



TECNICATURA SUPERIOR EN

**Telecomunicaciones**

---

**Electrónica Microcontrolada**

Fundamentos de Circuitos Eléctricos

# Teoría de Circuitos

## Que es un circuito eléctrico?

Es importante mencionar, que el inicio de todo conocimiento de “la realidad”, comienza con la construcción de un modelo, el cual es una representación abstracta, conceptual, gráfica, física, matemática, de fenómenos ó procesos con el objetivo de analizarlo, describirlo, explicarlo, ó simularlo.

La teoría de circuitos es un ejemplo de modelo, utilizado para el estudio de sistemas de energía en general. A menudo interesa transferir energía de un punto a otro. Hacerlo requiere una interconexión de dispositivos eléctricos.

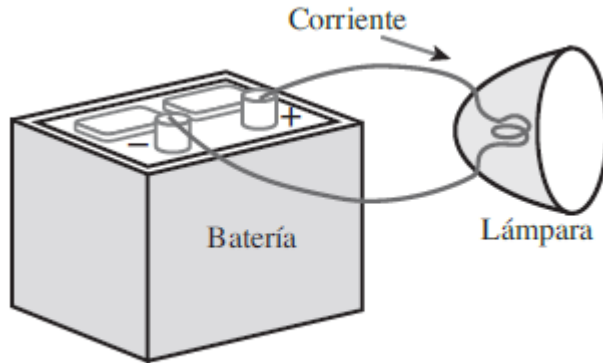
A tal interconexión se le conoce como *circuito eléctrico*, y a cada componente del circuito como *elemento*.

**Un circuito eléctrico es una interconexión de elementos eléctricos.**

---

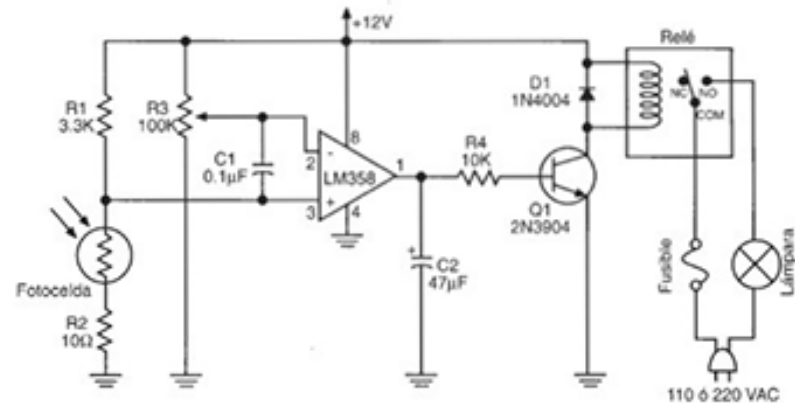
## Que es un circuito eléctrico?

Un circuito eléctrico simple se presenta en la figura 1.1. Consta de tres elementos básicos: una batería, una lámpara y alambres de conexión. Un circuito simple como éste puede tener varias aplicaciones, como las de linterna, reflector, etcétera.



**Figura 1.1**  
Circuito eléctrico simple.

Un circuito un poco mas complejo se muestra en la figura 1.2, la cual representa el diagrama esquemático de una fotocélula. Como ya se menciona, este circuito puede analizarse usando técnicas de modelos circuitales, digitales y electrónicos.



**Figura 1.2** Esquema de una fotocélula, que enciende la luz cuando se hace de noche.

## De maxwell a la teoría de circuitos

Uno de los objetivos de la teoría de circuitos es la creación de modelos adecuados que representen el comportamiento de circuitos en base a dos magnitudes fundamentales: la corriente y la tensión. Dichos modelos deben permitir el análisis del circuito con el objeto de predecir su comportamiento, a partir de magnitudes que sean relativamente sencillas de medir.

Resulta evidente que la rama de la física que estudia el electromagnetismo es clave para lograr el objetivo mencionado. Es a partir de ella que se desarrolla toda lo referido a lo que hoy se conoce como teoría de circuitos.

Las leyes de Maxwell, Ohm, Kirchhoff, Lenz, Faraday; son algunas de herramientas básicas utilizadas para dichos fines.

## De maxwell a la teoría de circuitos

James Clerk Maxwell unificó las leyes experimentales de la electricidad y el magnetismo en un solo cuerpo teórico que simplificó la imagen que se tenía de ambos tipos de fenómenos.

ECUACIONES DE MAXWELL		
Ley	Forma Integral	Forma diferencial
Gauss para campos eléctricos	$\oint \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = \int \rho dV = Q$	$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$
Gauss para campos magnéticos	$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = 0$	$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$
Ampere - Maxwell	$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{L} = \int \left( \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right) \cdot d\mathbf{S} = I_{Total}$	$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$
Faraday	$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{L} = - \int \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S} = V_{fem}$	$\nabla \times \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$
<div> <div> <math>\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E}</math>    ▶▶ <math>\epsilon</math>: permitividad dieléctrica.  <math>\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}</math>    ▶▶ <math>\mu</math>: permeabilidad magnética  <math>\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}</math>    ▶▶ <math>\sigma</math>: conductividad  <math>\mathbf{J}</math>: densidad superficial de corriente </div> <div> <math>Q</math>: carga eléctrica  <math>I</math>: corriente eléctrica  <math>V</math>: voltaje  <math>\rho</math>: densidad volumétrica de carga eléctrica </div> </div>		

## El análisis circuital

La meta de este texto es aprender varias técnicas analíticas y aplicaciones de *software* para describir el comportamiento de un circuito eléctrico.

Los circuitos eléctricos se usan en numerosos sistemas para realizar diferentes tareas. Por análisis de un circuito se entiende un estudio del comportamiento del circuito: ¿cómo responde a una entrada determinada? ¿Cómo interactúan los elementos y dispositivos interconectados en el circuito? Este estudio inicia con la definición de algunos conceptos básicos. Estos conceptos son carga, corriente, tensión, elementos de circuito, potencia y energía. Dichas variables son valores escalares que derivan de las ecuaciones de maxwell. Pero antes de definir las se debe establecer el sistema de unidades que se usará a lo largo del texto. El sistema métrico legal Argentino, a través del artículo 1 de la ley de metrología 19511 establece que el sistema métrico utilizado será el del Sistema Internacional de Unidades de Medidas. (S.I.)

## Magnitudes

En la Conferencia General de Pesos y Medidas de 1960, se modernizó el sistema métrico creándose el Sistema Internacional de Unidades (Système International d'Unités), llamado comúnmente unidades SI. Las unidades fundamentales o básicas se combinan dando lugar a otras cantidades físicas. Las más importantes de ellas se indican en las siguientes tablas, junto con su símbolo.

*Unidades básicas del Sistema Internacional (SI)*

Magnitud	Nombre	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Corriente eléctrica	amperio	A
Temperatura termodinámica	kelvin	K
Cantidad de sustancia	mol	mol
Intensidad luminosa	candela	cd

*Unidades derivadas del SI*

Magnitud	Nombre de la unidad	Fórmula	Símbolo
Aceleración lineal	metro por segundo por segundo	$\text{m/s}^2$	
Velocidad lineal	metro por segundo	$\text{m/s}$	
Frecuencia	hertz	$\text{s}^{-1}$	Hz
Fuerza	newton	$\text{Kg m/s}^2$	N
Presión o esfuerzo	pascal	$\text{N/m}^2$	Pa
Densidad	kilogramo por metro cúbico	$\text{Kg/m}^3$	
Energía o trabajo	joule	$\text{N m}$	J
Potencia	vatio	$\text{J/s}$	W
Carga eléctrica	coulombio	$\text{A s}$	C
Potencial eléctrico	voltio	$\text{W/A}$	V
Resistencia eléctrica	ohmio	$\text{V/A}$	$\Omega$
Conductancia eléctrica	siemens	$\text{A/V}$	S
Capacitancia eléctrica	Faradio	$\text{C/V}$	F
Flujo magnético	weber	$\text{V s}$	Wb
Inductancia	henrio	$\text{Wb/A}$	H

El SI incorpora un sistema decimal para relacionar cantidades mayores o menores con la unidad básica. Las potencias de 10 se representan con prefijos estándar, dados en la siguiente tabla.

Múltiplo	$10^{12}$	$10^9$	$10^6$	$10^3$	$10^2$	$10^1$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$	$10^{-15}$
Prefijo	tera	giga	mega	kilo	hecto	deca	deci	centi	mili	micro	nano	pico	femto
Símbolo	T	G	M	K	H	D	d	c	m	$\mu$	n	p	f



## Tensión y Corriente eléctrica

**Tensión.** La capacidad de transferencia de energía entre dos puntos por los que se mueve un determinado flujo de carga viene dada por la diferencia de tensión o de voltaje entre esos puntos. Otra definición de tensión es la energía requerida para que una carga unidad se desplace entre dos puntos dados. Expresado matemáticamente:

$$V_a - V_b = \Delta V = \frac{dE}{dQ}$$

La unidad de la tensión es el voltio, que se define como la tensión existente entre dos puntos cuando una carga de un culombio que se mueve a través de ellos libera una energía de un julio.

**Intensidad o corriente eléctrica.** Se define como la cantidad de *carga positiva neta* que pasa por una determinada región por unidad de tiempo.

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

La unidad de la corriente es el amperio.

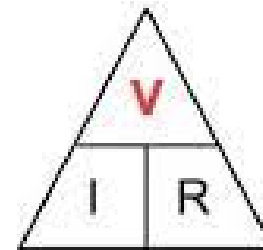
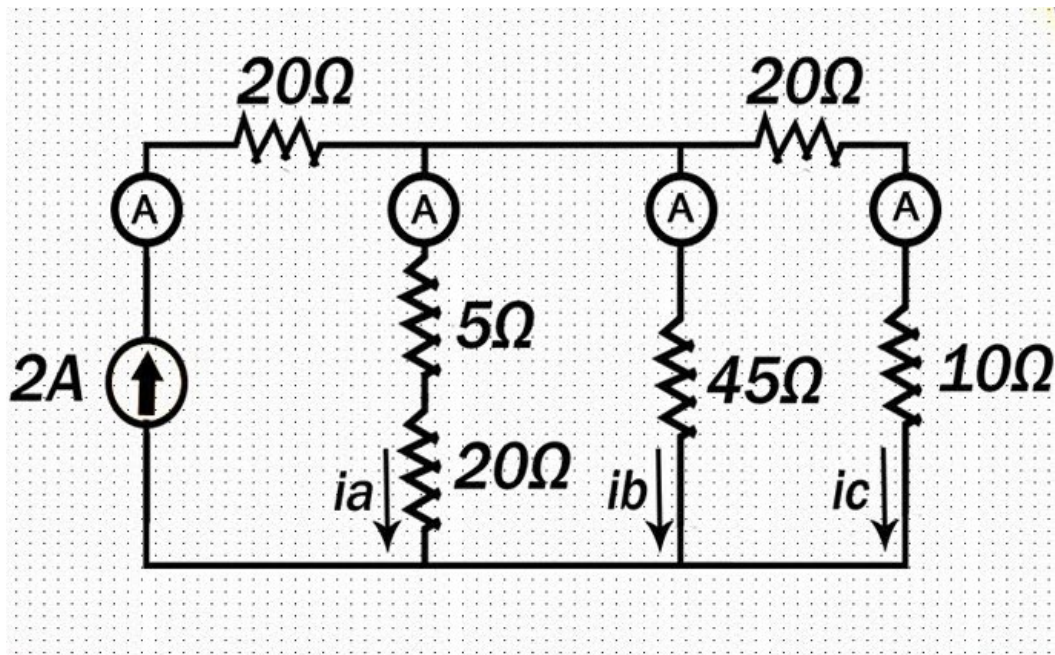
Dadas las anteriores relaciones, se puede sacar la primera conclusión sobre los conceptos de voltaje e intensidad; si multiplicamos la diferencia de voltaje y la intensidad de un determinado dipolo, se obtiene:

$$\Delta V \cdot I = \frac{dE}{dQ} \cdot \frac{dQ}{dt} = \frac{dE}{dt}$$

## Tensión y Corriente eléctrica y Ley de Ohm

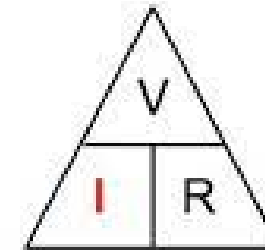
### Ley de OHM:

“La intensidad de corriente que atraviesa un circuito es directamente proporcional al voltaje o tensión del mismo e inversamente proporcional a la resistencia que presenta”



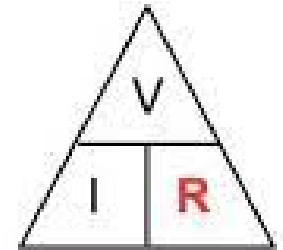
$$V = I \times R$$

Voltaje  
(voltios)



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

Corriente  
(amperios)



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

Resistencia  
(ohmios)

# Elementos de Circuitos

## Elementos Circuitales

Mediante los conceptos de corriente y de tensión, ahora es posible ser más específicos en la definición de un ***elemento de circuito***.

- Un circuito eléctrico es simplemente una interconexión de los elementos.
- El análisis de circuitos es el proceso de determinar las tensiones (o las corrientes) a través de los elementos del circuito.
- Hay dos tipos de elementos en los circuitos eléctricos:
  - a) **Elementos activos**: capaz de generar energía. Ej: generadores, las baterías, amplificadores operacionales, fotodiodo, fototransistor, etc.
  - b) **Elementos pasivos**: incapaz de generar energía. Resistencia, Inductor y Capacitor.

## Elementos activos

Los elementos activos son las fuentes de energía, las cuales introducen en los circuitos energía eléctrica procedente de la transformación de otras formas energéticas.

Pueden ser **fuentes de tensión** o **fuentes de corriente**. Así mismo, se les llama **independientes** si su valor no depende de otras variables del circuito, *fig. 1.2*. Serán por tanto **dependientes** si su valor depende de otra variable del circuito, *fig. 1.3*. Para el caso particular de tratarse de fuentes de continua o de alterna, se suelen utilizar los símbolos de la figura *fig. 1.4*.

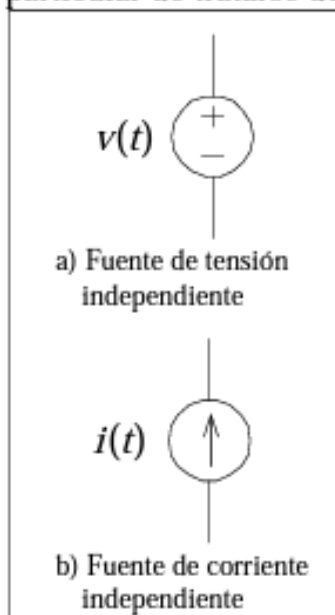


Fig. 1.2

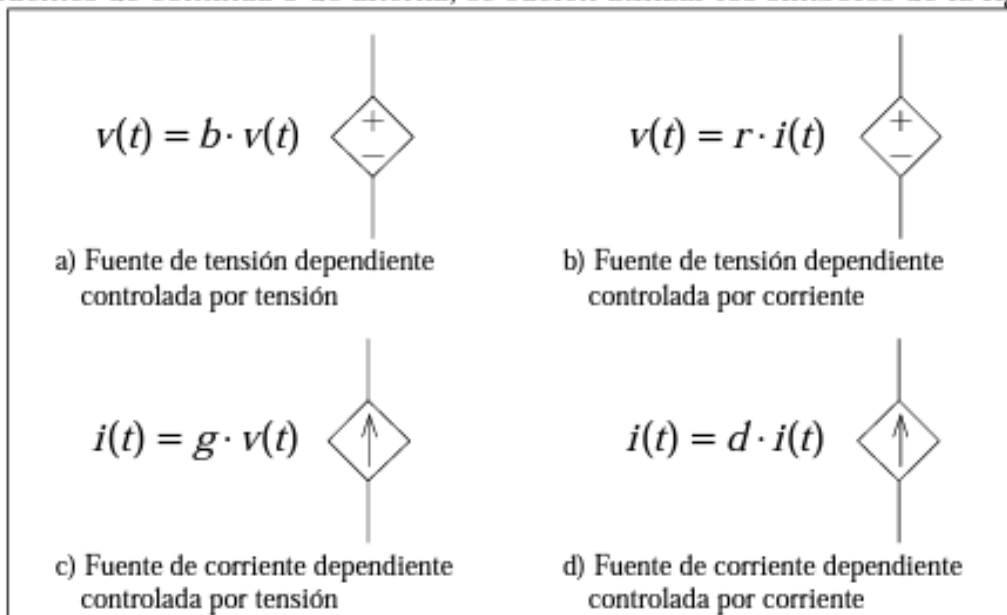


Fig. 1.3

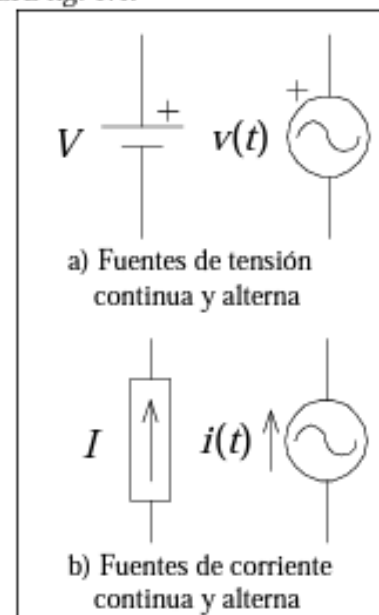


Fig. 1.4

# Elementos Circuitales: Fuentes Ideales y Reales

## Fuente de tensión

Una **fente de tensión ideal** es la que nos suministra una tensión constante independientemente del valor de la intensidad que suministra (fig.1.14).

Sin embargo, en la realidad, la fuente de tensión tiene una resistencia interna que se puede considerar asociada en serie con la propia fuente (fig.1.15), constituyendo lo que llamamos **fente de tensión real**. Si utilizamos una fuente de tensión real para alimentar a una resistencia de carga  $R_c$ , como se muestra en la figura, la ecuación de la malla es:

$$E = R_i I_c + R_c I_c = R_i I_c + V$$

$$E = I_c (R_i + R_c)$$

$$V = E - R_i I_c$$

$$I_c = \frac{E}{R_i + R_c}$$

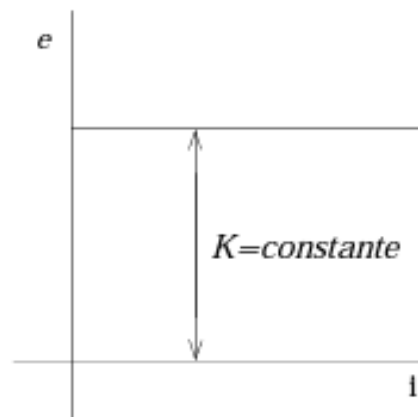


Fig. 1.14

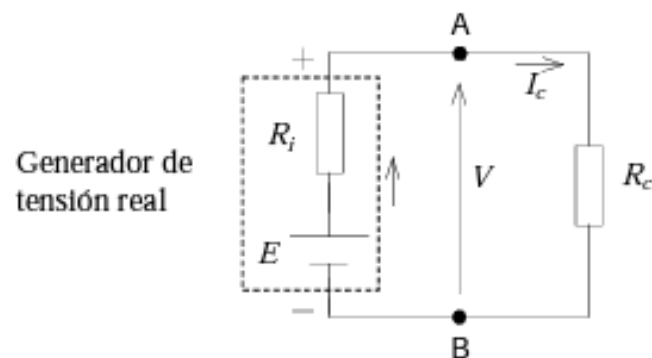


Fig. 1.15

(tensión en bornes del generador)



## Elementos Circuital: Fuentes Ideales y Reales

### Fuente de corriente

Además de fuentes de tensión, tenemos también fuentes de corriente. Una **fente de corriente ideal** es la que nos suministra una intensidad constante independientemente del valor de la tensión en sus bornes (fig. 1.18).

En la realidad esto no se cumple y una **fente de corriente real** estará constituida, por una fuente de corriente ideal con una resistencia interna conectada en paralelo.

Si utilizamos una fuente de corriente real para alimentar a una resistencia  $R_c$ , la corriente a la salida de la fuente real es menor que la corriente entregada por la fuente ideal, ya que parte se pierde por la resistencia interna.

$$I_{cc} = I_i + I_c$$

$$I_c = I_{cc} - I_i$$

$$I_{cc} = \frac{V}{R_i} + \frac{V}{R_c}$$

$$V = \frac{I_{cc}}{\frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_c}}$$

En la comparación entre fuente o generador de tensión real y fuente o generador de intensidad real, podemos apreciar que mientras que en el primero nos interesa que la resistencia interna,  $R_i$ , sea muy pequeña para que la caída de tensión interna y, en consecuencia, la pérdida de energía sea pequeña; en el segundo, por el contrario, la resistencia interna,  $R_i$ , debe ser muy grande para que la intensidad que se derive por ella,  $I_i$ , sea pequeña para disminuir la pérdida de energía interna.

Para evitar pérdidas de energía, entre generadores, no debemos acoplar en paralelo fuentes de tensión que tengan distintas fuerzas electromotrices,  $E$ , ni acoplar en serie fuentes de intensidad con diferente  $I_{cc}$ .

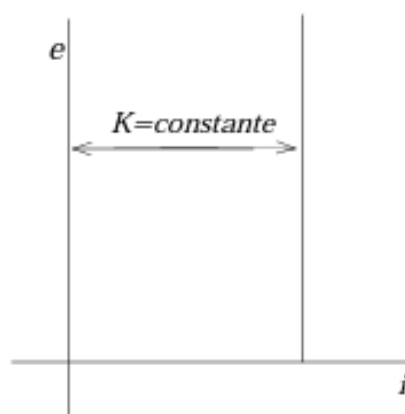


Fig. 1.18

Generador de corriente real

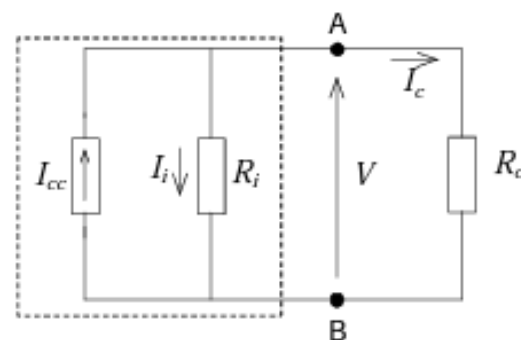


Fig. 1.19

## Elementos Circuitales: Fuentes Ideales y Reales

### Equivalencia de fuentes

Las fuentes ideales no existen y podemos decir que un generador de tensión suministra una tensión útil, en sus bornas, que sí depende de la corriente de carga y un generador de intensidad o corriente nos da una intensidad útil que sí depende de la tensión en sus bornas. En algunos casos nos puede interesar hallar la equivalencia entre fuentes de tensión y de intensidad para sustituir una por otra en un circuito para facilitarnos la resolución.

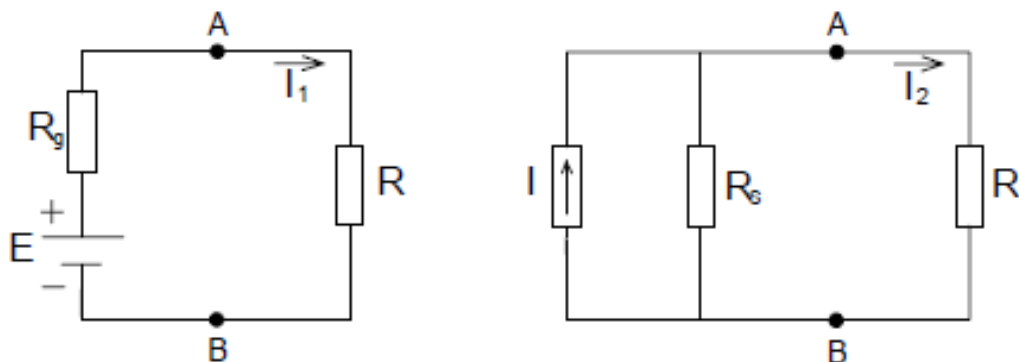


Fig. 1.20

Las fuentes de tensión e intensidad en la *fig. 1.20* serán equivalentes cuando suministren la misma intensidad a la misma carga, es decir que se cumpla que  $I_1 = I_2$ .

con lo que  $R_g = R_g$  y  $E = IR_g$  o  $I = \frac{E}{R_g}$

Todo lo que hemos estudiado, en corriente continua, se puede aplicar a fuentes reales de onda senoidal, sustituyendo las resistencias por impedancias y teniendo en cuenta que tanto  $E$  como  $I$  serán vectores giratorios.



## Elementos Circuitales Pasivos



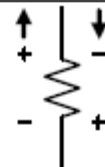
Se constituye un circuito eléctrico con la unión mediante conductores de elementos productores de energía eléctrica (**activos**) y elementos consumidores o de almacenamiento (**pasivos**).

Debiéndose cumplir la siguiente condición, que en el circuito se haya establecido al menos una trayectoria cerrada, por la que pueda fluir continuamente la corriente.

**Elementos activos**, son elementos capaces de suministrar energía, llamados fuentes de energía eléctrica, por tanto son la causa que provoca la circulación de la corriente por los circuitos.

**Elementos pasivos**, son aquellos que consumen o almacenan la energía eléctrica, como las resistencias (que consumen la energía disipándola en forma de calor), inductancias (que la almacenan en un campo magnético) y capacidades (que la almacenan en un campo eléctrico). Estos elementos pasivos pueden ser de características constantes (independientes de la tensión y de la intensidad) y se llaman lineales a los circuitos que contienen estos elementos. Los circuitos que contienen algún elemento que varía, en sus características, con la tensión o intensidad, se denominan no lineales

## Elementos Circuitales Pasivos

Elemento			
Símbolo	$C$	$L$	$R$ $G$
Denominación	Capacitor	Inductor	Resistor
Característica	Capacitancia	Inductancia	Resistencia Conductancia
Unidad	F	H	$\Omega$ S
Denominacion unidad	farad	henry	ohm siemens

## Elementos Circuitales Pasivos

### Resistencia

El símbolo utilizado para representar a una resistencia ideal es el mostrado en la *fig. 1.6.a*. En muchos documentos y bibliografía se ha extendido el uso del símbolo de la *fig. 1.6.b*, sin embargo, este símbolo lo utilizaremos cuando la resistencia tenga una componente inductiva que no se debe despreciar. Esto sucede, por ejemplo, en resistencias que por su diseño constructivo están formadas por un hilo enrollado dando lugar a la aparición de la mencionada componente inductiva, en este caso diremos que se trata de una resistencia no ideal.

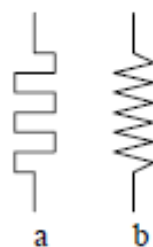


Fig. 1.6

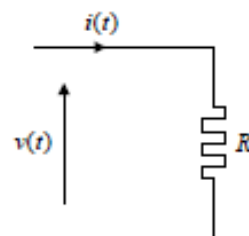


Fig. 1.7

Una resistencia es un elemento pasivo que consume energía eléctrica, la cual se disipa en forma de calor. Cuando una resistencia es recorrida por una intensidad de corriente  $i(t)$ , en extremos de ella se establece una diferencia de potencial  $v(t)$ , cumpliendo la ley de Ohm y con la polaridad indicada en la *fig. 1.7*.

$$v(t) = R \cdot i(t)$$

Donde  $R$  es una constante que determina el valor de la resistencia en ohmios.

La potencia entregada a una resistencia es:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = v(t) \cdot \frac{v(t)}{R} = \frac{v^2(t)}{R}$$

O bien:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = R \cdot i(t) \cdot i(t) = R \cdot i^2(t)$$

Como  $i^2(t)$  es siempre positiva, la energía siempre será positiva y por tanto consumida.

En el caso de tratarse de una corriente continua,  $i(t) = I$ , siendo la potencia y la energía en la resistencia:

$$p(t) = R \cdot I^2 \quad W$$

### Inductancia o autoinducción

El símbolo utilizado para representar a una inductancia ideal con núcleo de aire, es el mostrado en la *fig. 1.8.a*, aunque también se utiliza el de la *fig. 1.8.b*. Si la inductancia tiene núcleo de material ferromagnético (también llamado núcleo de hierro), se indica con una o dos líneas a lo largo del símbolo, *fig. 1.8.c* y *d*. Estas bobinas reciben el nombre de *choque* y su función es suavizar las variaciones de la corriente que circula a través suyo. Si la inductancia no es ideal (inductancia real), es decir, tiene una componente de resistencia, se utiliza el símbolo de la *fig. 1.6.b*.

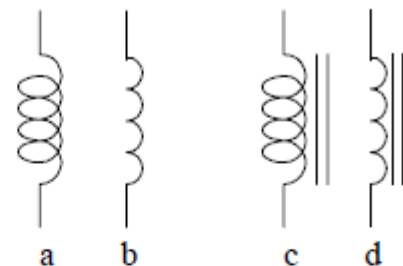


Fig. 1.8

Una inductancia es un solenoide o bobina, construido con un hilo conductor arrollado con un número  $N$  de vueltas. Cada vuelta es una espira, por lo que la bobina estará constituida por  $N$  espiras conectadas en serie. Al ser recorrida la bobina por una corriente eléctrica  $i(t)$ , el campo magnético creado dará lugar a un flujo que recorre el interior del solenoide, atravesando todas las espiras. Según las leyes del electromagnetismo y en concreto la ley de Faraday, en extremos de la bobina se induce una diferencia de potencial por el flujo creado en la propia bobina, que recibe el nombre de *fuerza electromotriz autoinducida*, con una polaridad tal que se opone al paso de la corriente, como se indica en la *fig. 1.9*.

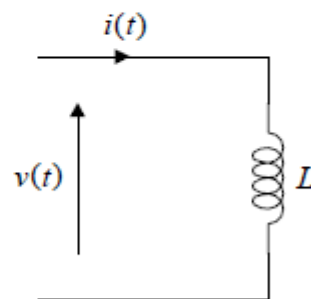


Fig. 1.9

$$e(t) = N \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

Según esta ecuación, si el flujo es constante no habrá tensión inducida. Esto justifica que una bobina en un circuito de corriente continua no tenga efecto alguno, ya que al ser constante la corriente, también será constante el flujo en el interior del solenoide.

### ***Inductacia o autoinducción***

Toda inductancia queda determinada por el valor de la constante  $L$ , que se mide en Henrios ( $H$ ) y recibe el nombre de “*coeficiente de autoinducción*” de la bobina. Este coeficiente, relaciona el flujo creado en la bobina con la corriente eléctrica que la recorre, según la ecuación:

$$L = N \frac{d\Phi(t)}{di(t)} \quad (2)$$

Podemos expresar la f.e.m. autoinducida en la inductancia, sustituyendo en la ecuación (1) el valor  $N \cdot d\Phi(t)$ , despejado de la ecuación (2):

$$e(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

Según se indica en la *fig. 1.9*, la diferencia de potencial  $v(t)$  establecida en una inductancia coincide con el valor de la f.e.m. autoinducida, por tanto:

$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

Por otro lado, despejando la corriente de la ecuación anterior, tenemos:

$$di(t) = \frac{1}{L} v(t) dt$$

$$i(t) = \frac{1}{L} \int v(t) dt$$

## Inductacia o autoinducción

Por otro lado, despejando la corriente de la ecuación anterior, tenemos:

$$di(t) = \frac{1}{L} v(t) dt$$

$$i(t) = \frac{1}{L} \int v(t) dt$$

La potencia en una inductancia es:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = \left( L \frac{di(t)}{dt} \right) \cdot i(t)$$

La energía en la inductancia se encuentra almacenada en el campo magnético.

$$W = \int_{t_0}^t p(t) dt = L \int_{i(t_0)}^{i(t)} i(t) di(t)$$

Integrando entre  $i(t_0)$  e  $i(t)$ , se tiene:

$$W = \frac{L}{2} [i^2(t)]_{i(t_0)}^{i(t)} = \frac{L}{2} [i^2(t) - i^2(t_0)]$$

Generalmente se selecciona  $t_0 = -\infty$  y a menudo la corriente  $i(-\infty) = 0$ . Entonces, se tiene:

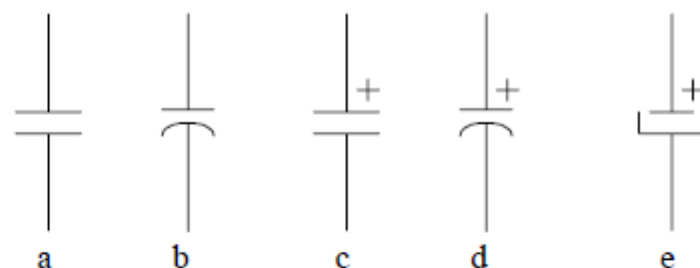
$$W = \frac{1}{2} Li^2(t) \quad J$$

En este caso la energía también será siempre mayor o igual a cero. Una inductancia es un elemento pasivo que no genera ni disipa energía, sólo la almacena.



### Condensador

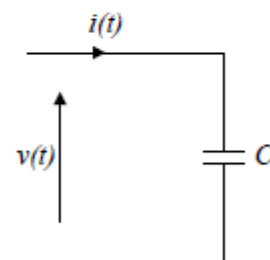
El símbolo utilizado para representar a un condensador ideal es el mostrado en la *fig. 1.10.a*, aunque también se utiliza el de la *fig. 1.10.b*. Algunos condensadores tienen polaridad, la cual debe ir indicada en el símbolo, como se muestra en la *fig. 1.10.c* y *d*. Un caso particular de este tipo de condensadores son los electrolíticos, siendo su símbolo el de la *fig. 1.10.e*.



*Fig. 1.10*

Un condensador está constituido por dos placas conductoras enfrentadas, separadas por un material que recibe el nombre de dieléctrico. Cuando se aplica al condensador una diferencia de potencial, las placas quedan cargadas con cargas de polaridad contraria, estableciéndose un campo eléctrico entre las placas. La relación entre la cantidad de carga acumulada y la diferencia de potencial que ha provocado dicha acumulación, determinan una constante que caracteriza a todo condensador, denominada capacidad  $C$ , que se mide en Faradios ( $F$ ).

$$C = \frac{q(t)}{v(t)}$$



*Fig. 1.11*

La tensión que presenta un condensador dependerá por tanto de la carga acumulada:

$$v(t) = \frac{1}{C} q(t) \quad (3)$$

### Condensador

Durante el tiempo que tarda en acumularse la carga se establece una intensidad de corriente eléctrica, igual a la cantidad de carga desplazada en la unidad de tiempo:

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

de donde la cantidad de carga acumulada será:  $q(t) = \int_{-\infty}^t i(t)dt$

Sustituyendo en (3), tenemos la tensión del condensador en función de la intensidad de corriente:

$$v(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(t)dt = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^{t_0} i(t)dt + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(t)dt = v(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(t)dt$$

Si el circuito del que forma parte el condensador se ha establecido en el instante  $t_0$ , el término  $v(t_0)$  corresponde al valor inicial de la tensión en el condensador, debido a una carga acumulada en el condensador en instantes anteriores a  $t_0$ . Si el condensador no tiene carga acumulada  $v(t_0)=0$ , y la tensión será:

$$\boxed{v(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i(t)dt} \quad (4)$$



### Condensador

Cuando se utiliza un condensador en un circuito de corriente continua, como la intensidad tiene un único sentido, las placas del condensador se cargarán hasta alcanzar un valor de carga constante y el condensador presentará una tensión constante entre sus placas:

$$V = \frac{1}{C} q$$

Despejando  $i(t)$  de la ecuación (4), tenemos:

$$i(t) = C \frac{dv(t)}{dt}$$

De la cual deducimos que si la tensión en un condensador se mantiene constante, la intensidad es nula, lo que demuestra el comportamiento de un condensador en continua, anulando la corriente en la rama donde está conectado.

La potencia en un condensador es:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = v(t) \cdot \left( C \frac{dv(t)}{dt} \right)$$

La energía en el condensador se encuentra almacenada en el campo eléctrico.

$$W = \int_{t_0}^t p(t) dt = C \int_{v(t_0)}^{v(t)} v(t) dv(t)$$

Integrando entre  $v(t_0)$  y  $v(t)$ , se tiene:

$$W = \frac{C}{2} [v^2(t)]_{v(t_0)}^{v(t)} = \frac{C}{2} [v^2(t) - v^2(t_0)]$$

Generalmente se selecciona  $t_0 = -\infty$  y a menudo la tensión  $v(-\infty) = 0$ . Entonces, se tiene:

$$W = \frac{1}{2} C v^2(t) \quad J$$

En este caso la energía también será siempre mayor o igual a cero. Un condensador es un elemento pasivo que no genera ni disipa energía, sólo la almacena.

# Leyes de Circuitos

### Potencia eléctrica

Imaginemos que en la escuela nos piden que acomodemos 100 sillas en el SUM porque va a realizarse un acto.

Para llevar cada silla hasta el SUM debemos hacer un gasto de Energía, en este caso de potencia mecánica, que dependerá del peso de la silla y de la distancia que tengamos que moverla.

Ahora bien, ¿es lo mismo mover todas estas sillas tranquilos, digamos en una hora, que hacerlo apresuradamente porque debe estar todo listo en 10 minutos? Seguramente no. Aunque la energía empleada es la misma, puesto que el peso de las sillas y la distancia recorrida no ha cambiado, el hecho de hacerlo más rápido seguramente nos dejará mas cansados.

¿Porqué?

Porque aunque la energía gastada fue la misma, la gastamos mas rápidamente, con mayor velocidad, y nuestro cuerpo se cansa más.

**La velocidad con la que se gasta la energía se denomina potencia.**

## Ley de Ohm

G. Simon Ohm (1787-1854)

$$R = \frac{V}{I} \longrightarrow I = \frac{V}{R}$$

La intensidad de corriente que circula por un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica del conductor.

$V$ : diferencia de potencial "V" (voltio).

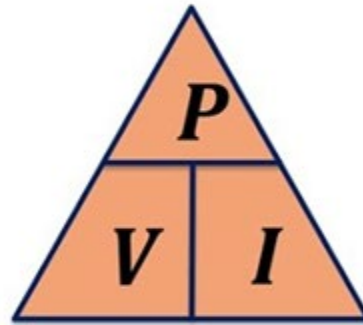
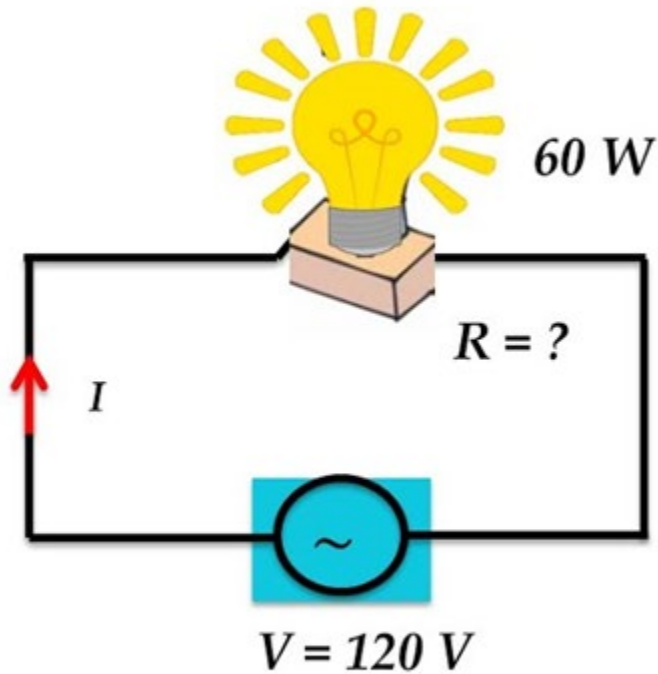
$I$ : intensidad de corriente "A" (amperio).

$$I = \frac{Q}{t} \left\{ \begin{array}{l} Q: \text{carga "C" (Coulomb)} \\ t: \text{tiempo "s" (segundo)} \end{array} \right.$$

$R$ : resistencia eléctrica " $\Omega$ " (ohmios)

$$R = p \frac{l}{A} \left\{ \begin{array}{l} p: \text{resistividad } (\Omega\text{m}) \\ l: \text{longitud (m)} \\ A: \text{área o sección transversal (m}^2\text{)} \end{array} \right.$$

# Potencia Eléctrica - Ley de Watt

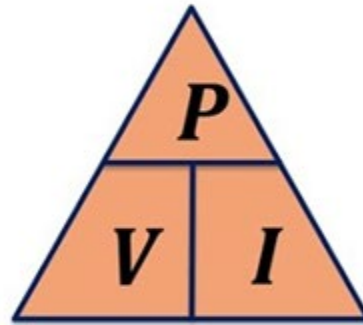
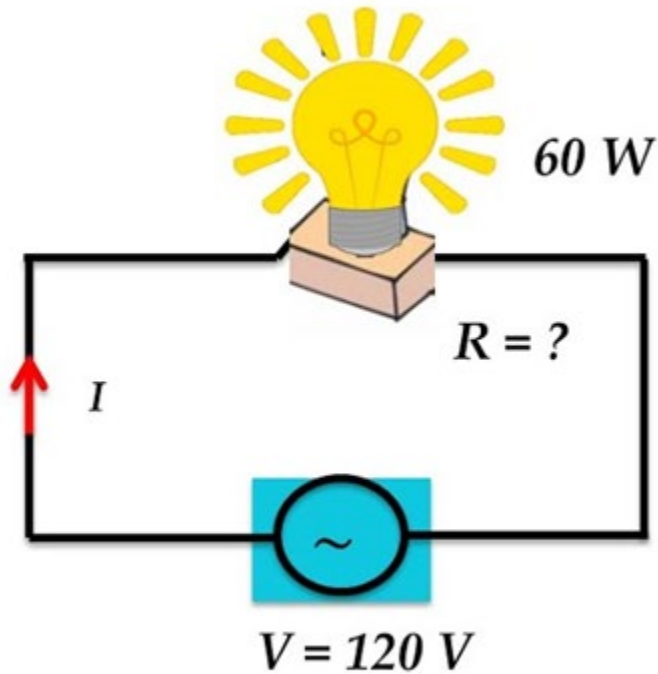


$$P = VI$$

$$P = I^2 R$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

# Potencia Eléctrica - Ley de Watt



$$P = VI$$

$$P = I^2 R$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

## Leyes circuitales

### Combinación de las fórmulas de la ley de Ohm y ley de Watt

Variables:

R= resistencia en ohmio ( $\Omega$ )    I = corriente en amperios (A)    P = potencia en vatios (W)    V = voltaje en voltios (v)

Voltaje

$$V = IR \quad V = \frac{P}{I} \quad V = \sqrt{PR}$$

Potencia

$$P = \frac{V^2}{R} \quad P = IV \quad P = RI^2$$

Corriente

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} \quad I = \frac{P}{V} \quad I = \frac{V}{R}$$

Resistencia

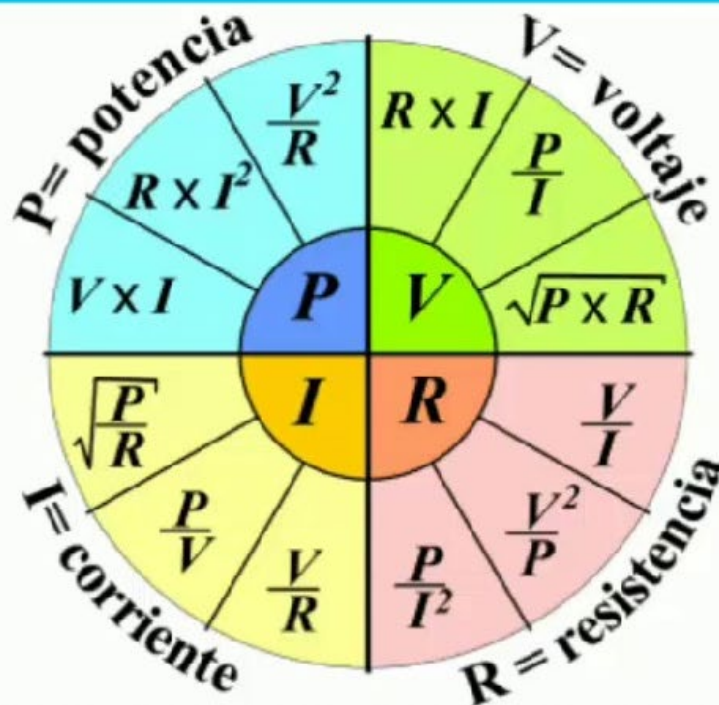
$$R = \frac{V}{I} \quad R = \frac{P}{I^2} \quad R = \frac{V^2}{P}$$



# Ley de Ohm y de Watt



Georg Simon Ohm



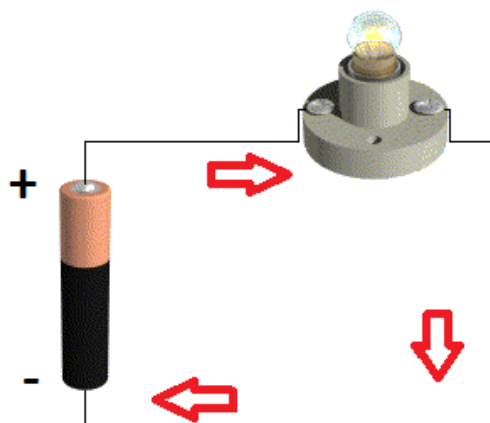
James Watt



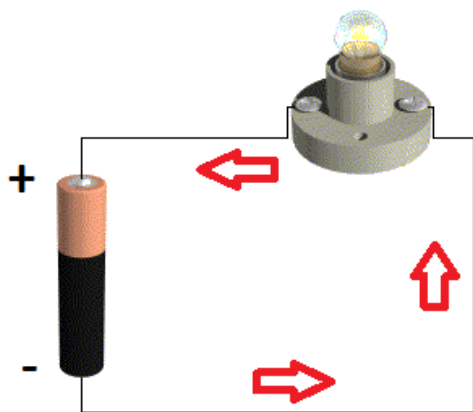
# Ejemplos

## Leyes circuitalas

### Sentido de la circulación de la corriente



Sentido convencional



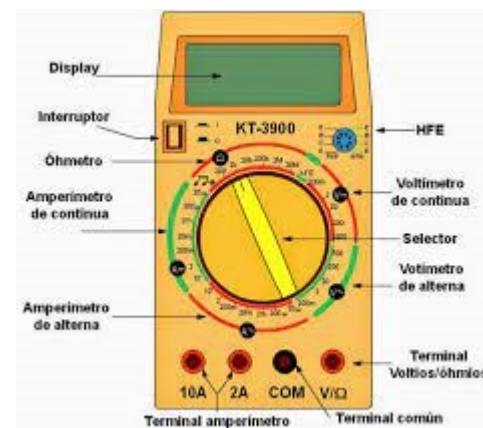
Sentido electrónico

### Como se mide la corriente

**circuito normal**

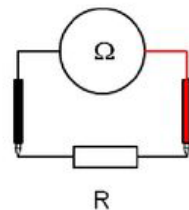
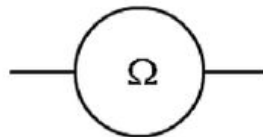


**circuito abierto con multímetro en serie**



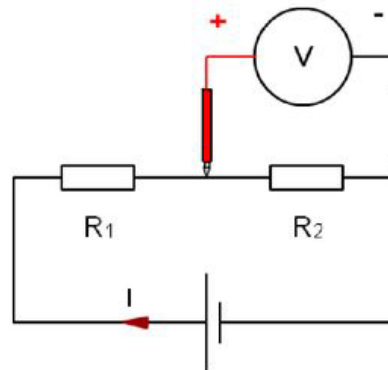
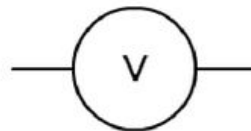
## Aparatos de medida

Óhmetro



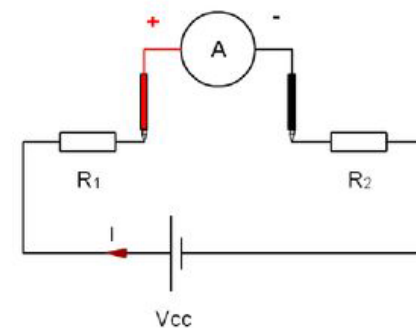
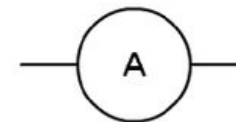
conexionado

Voltímetro



conexionado

Amperímetro

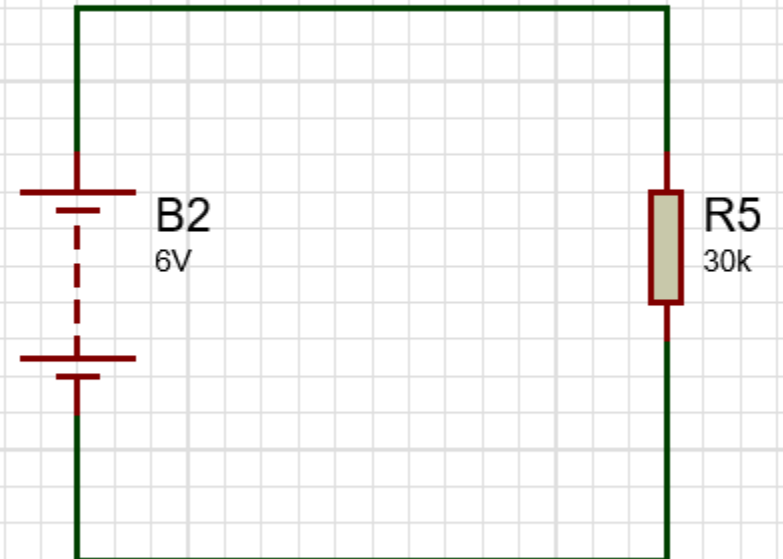
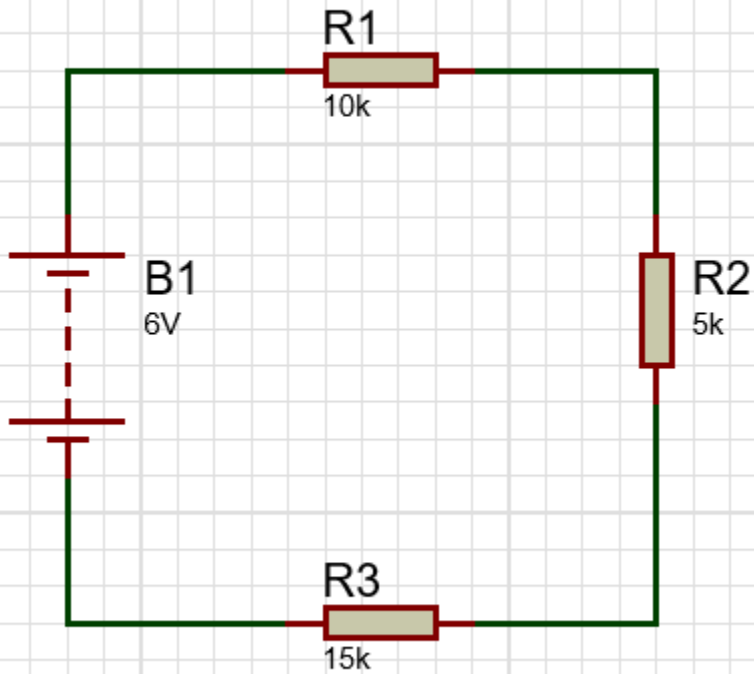


conexionado

## Leyes circuitales

### Ejemplo con simuladores:

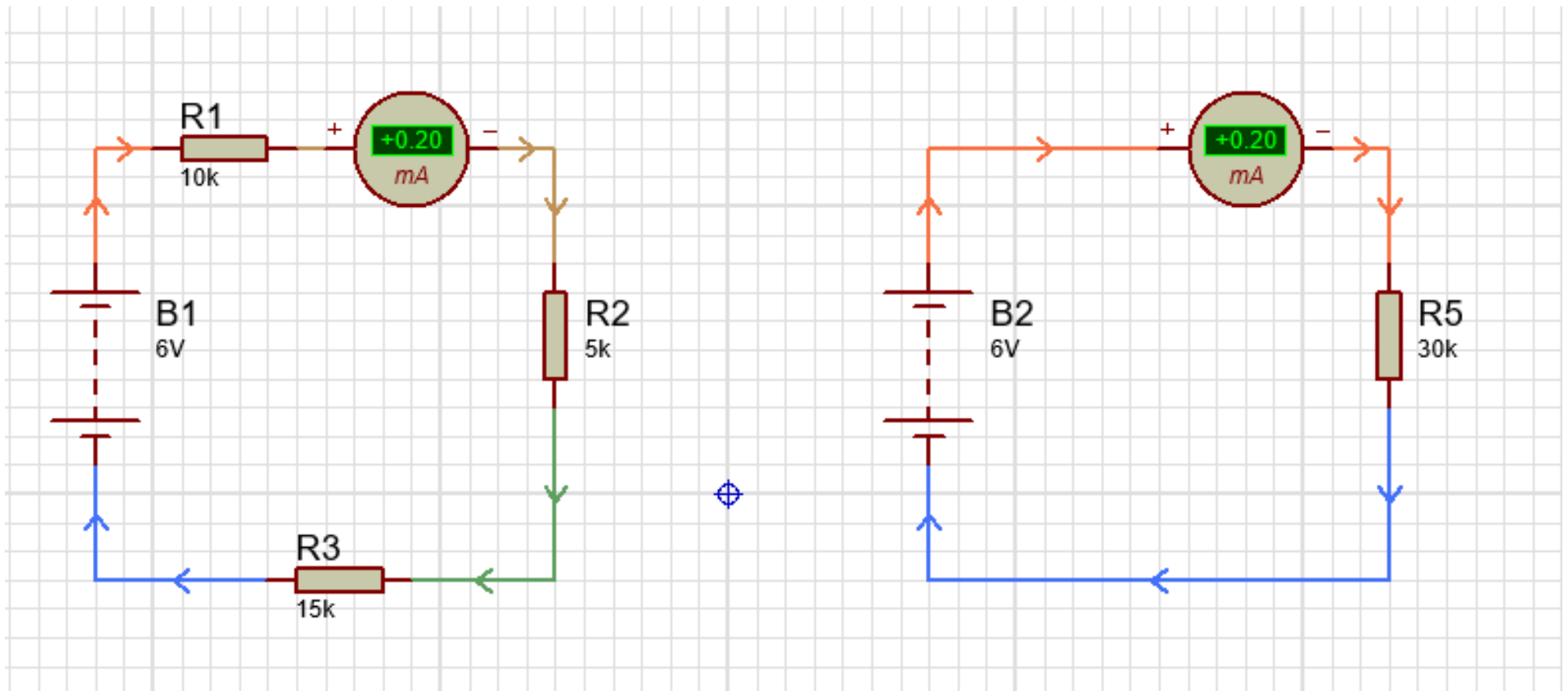
Calcular la corriente total que circulara por el circuito. Son equivalentes los circuitos? Por que?



## Leyes circuitalas

### Ejemplo con simuladores:

Los circuitos son equivalentes porque la  $V_t$  y la  $I_t$  son iguales.



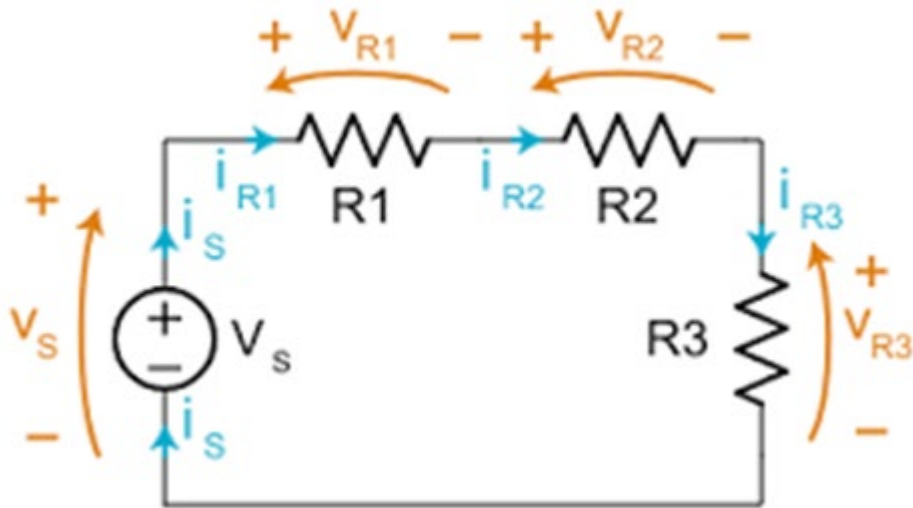
## Leyes circuitales

### Circuito Serie

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$$

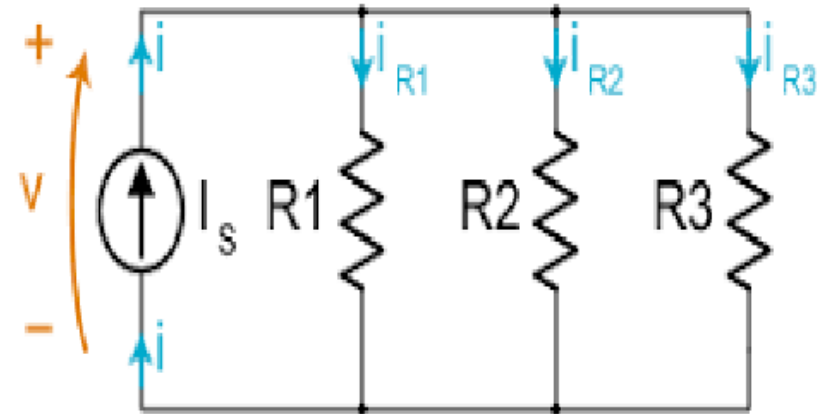


### Circuito Paralelo

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

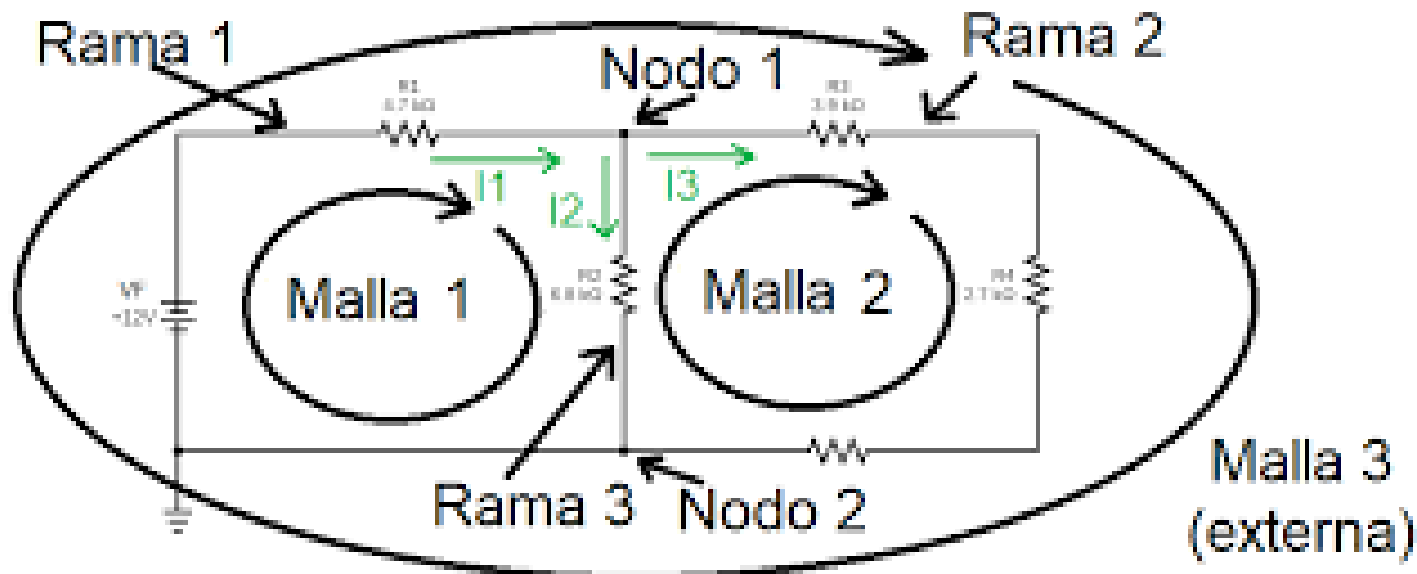


## Leyes circuitales

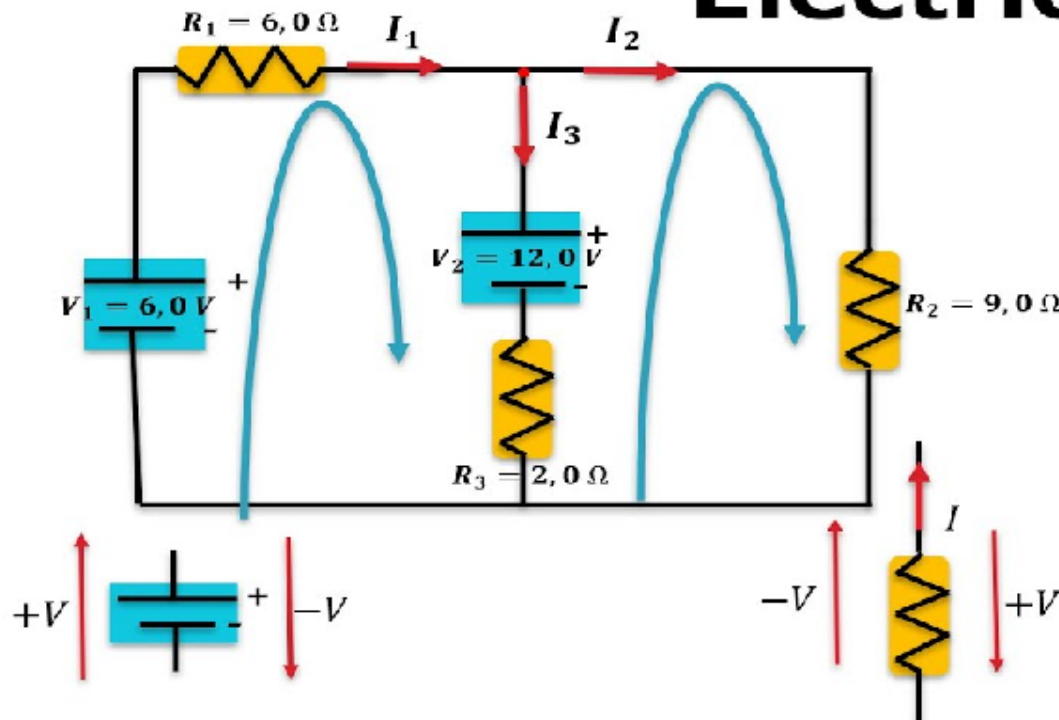
**Rama.** Es cualquier zona del circuito delimitada por dos terminales. Una rama puede estar compuesta por un conjunto de elementos de circuito (resistencias, condensadores, etc.).

**Nudo.** Punto del circuito donde coinciden dos o más ramas. Otra definición alternativa es la que considera nudo como aquel punto del circuito que presenta una tensión diferente al resto de zonas del circuito.

**Malla.** Camino cerrado en el circuito formado por un conjunto de ramas.



# Leyes de Kirchhoff – Circuitos Eléctricos



## 1ra Ley de kirchhoff

$$\sum I_i = 0$$

Suma de corrientes en un nodo

## 2ra Ley de kirchhoff

$$\sum v_i = 0$$

Suma de voltajes es una malla



¡Muchas gracias!