorema de Gauss

#### Tema 2. Electroestática en la materia

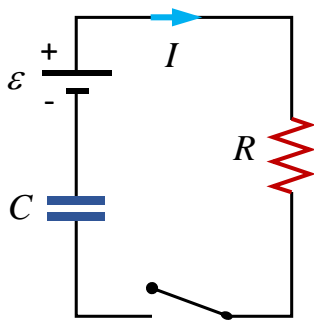
- 2.1. Conductores en equilibrio electrostático
- 2.2. Condensadores. Capacidad y energía electrostática
- 2.3. Dieléctricos. Polarización. Teorema de Gauss generalizado

#### Tema 3. Corriente eléctrica

- 3.1. Intensidad de corriente
- 3.2. Ley de Ohm. Resistencia eléctrica
- 3.3. Potencia. Ley de Joule
- 3.4. Fuerza electromotriz
- 3.5. Asociación de resistencias
- 3.6. Leyes de Kirchhoff
- 3.7. Circuitos RC. Transitorios

## Transitorios en circuitos RC

**Definición: Circuito RC:** Circuito que consiste en una resistencia ( $R$ ) y un condensador ( $C$ ) en serie.



**PREGUNTA:** Si entre las placas del condensador no puede pasar corriente, ¿qué va a pasar al cerrar el interruptor?

**Definición: Transitorio:** Periodo de tiempo desde que se cierra o abre un circuito hasta que se llega al estado estacionario.

En el **transitorio**

La corriente en todas las ramas del circuito **varía con el tiempo**  
**La corriente en la rama de un condensador no es cero**  
 (el condensador **se está** cargando o descargando)

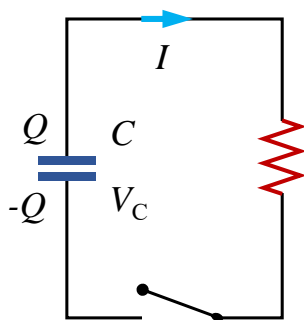
En el estado **estacionario**

La corriente en todas las ramas del circuito **es constante**  
**La corriente en la rama de un condensador es cero**  
 (el condensador **ya está** cargado o descargado)

Estudiaremos la carga y la descarga de un condensador

25

## Descarga de un condensador Condensador actúa como una fuente de fem



Antes de cerrar el interruptor:

En  $t = 0$  se cierra el interruptor:

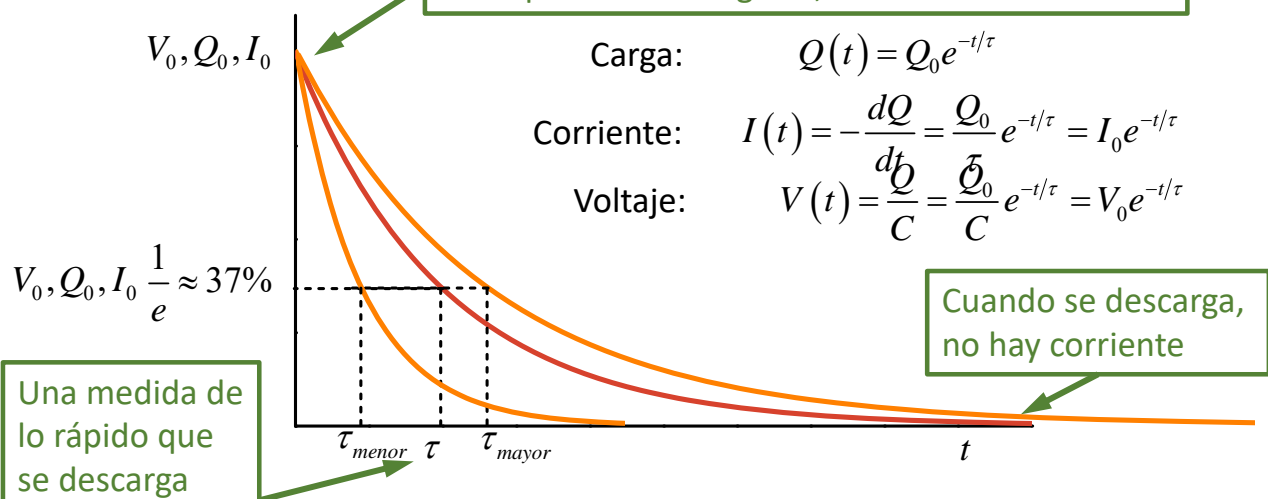
¿Para qué se pone una resistencia?

$$I_0 = \frac{V_0}{R} = \frac{Q_0}{RC} \quad \tau \equiv RC$$

Inmediatamente después,  $I$ ,  $Q$  y  $V$  **varían con el tiempo!**

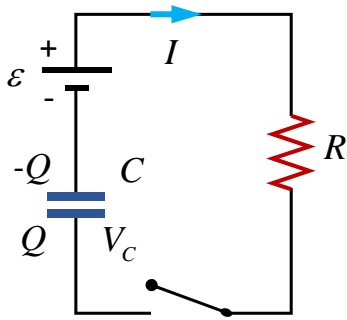
**Definición: Tiempo característico,  $\tau$ :** Tiempo en el que la carga del condensador es  $1/e$  la carga inicial:

Al empezar a descargarse, la corriente es máxima



26

### Carga de un condensador



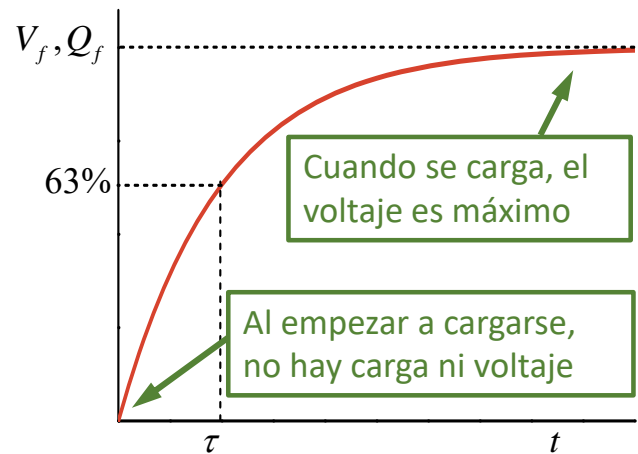
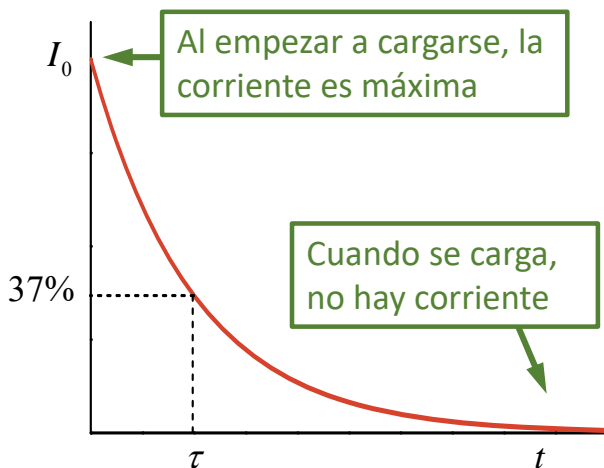
Así, al cerrar el interruptor ( $t = 0$ ):  $I_0 = \frac{\varepsilon}{R}$

Es como si no hubiera condensador

Carga:  $Q(t) = Q_f (1 - e^{-t/\tau})$

Corriente:  $I(t) = \frac{dQ}{dt} = \frac{Q_f}{\tau} e^{-t/\tau} = I_0 e^{-t/\tau}$

Voltaje:  $V(t) = \frac{Q}{C} = \frac{Q_f}{C} (1 - e^{-t/\tau}) = V_f (1 - e^{-t/\tau})$



27

### Condensador en un circuito con varias mallas

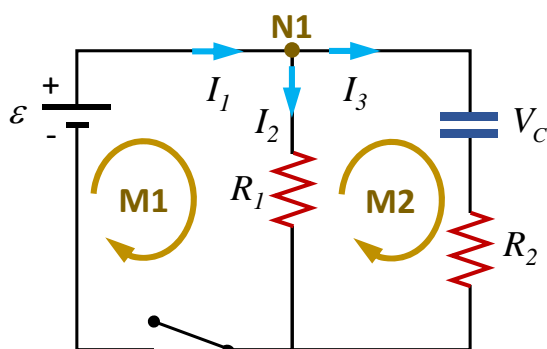
- Se cierra el interruptor y comienza a cargarse el condensador:

**Descargado**

$t = 0$

Por condensador pasa corriente (como por un conductor perfecto, de resistencia cero)

Circuito se calcula por regla de las mallas, como si el condensador fuera un trozo de cable



**Cargado**

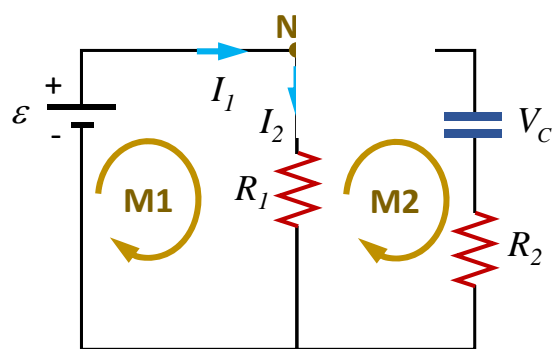
$t = t_f$

No pasa corriente

$I_3 = 0 \rightarrow$  Se elimina la rama del condensador

Potencial del condensador ( $V_C$ ): Se calcula con regla de las mallas en malla del condensador

$$0 = -V_C - I_3 R_2 + I_2 R_1 \rightarrow V_C = I_2 R_1$$



28

### Condensador en un circuito con varias mallas

- Se abre el interruptor y comienza a descargarse el condensador:

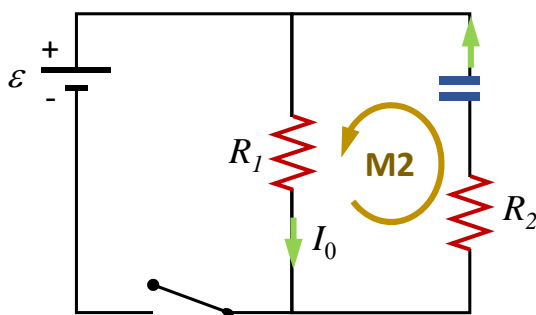
**Cargado**
 $t = 0$ 
**Descargado**
 $t = t_f$ 

El condensador al descargarse actúa como una fuente de fem (el  $\varepsilon_C$  será el  $V_C$  de cuando se cargó)

Y aparece una corriente

El circuito se calcula por regla de mallas:

$$0 = \varepsilon_C - I_0 R_1 - I_0 R_2 \rightarrow I_0 = \frac{\varepsilon_C}{R_1 + R_2}$$

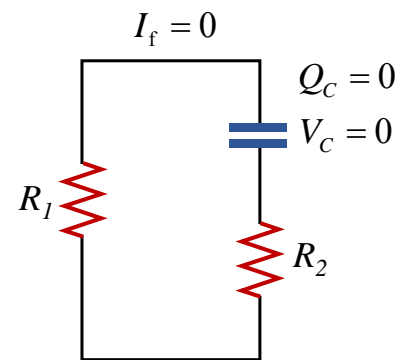


Ejercicios 3.8 a 3.11

No pasa corriente

$$I_f = 0$$

El condensador no tiene carga ni potencial (ni energía, por lo tanto)



El ejercicio 3.9 es la

**FICHA 18**