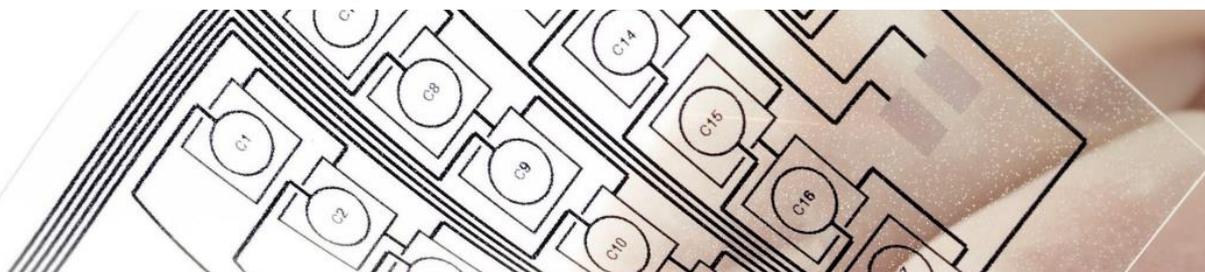




Unidad 12. Circuitos eléctricos de corriente continua

1. El circuito eléctrico
2. Magnitudes eléctricas
3. Elementos de un circuito
4. Resolución de problemas complejos
5. Distribución de la energía eléctrica
6. Simbología, esquemas
7. Circuitos eléctricos domésticos
8. Montaje y experimentación de circuitos eléctricos de corriente continua
9. Normas de seguridad en instalaciones eléctricas

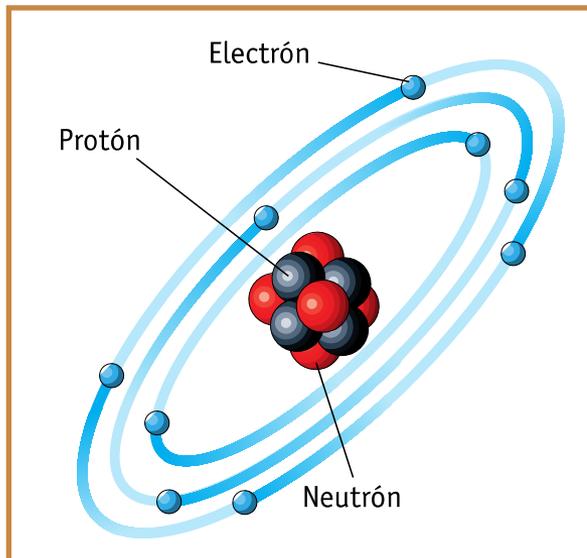


1 El circuito eléctrico

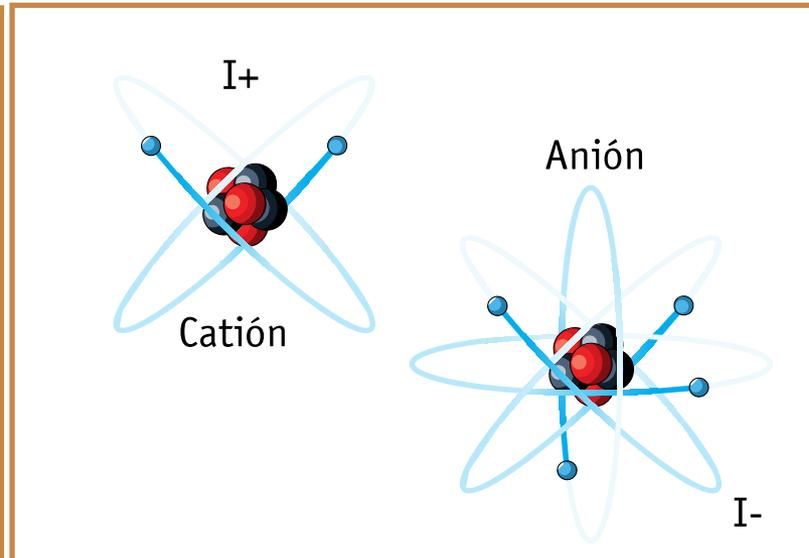


Un **circuito eléctrico** es un conjunto de elementos empleados para la transmisión y control de la energía eléctrica desde el generador hasta el receptor (lugar donde se consume).

1.1 Concepto de energía eléctrica



Composición de un átomo.



Cationes y aniones.



1 El circuito eléctrico

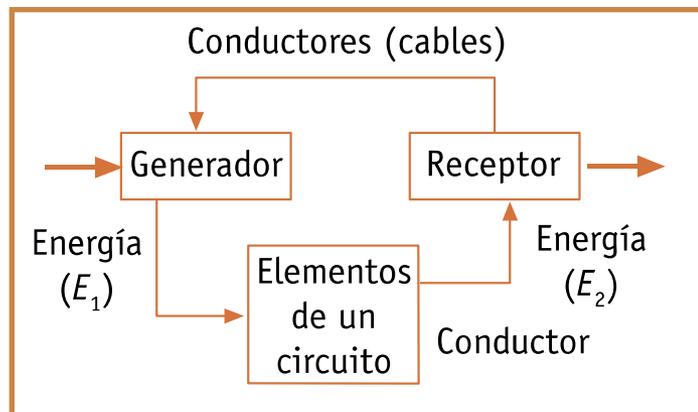
□ Diferentes métodos de producir electricidad:

- Generador de corriente continua o dinamo.
- Mediante frotación.
- Pilas de hidrógeno o pilas de combustible.
- Placas fotovoltaicas.
- Conversores termoeléctricos.

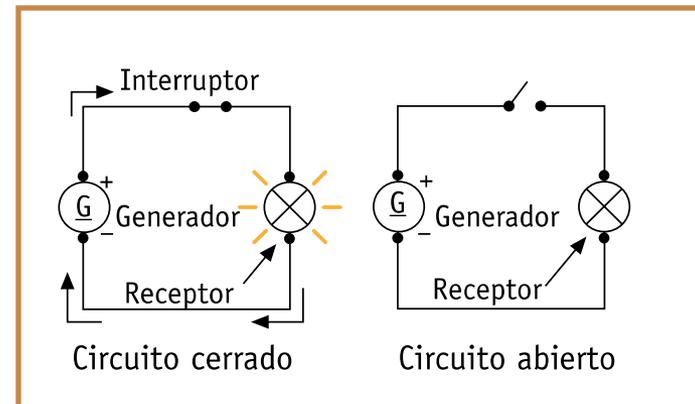
1 El circuito eléctrico

1.2 Características de un circuito de corriente continua

- ❑ Circuitos cerrados
- ❑ Circuitos abiertos



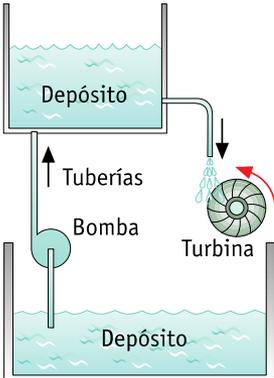
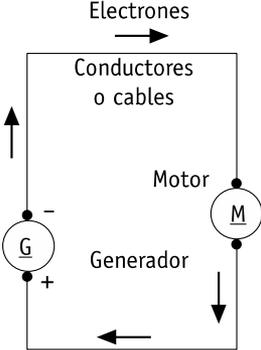
$E_1 > E_2$ debido a las pérdidas producidas en el transporte.



Estados de un circuito.

1 El circuito eléctrico

1.3 Símil hidráulico

Circuito hidráulico	Circuito eléctrico
 <ul style="list-style-type: none">• La bomba impulsa el agua a través de la tubería con una presión P.• La cantidad de agua impulsada por segundo se denomina caudal (normalmente litros por segundo, pero podrían ser gotas por segundo).• El agua a presión cede su energía haciendo girar una turbina.• El agua regresa de nuevo a su punto de origen (depósito) sin perderse ni una gota.	<ul style="list-style-type: none">• El generador impulsa los electrones a través del conductor con un voltaje V.• La cantidad de electricidad que atraviesa los cables se llama intensidad de corriente (es la cantidad de electrones que pasan por segundo).• Los electrones ceden su energía haciendo funcionar un motor.• Los electrones regresan de nuevo al generador sin perderse ninguno. 

Símil hidráulico de un circuito eléctrico de corriente continua.

2 Magnitudes eléctricas

2.1 Intensidad de corriente

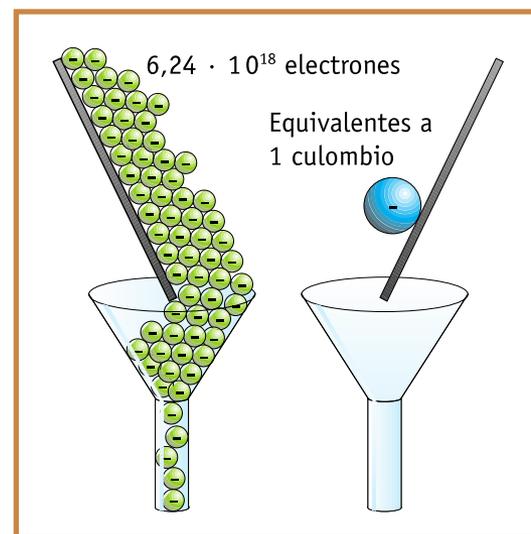


Intensidad de corriente es la cantidad de electrones que circulan por un punto cualquiera del circuito en la unidad de tiempo, es decir, en un segundo.

Unidad de medida de la corriente: culombio (C).

$C = 6,24 \cdot 10^{18}$ electrones. La fórmula es:

$$I = \frac{Q}{t} \begin{cases} I = \text{Intensidad de corriente (en amperios)} \\ Q = \text{Carga (en culombios)} \\ t = \text{Tiempo (en segundos)} \end{cases}$$



Equivalencias entre electrones y culombios.



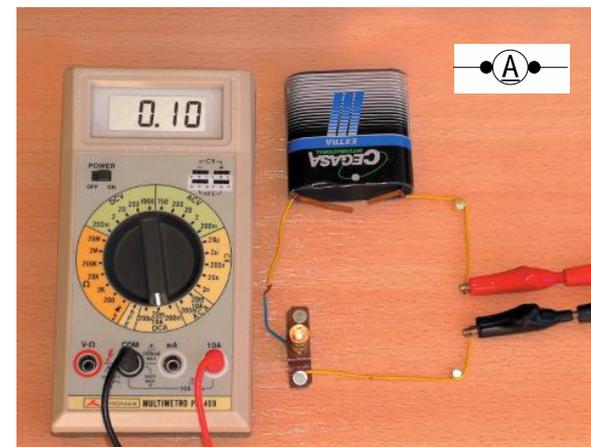
2 Magnitudes eléctricas

➤ Unidad de intensidad de corriente: amperio (A), que se define como la intensidad de corriente que circula por un punto de un circuito cuando por ese punto pasa un culombio en un segundo ($1 \text{ A} = 1\text{C/s}$).

☐ Submúltiplos del amperio:

Submúltiplo	Símbolo	Equivalencia
<i>Miliamperio</i>	mA	$1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A}$
<i>Microamperio</i>	μA	$1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$

Submúltiplos del amperio más utilizados.



Conexión de un amperímetro en un circuito.



2.2 Resistencia eléctrica



Resistencia eléctrica es la oposición que ofrece un cuerpo al paso de la corriente eléctrica.

Se representa por la letra R y se expresa en **ohmios** u **ohms** (Ω). La resistencia eléctrica depende del tipo de material empleado como conductor, de su longitud y de su sección. La fórmula es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \quad \left\{ \begin{array}{l} R = \text{Resistencia del material (en } \Omega) \\ \rho = \text{Resistividad (en } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}) \\ L = \text{Longitud del cable (en metros)} \\ S = \text{Sección del conductor (en } \text{mm}^2) \end{array} \right.$$



2 Magnitudes eléctricas

❑ Múltiplos del ohmio

Múltiplo	Símbolo	Equivalencia
<i>Megaohmio</i>	MΩ	1 MΩ = 10 ⁶ Ω
<i>Kiloohmio</i>	kΩ	1 kΩ = 10 ³ Ω

Múltiplos del ohmio más habituales.

La resistencia eléctrica se mide con un aparato denominado **óhmetro** u **ohmnímetro**.



2 Magnitudes eléctricas

- Tipos de materiales en relación con la corriente eléctrica
 - Materiales aislantes: no conducen o son malos conductores de la electricidad.
 - Materiales conductores: conducen bien la electricidad, aunque ofrecen resistencia al paso de los electrones.
 - Materiales superconductores: materiales de última generación que no ofrecen ninguna resistencia al paso de la corriente.
 - Semiconductores: permiten el paso de la corriente solamente cuando son alimentados con un voltaje mínimo determinado.

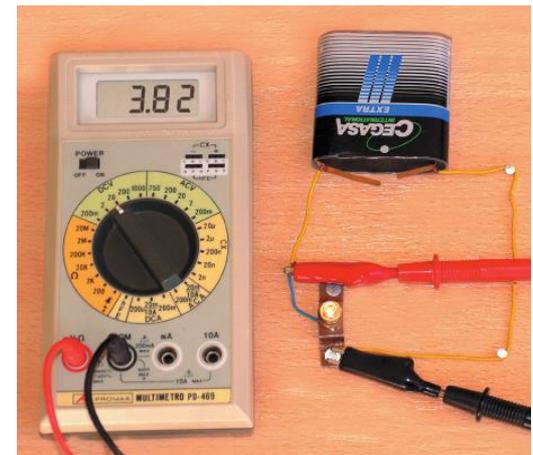
2 Magnitudes eléctricas

2.3 Voltaje, tensión o diferencia de potencial



Voltaje, tensión o diferencia de potencial (ddp) es la energía necesaria para transportar la unidad de carga (culombio) desde un punto a otro de un circuito eléctrico.

El aparato encargado de proporcionar el voltaje en un circuito eléctrico es el **generador**.



Medición del voltaje en un circuito.



2 Magnitudes eléctricas

2.3 Voltaje, tensión o diferencia de potencial



La **fuerza electromotriz (fem)** es la energía consumida por un generador de corriente para transportar la unidad de carga (un culombio) desde el polo positivo al negativo, por el interior del generador, para mantener en sus bornes una tensión determinada.

Tanto la fuerza electromotriz como el voltaje se miden en **voltios** con un aparato llamado **voltímetro**.

Unidad	Símbolo	Equivalencia
<i>Kilovoltio</i>	kV	1 kV = 1 000 V
<i>Milivoltio</i>	mV	1 mV = 0,001 V

Múltiplo y submúltiplo del voltio más empleados.



2 Magnitudes eléctricas

2.4 Ley de Ohm

La ley de Ohm es una fórmula que relaciona las tres magnitudes eléctricas estudiadas anteriormente:

$$I = \frac{V}{R} \quad \left\{ \begin{array}{l} I = \text{Intensidad (en amperios)} \\ V = \text{Voltaje (en voltios)} \\ R = \text{Resistencia (en ohmios)} \end{array} \right.$$



2 Magnitudes eléctricas

2.5 Energía y potencia eléctricas. Efecto Joule



La **energía eléctrica consumida por un receptor** es el producto de la carga que lo atraviesa multiplicado por el voltaje que hay entre sus bornes (nivel de energía que posee esa carga).

$$E = Q \cdot V \left\{ \begin{array}{l} E = \text{Energía suministrada (en julios)} \\ Q = \text{Carga que atraviesa el receptor (en culombios)} \\ V = \text{Voltaje que hay en sus bornes (en voltios)} \end{array} \right.$$

Según la definición de intensidad de corriente $I = Q/t$; sustituyendo:

$$E = Q \cdot V = I \cdot t \cdot V \left\{ \begin{array}{l} I = \text{Intensidad que lo atraviesa (en amperios)} \\ t = \text{Tiempo de funcionamiento (en segundos)} \end{array} \right.$$

Se define como potencia (en vatios):

$$P = E/t = V \cdot I \cdot t/t = V \cdot I$$

2 Magnitudes eléctricas

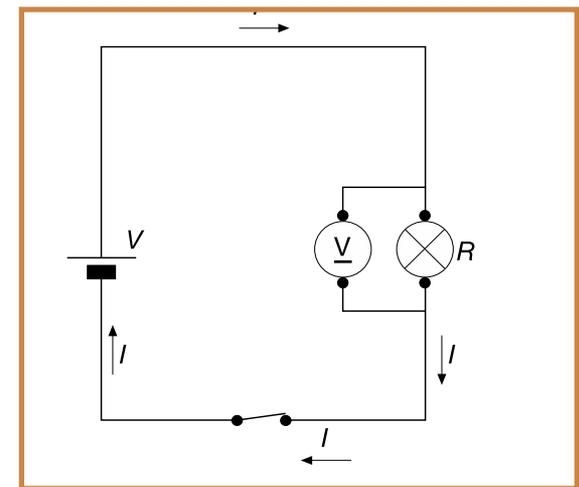
Las compañías eléctricas facturan el recibo mensual según el consumo de energía. Si la potencia está en kilovatios (kW) y el tiempo en horas (h), la energía estará en kilovatios hora (kWh).

Si se dispone de un circuito sencillo (como el de la figura), la caída de tensión o diferencia de potencial en los extremos del receptor (aplicando la ley de Ohm) será igual a:

$$V = I \cdot R$$

Sustituyendo quedará:

$$E = V \cdot I \cdot t = I \cdot R \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t = V^2 \cdot t/R$$



El voltímetro se coloca en paralelo al receptor.

2 Magnitudes eléctricas

Cuando una corriente eléctrica atraviesa un conductor (cable), parte de su energía se transforma en calor. La cantidad de calor emitido dependerá de la resistencia que ofrezca el cable al paso de la corriente. Este fenómeno de transformación de la energía en calor se conoce con el nombre de **efecto Joule**. Su valor será igual a:

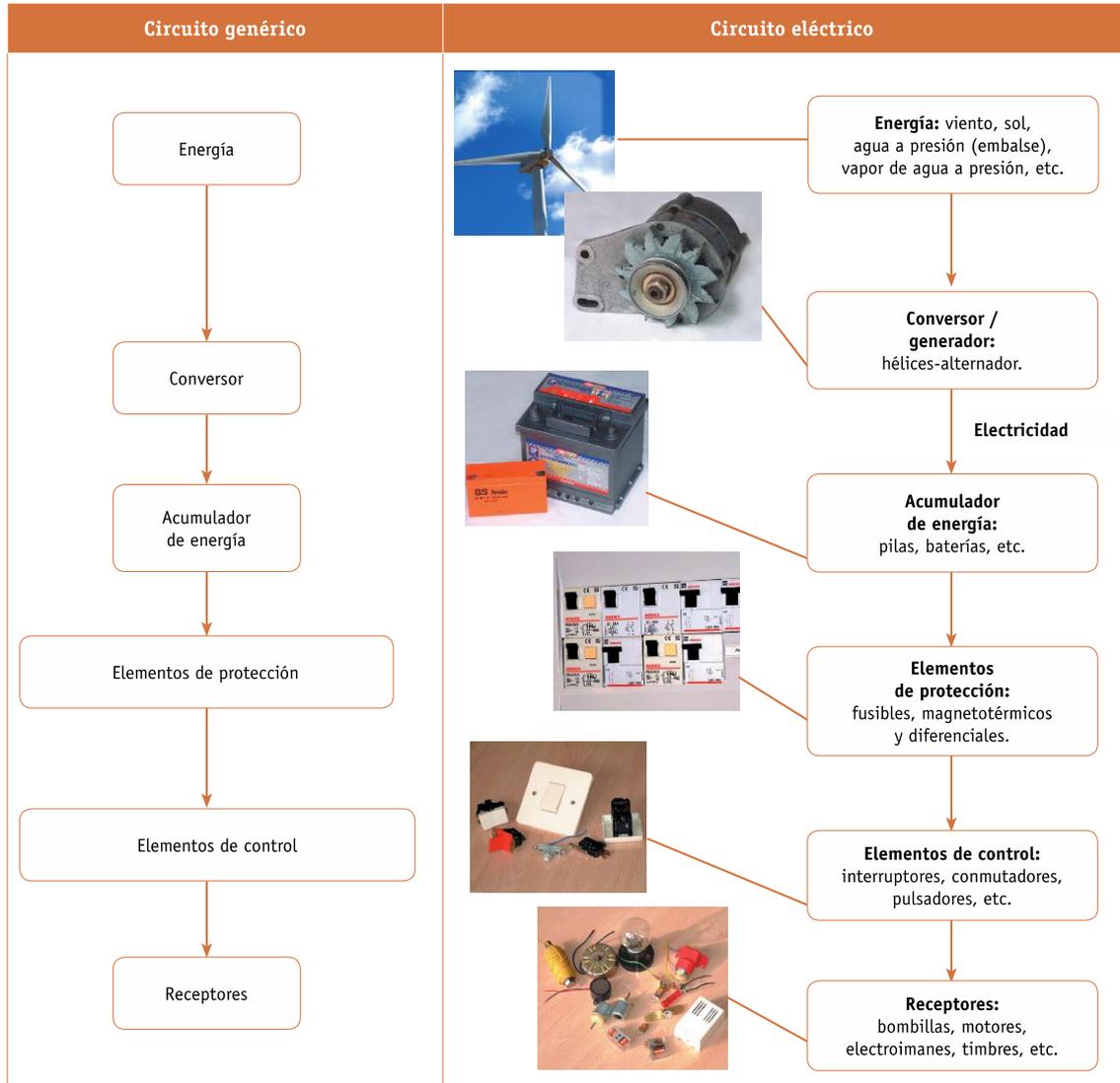
$$E = I^2 \cdot R_c \cdot t$$

Donde R_c = resistencia del cable (en Ω).



Máquinas reales que funcionan por efecto Joule.

3 Elementos de un circuito



Elementos presentes en todo circuito, y propios de los circuitos eléctricos.

3.1 Generador de corriente eléctrica



Los **generadores de corriente eléctrica** son todas aquellas máquinas que transforman cualquier tipo de energía en electricidad.

Todos los generadores están constituidos internamente por un circuito que ofrece una cierta resistencia al paso de los electrones, que se denomina **resistencia interna** y se designa por la letra minúscula r . Este valor es muy pequeño y en muchos casos se suele despreciar. En esta resistencia, una parte muy pequeña de la energía eléctrica se transforma en calor (E_1) por el efecto Joule. Su valor es:

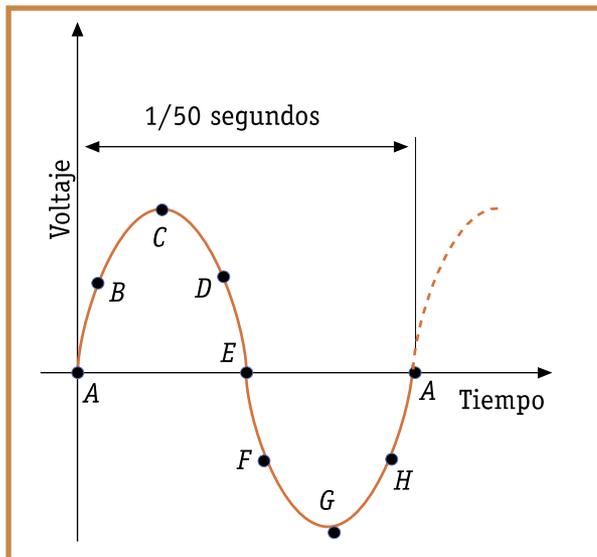
$$E_1 = I^2 \cdot r \cdot t$$

Despreciando este valor, la fuerza electromotriz (fem) del generador es igual a la diferencia de potencial (ddp) en sus bornes.

3 Elementos de un circuito

Tipos de generadores

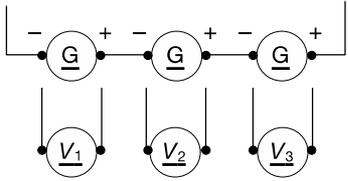
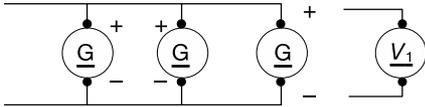
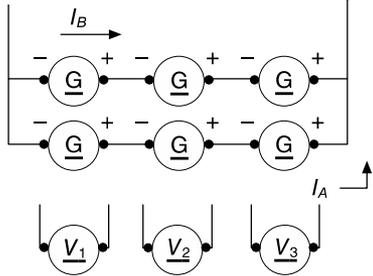
- Generadores de corriente continua:
 - Dinamos.
 - Placas fotovoltaicas.
- Generadores de corriente alterna.



Corriente alterna: comportamiento del voltaje en función del tiempo.

3 Elementos de un circuito

Acoplamiento de generadores

Acoplamiento en serie	Acoplamiento en paralelo	Acoplamiento mixto
 <p data-bbox="253 768 741 948">El polo positivo de un generador se conecta con el negativo del siguiente. La fuerza electromotriz de la agrupación de generadores es la suma de las fuerzas electromotrices de cada uno. Si alguno está al revés, se resta:</p> $V = V_1 + V_2 + V_3$	 <p data-bbox="768 721 1257 901">Todos los positivos se unen entre sí, por un lado, y todos los negativos se unen también por el otro lado. Solamente se pueden acoplar generadores que produzcan la misma fem. El voltaje del conjunto es igual al voltaje de uno de ellos:</p> $V = V_1 = V_2 = V_3$ <p data-bbox="768 968 1083 999">La intensidad será: $I_t = n \cdot I$</p>	 <p data-bbox="1286 833 1775 952">La fuerza electromotriz de cada una de las series debe ser igual al resto. Su valor será igual al que proporcione una cualquiera de las series:</p> $V = V_1 + V_2 + V_3; I = I_A + I_B$

Formas de acoplamiento de generadores.



3 Elementos de un circuito

3.2 Acumuladores de corriente eléctrica



Los **acumuladores de corriente eléctrica** son dispositivos eléctricos que sirven para almacenar energía eléctrica.

Los más empleados son: *condensadores* (con muy pequeña capacidad), *pilas* y *baterías* (son pilas recargables).

3 Elementos de un circuito

□ Tipos de condensadores



Distintos tipos de condensadores.



3 Elementos de un circuito

Capacidad de un condensador

$$Q = C \cdot V \quad \left\{ \begin{array}{l} C = \text{Capacidad del condensador (en faradios)} \\ V = \text{Voltaje (en voltios)} \\ Q = \text{Carga del condensador (en culombios)} \end{array} \right.$$

La unidad de capacidad es el **faradio (F)**. Como es excesivamente grande, normalmente se emplean submúltiplos, como el microfaradio:

$$1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$$



Importante

Los submúltiplos más empleados del faradio (F) son:

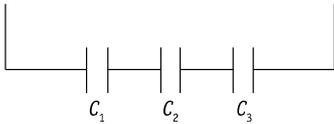
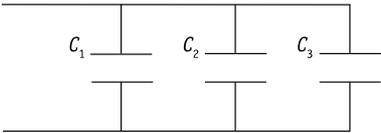
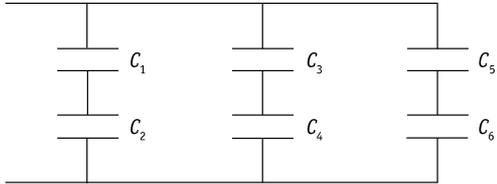
- milifaradios ($1 \text{ mF} = 10^{-3} \text{ F}$)
- microfaradios ($1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$)
- nanofaradios ($1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$)
- picofaradios ($1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$)

Principales submúltiplos del faradio.



3 Elementos de un circuito

Acoplamiento de condensadores

En serie	En paralelo	Mixto
		
<p>La capacidad de un condensador equivalente es igual a:</p> $C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots}$	<p>La capacidad de un condensador equivalente es igual a la suma de las capacidades de cada uno de los condensadores:</p> $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$	<p>Primero se realiza la parte que está en serie y luego la que está en paralelo:</p> $C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} + \frac{1}{\frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}} + \frac{1}{\frac{1}{C_5} + \frac{1}{C_6}}$

Configuraciones para acoplar condensadores.

3 Elementos de un circuito

□ Pilas y baterías

➤ Características de las pilas y baterías:

- Resistencia interna.
- Capacidad.
- Fuerza electromotriz.

➤ Acoplamiento de pilas y baterías: de igual forma que los condensadores.



Distintos tipos de baterías (pilas recargables).



3 Elementos de un circuito

3.3 Elementos de control y maniobra

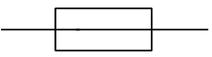
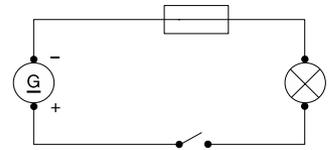
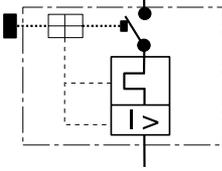
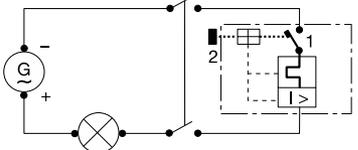
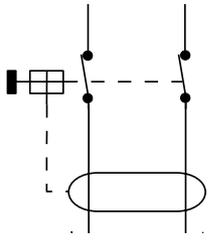
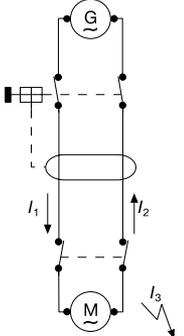
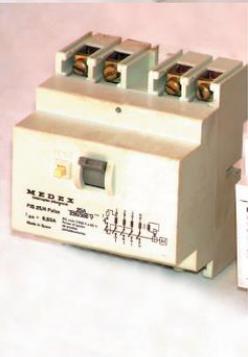
Tipos/símbolo		Esquema eléctrico	Figura
Interrupción	Unipolar 	<p>Abre el circuito por un solo punto.</p>	
	Bipolar 	<p>Abre el circuito por dos puntos.</p>	
Conmutador		<p>Permite controlar un receptor desde dos puntos distantes y distintos.</p>	
Relé		<p>Consta de dos circuitos: el de alimentación del relé y el de salida, con otro generador de igual o diferente voltaje. Es un conmutador electromagnético.</p>	

Elementos de control y maniobra.



3 Elementos de un circuito

3.4 Elementos de protección de circuitos

Función	Tipos/símbolo	Esquema eléctrico	Figura
Protección de instalaciones	Fusible 	 <p data-bbox="579 635 1149 706">Está formado por un trozo de hilo conductor con resistividad alta y bajo punto de fusión. Cuando la intensidad del circuito sobrepasa un valor, por el efecto Joule, se calienta y se funde.</p>	
	Interruptor magnetotérmico (automático) 	<p data-bbox="579 728 1149 799">Cuando la intensidad de corriente es muy grande, porque ha habido un cortocircuito o porque los receptores consumen mucho, el contacto (1) se abre. Al pulsar la palanca (2), se reactiva.</p> 	
Protección de personas	Interruptor diferencial 	 <p data-bbox="801 1049 1149 1242">Compara si la intensidad de corriente de entrada (I_1) es igual a la de salida (I_2). Si $I_1 - I_2$ es mayor de un valor, denominado sensibilidad (que suele ser 0,03 A), abre el circuito. Si esto ocurre, quiere decir que la corriente se va a tierra, debido a un mal aislamiento o al contacto accidental de una persona.</p>	

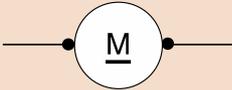
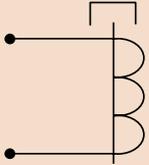
Elementos de protección de circuitos.



3 Elementos de un circuito

3.5 Receptores

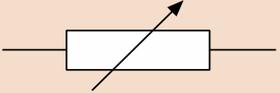
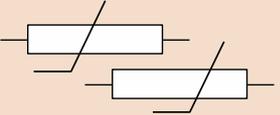
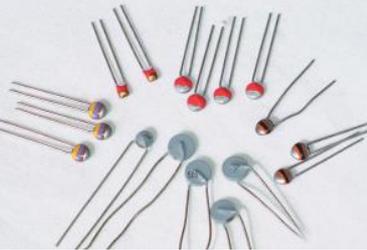
□ Tipos de receptores

Receptor/símbolos	Características	Figura
Baterías y pilas	Ya estudiadas.	
Motores 	Transforman la energía eléctrica en energía mecánica de rotación. El rendimiento es muy alto, más del 95%.	
Electroimanes 	Transforman la energía eléctrica en energía magnética (atracción de metales ferrosos). Se emplean en muchas aplicaciones; por ejemplo: porteros automáticos, timbres, electroimanes, etc.	

Tipos de receptores.



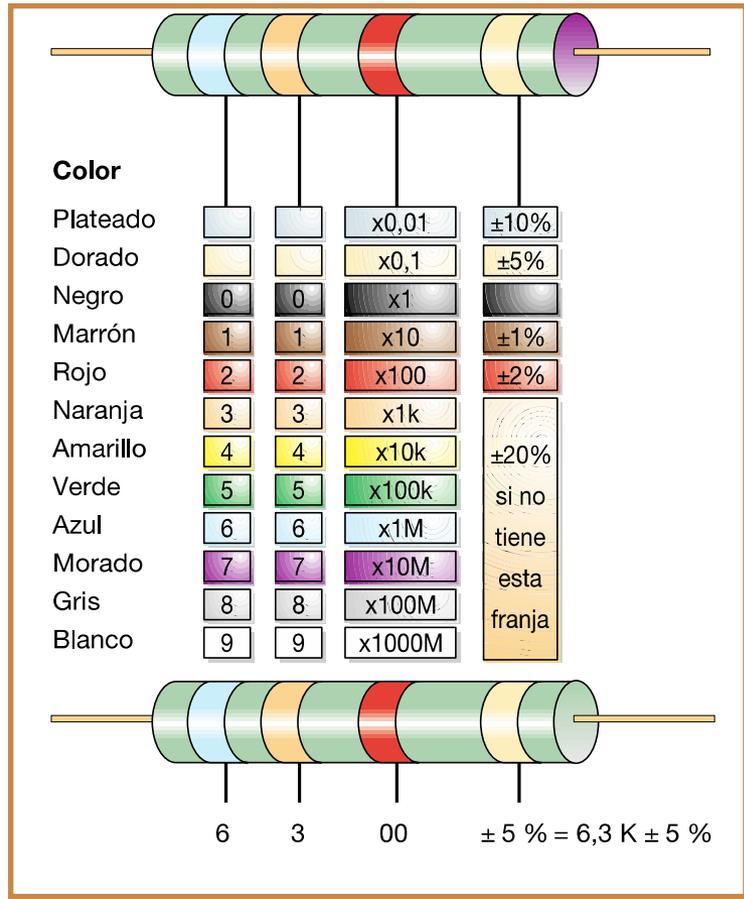
3 Elementos de un circuito

Receptor/símbolos		Características	Figura
Resistencias	<p>Fijas</p> 	<p>Su valor es fijo y, para determinarlo, se utiliza un código de colores que está impreso en su cuerpo. El valor se obtiene de la tabla de la Figura 12.14.</p>	
	<p>Ajustables o potenciómetros</p> 	<p>Permiten variar su resistencia óhmica al girar manualmente una barra o introducir un destornillador para girarlo.</p>	
	<p>LDR</p> 	<p>Como su nombre indica (<i>light dependent resistors</i>), son resistencias cuyo valor depende de la luminosidad que incida sobre ellas.</p>	
	<p>NTC + PTC</p> 	<p>Resistencias cuyo valor varía con la temperatura. Si disminuye se llama NTC (<i>negative temperature coefficient</i>) y si aumenta, PTC (<i>positive temperature coefficient</i>).</p>	

Tipos de receptores (continuación).



3 Elementos de un circuito



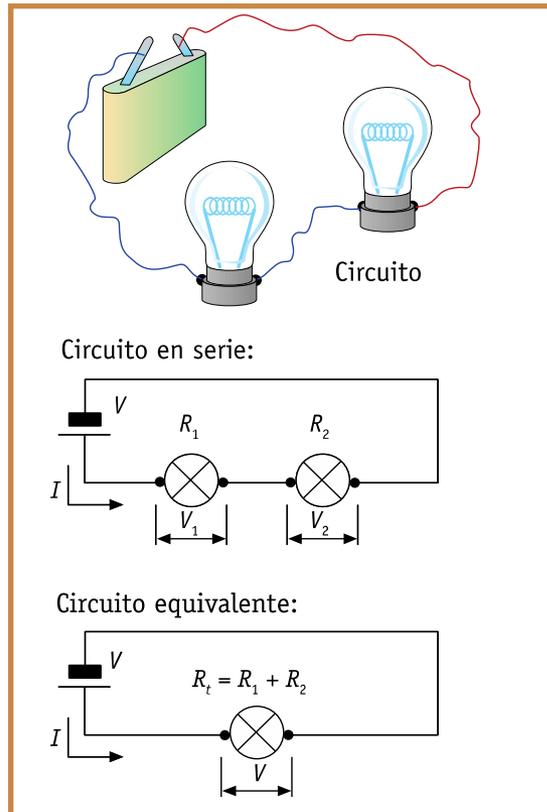
Codificación de los valores de las resistencias fijas.



3 Elementos de un circuito

□ Acoplamiento de receptores

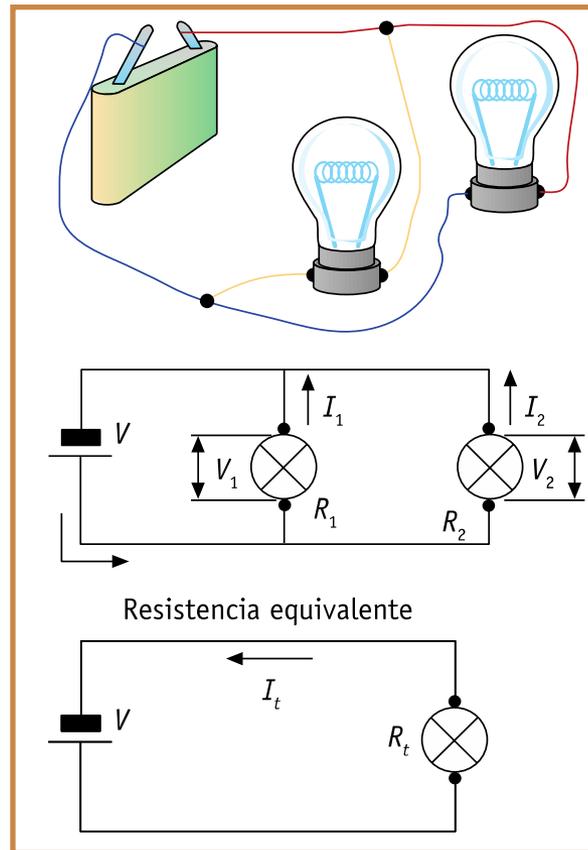
- Acoplamiento en serie.



Circuito en serie y su equivalente.

3 Elementos de un circuito

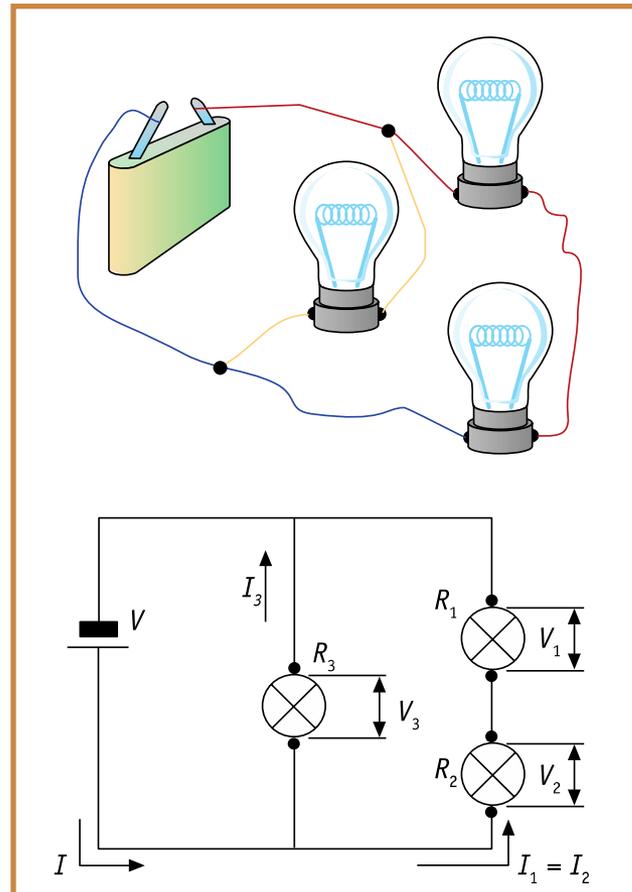
- Acoplamiento en paralelo.



Acoplamiento de dos lámparas en paralelo.

3 Elementos de un circuito

- Acoplamiento mixto de receptores.



Acoplamiento de receptores en serie-paralelo (mixto).



4 Resolución de problemas complejos

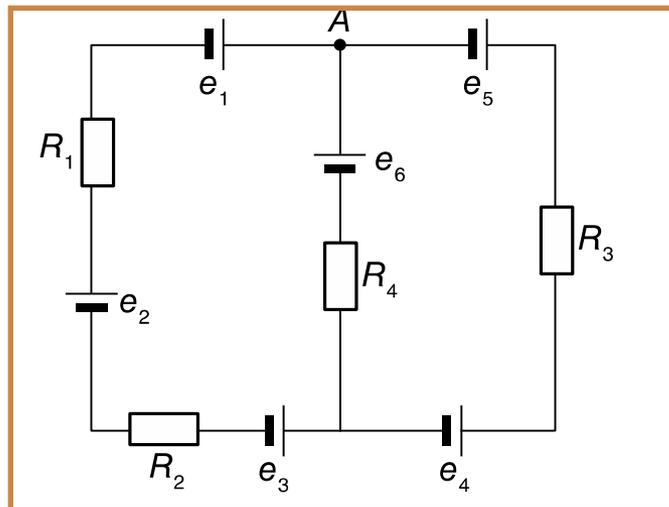
4.1 Leyes de Kirchhoff

Primera ley de Kirchhoff:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

Segunda ley de Kirchhoff:

$$\Sigma e = \Sigma R \cdot I$$



Circuito eléctrico complejo.

4 Resolución de problemas complejos

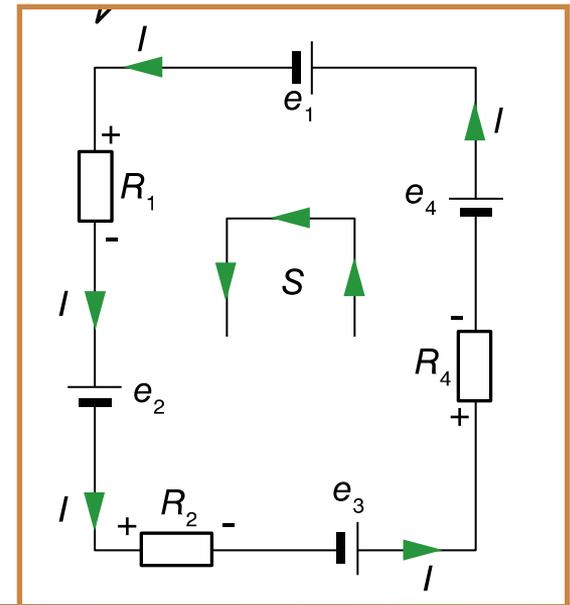
Resolución de problemas de una malla



Un **circuito de una malla** es un circuito cerrado simple, en el que puede haber varios generadores y receptores. En los circuitos de una malla, la intensidad de corriente es la misma en todos sus puntos.

Pasos:

1. Establecer el sentido de la intensidad de la corriente (I).
2. Establecer el sentido del recorrido (S).
 - a) Un generador tiene una fem positiva si el sentido elegido (S) va del borne positivo (+) al negativo (-) cuando atraviesa el generador.
 - b) La caída de tensión en un receptor es positiva cuando recorremos (según S) el receptor del polo positivo (+) al negativo (-).



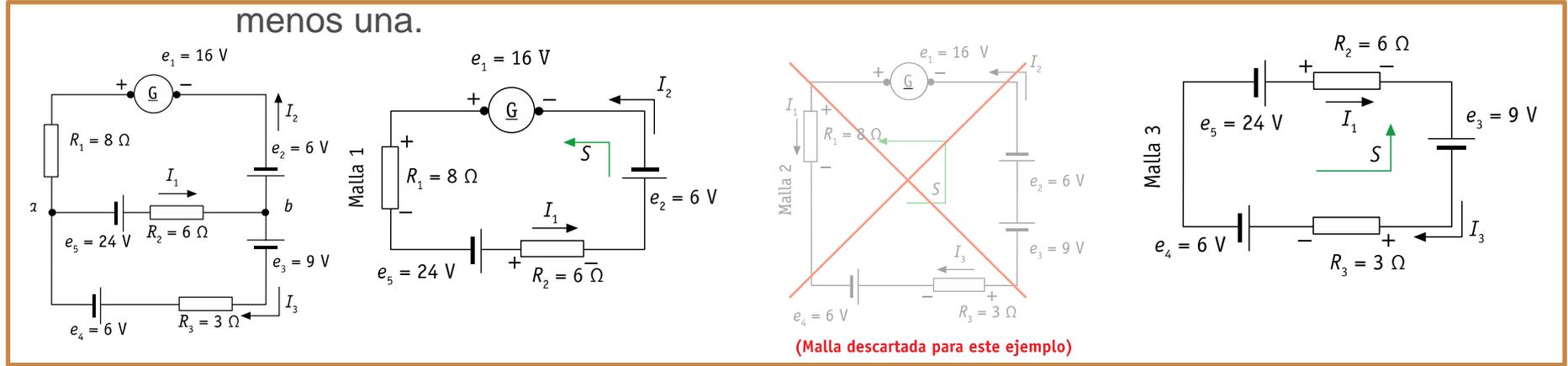


4 Resolución de problemas complejos

Resolución de problemas con varias mallas

Pasos:

1. Se dibuja el esquema del circuito de manera clara.
2. Se señalan los sentidos de las intensidades de corriente (se escoge al azar).
3. Se aplica la primera ley de Kirchhoff a todos los nodos menos uno.
4. Se aplica la segunda ley de Kirchhoff a tantas mallas como tenga el circuito menos una.





5 Distribución de la energía eléctrica

5.1 Transformadores eléctricos



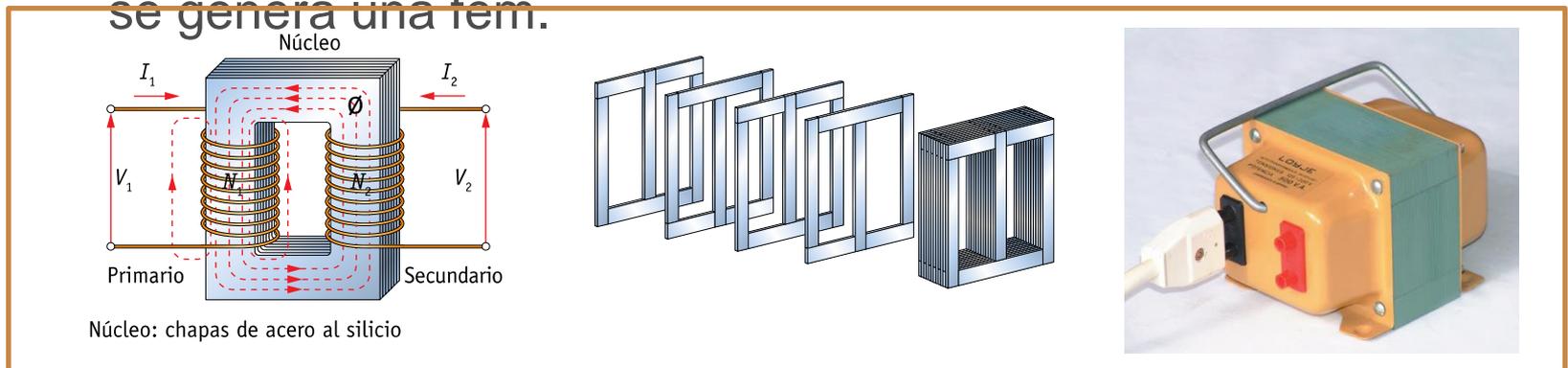
Los **transformadores eléctricos** son máquinas estáticas que se emplean para transformar la energía eléctrica primaria en energía eléctrica secundaria, elevando o reduciendo la tensión o la intensidad de la corriente alterna.

Su funcionamiento se basa en el **principio de inducción electromagnética**, que dice: *siempre que exista una variación de flujo electromagnético en un circuito estático o corte de flujo en un circuito en movimiento se genera una fem.* Por lo tanto, los transformadores no pueden funcionar con corriente continua. La variación de flujo se produce a causa del comportamiento de la corriente alterna.

5 Distribución de la energía eléctrica

□ Partes fundamentales de un transformador

- **Chapas de hierro:** lugar por donde circula el flujo magnético.
- **Bobinado primario:** formado por N_1 espiras o vueltas, que se conecta a la red.
- **Bobinado secundario:** formado por N_2 espiras, en el que se genera una fem.



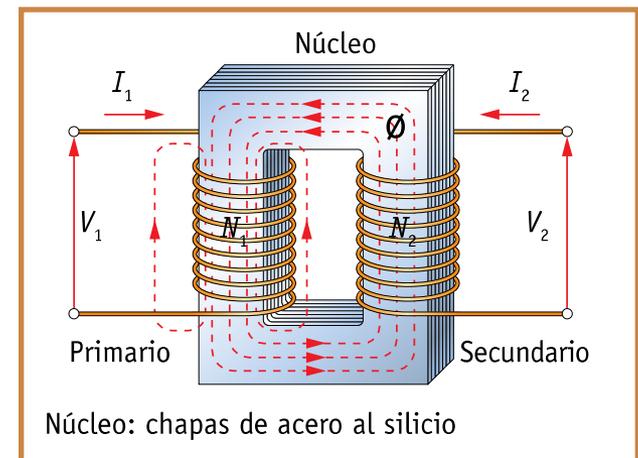
5 Distribución de la energía eléctrica

- El rendimiento de estas máquinas ronda el 99 %. Por tanto, considerando que no hay pérdidas de energía y potencia, se puede decir que la potencia de entrada (en el primario) es igual a la potencia de salida (secundario). Es decir: $P_1 = P_2$. Como $P_1 = V_1 \cdot I_1$ y $P_2 = V_2 \cdot I_2$, tenemos que: $V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2$; despejando:

$$V_1/V_2 = I_2/I_1 = m = \text{relación de transformación}$$

El número de espiras del primario y del secundario son proporcionales a sus tensiones respectivas.
Por tanto:

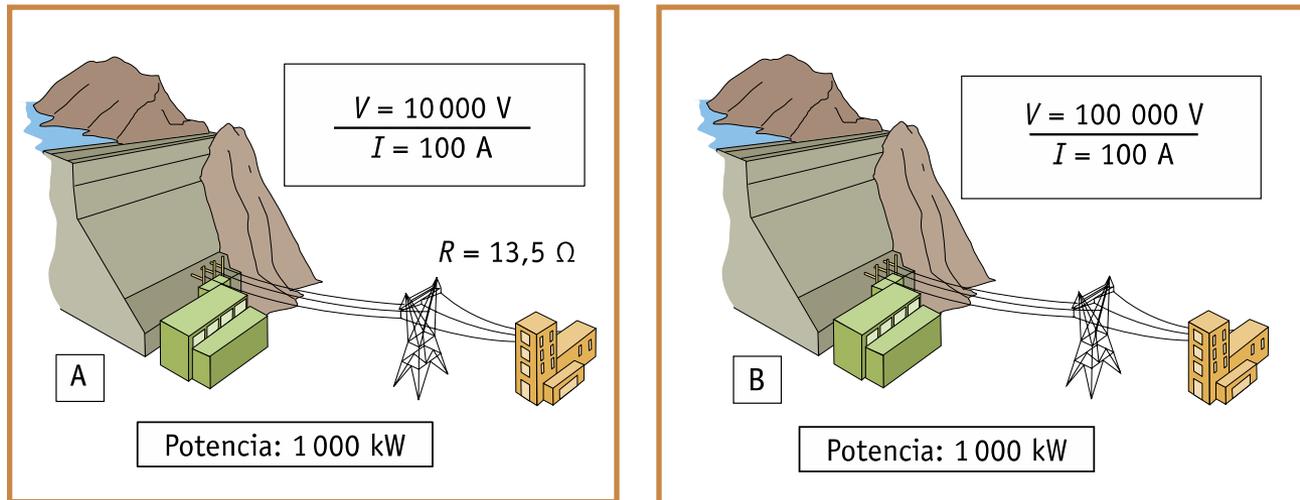
$$V_1/V_2 = I_2/I_1 = N_1/N_2$$



Interior del transformador.

5 Distribución de la energía eléctrica

5.2 Caída de tensión en el transporte de electricidad



Transporte de energía eléctrica.

5 Distribución de la energía eléctrica

5.3 Cálculo de líneas

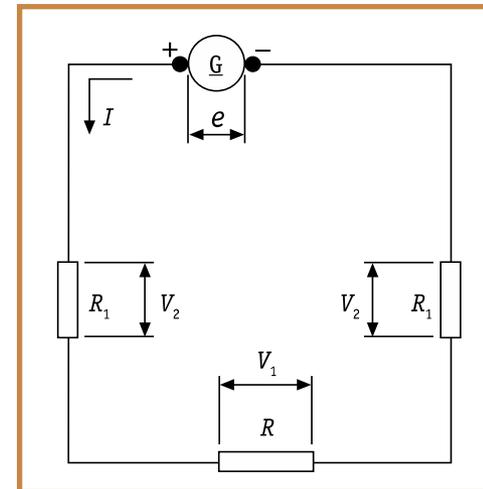
En función de la potencia será:

$$P = e \cdot I ; I = P/e; S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{V \cdot e}$$

También se puede poner la caída de tensión en tanto por ciento:

$$V = (V \% \cdot e)/100:$$

$$S = \frac{200 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{V \% \cdot e^2}$$



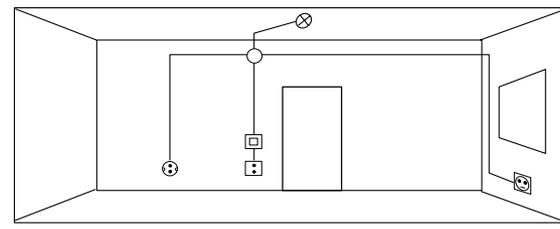
Cálculo de líneas.

6 Simbología, esquemas eléctricos y planos

Símbolos de instalaciones eléctricas de interior		Explicación
En esquemas eléctricos	En planos (planta y alzado)	
		Línea de dos conductores
		Caja de derivación
		Cables que se cruzan
		Unión de líneas
		Toma de corriente (enchufe) de 10/16 A
		Toma de corriente con toma de tierra 10/16 A
		Toma de corriente con toma de tierra 25 A
		Pulsador
		Interruptor unipolar
		Interruptor bipolar
		Conmutador simple
		Magnetotérmico bipolar
		Diferencial bipolar
	$3 \times 60 \text{ W}$	Grupo de tres lámparas de 60 W cada una
	$3 \times 20 \text{ W}$	Fluorescente con 3 tubos de 20 W
		(a) Timbre (b) Zumbador
		Contador
		Cuadro de distribución

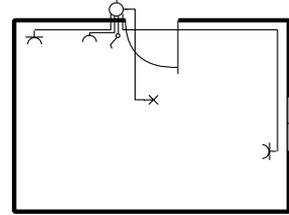
Interpretación de planos

Si se quiere hacer la instalación eléctrica de una habitación, podemos hacerla mediante instalación eléctrica en planta o esquema del circuito.



Perspectiva de la instalación eléctrica (poco usual).

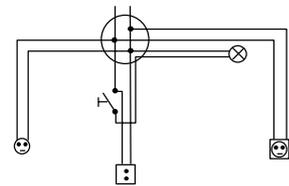
• Circuito unifilar



Normalmente, en los planos que se hacen en arquitectura se representan las instalaciones en planta.

Instalación eléctrica en planta.

• Circuito multifilar



El esquema del circuito nos da una idea más general de cómo van unidos cada uno de los cables.

Esquema del circuito.

Símbolos empleados en instalaciones eléctricas.



7.1 Densidad de corriente y cálculo de secciones



La **densidad de corriente** es el cociente entre la intensidad de corriente que circula por un conductor y su sección.

Su fórmula es la siguiente:

$$\delta = I/S$$

donde I = intensidad (en A) y S = sección (en mm²).

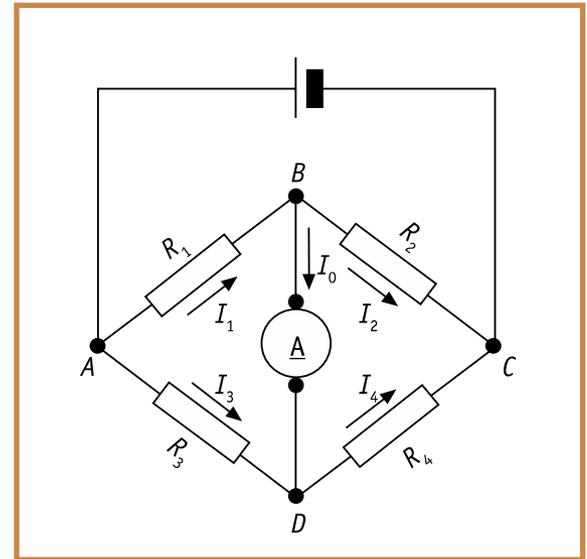
Sección en mm ²	Densidad de corriente en A/mm ² (δ)	
	Cobre	Aluminio
6	9,00	-
10	8,75	-
16	7,60	6,00
25	6,35	5,00
35	5,75	4,55
50	5,10	4,00
70	4,50	3,55
95	4,05	3,20
125	3,70	2,90
160	3,40	2,70
200	3,20	2,50
250	2,90	2,30
300	2,75	2,15
400	2,50	1,95
500	2,30	1,80
600	2,10	1,65

8 Montaje y experimentación de circuitos eléctricos de corriente alterna

□ Puentes de Wheatstone

Para la condición de equilibrio, se cumple que $I_1 = I_2$ e $I_3 = I_4$, por lo que:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} ; \quad R_4 = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_1}$$



Determinación de una resistencia mediante el puente de Wheatstone.

8 Montaje y experimentación de circuitos eléctricos de corriente alterna

Medida de intensidades mediante *shunt*

El proceso consiste en determinar cuánto ha de valer R_s para que por el amperímetro pasen I_A amperios. La tensión en el amperímetro es la misma que en el *shunt*, por lo que:

También se cumple que $I = I_A + I_s$

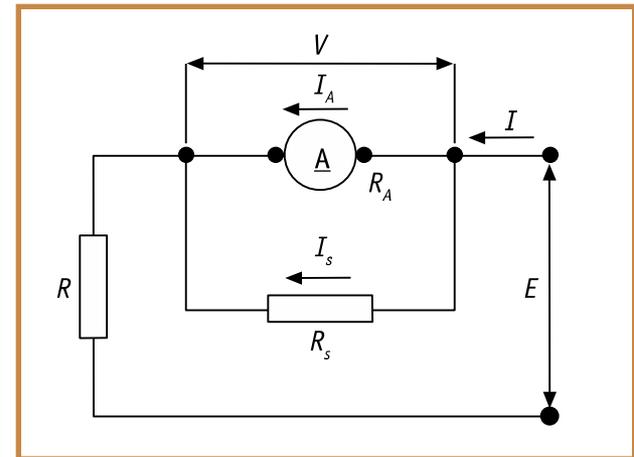
Despejando: $I_s = I - I_A$; $I_A \cdot R_A = (I - I_A) \cdot R_s$

Despejando R_A :

$$R_A = \frac{(I - I_A) \cdot R_s}{I_A} = \left(\frac{I}{I_A} - \frac{I_A}{I_A} \right) \cdot R_s = (m - 1) \cdot R_s$$

Despejando:

$$R_s = \frac{R_A}{m - 1}$$



Shunt para la medida de intensidades grandes.



9 Normas de seguridad en instalaciones eléctricas

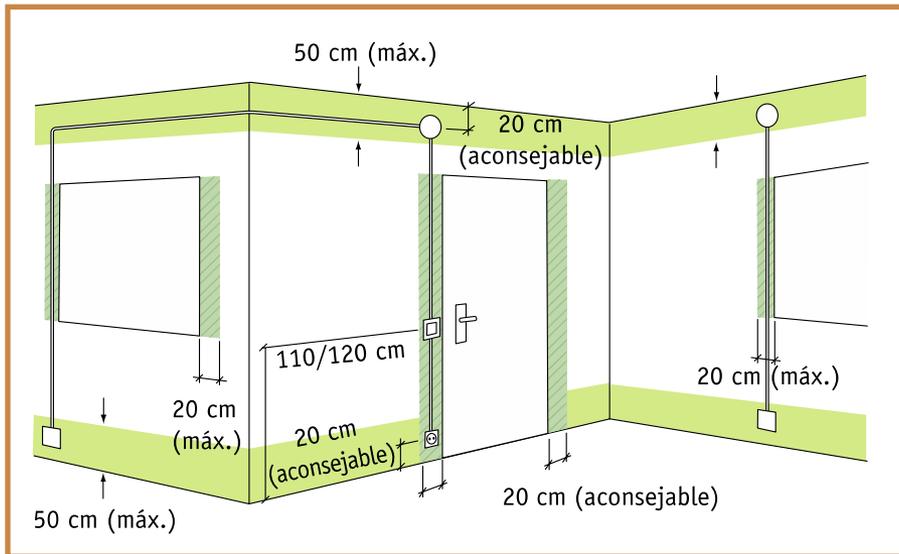
□ Características de los conductores:

- Aislamiento.
- Identificación de colores.
- Secciones mínimas de los cables.
- Caída de tensión máxima.

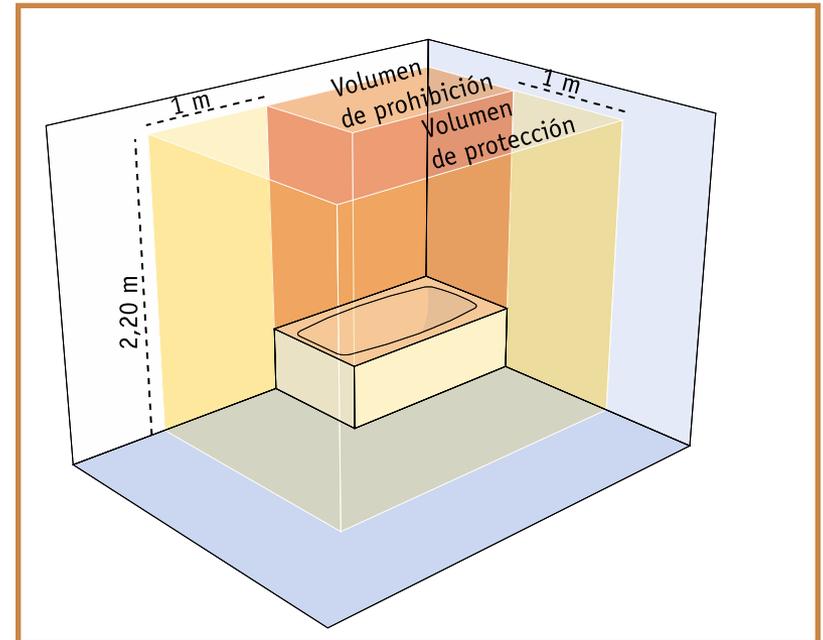


9 Normas de seguridad en instalaciones eléctricas

❑ Situación de los conductores en las paredes



Zonas por las que tiene que ir el cableado de una instalación eléctrica.



Zonas restringidas en la zona de baño.