

Tema I

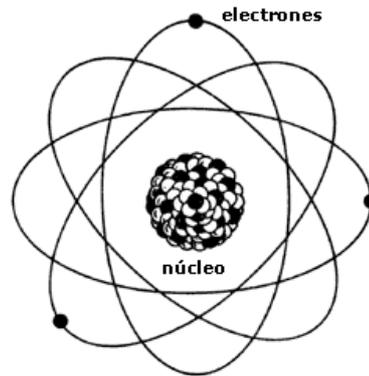
Conceptos básicos en Circuitos eléctricos

Índice:

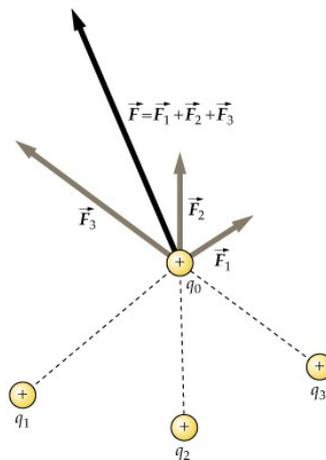
- [Carga eléctrica](#)
- [Corriente eléctrica](#)
- [Circuito eléctrico](#)
- [Voltaje](#)
- [Energía](#)
- [Potencia](#)
- [Elementos de los circuitos](#)
 - [Fuente de voltaje independiente](#)
 - [Fuente de corriente independiente](#)
 - [Resistencias](#)
 - [Condensadores](#)
 - [Bobinas](#)
 - [Otros elementos de interés](#)

Carga eléctrica

La materia está formada por átomos. Éstos a su vez, están formados por partículas elementales: neutrones y protones (en el núcleo) y electrones que se mueven en órbitas alrededor del núcleo. Normalmente, el átomo es eléctricamente neutro y sólo la presencia mayoritaria de protones (partícula cargada positivamente) o electrones (partícula cargada negativamente) da un carácter eléctrico al mismo.



La interacción entre átomos no neutros se manifiesta como una fuerza denominada fuerza eléctrica, con una característica de atracción o repulsión dependiendo del carácter eléctrico entre cargas: *cargas de igual signo se repelen y de signo contrario de atraen*.



$$\vec{F}_{0i} = K \frac{q_0 q_i}{r_{0i}^2} \hat{r}_{0i} \quad (N)$$

Un electrón tiene una carga negativa de $1.6021 \times 10^{-19} C$. Es decir, un culombio (C) es el conjunto de cargas de aproximadamente 6.24×10^{18} electrones. El protón tiene el mismo valor de carga que el electrón pero su signo es positivo.

El símbolo de la carga será tomado como Q o q , la letra mayúscula denotará cargas constantes tales como $Q = 4C$, y la letra minúscula indicará cargas variables en el tiempo. En este caso, podemos enfatizar la dependencia temporal escribiendo

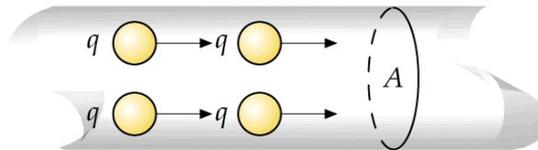
$q(t)$. De forma general, este criterio de mayúsculas y minúsculas se extenderá al resto de variables empleadas.

Corriente eléctrica

El propósito primario de un circuito eléctrico consiste en mover o transferir cargas a lo largo de determinadas trayectorias. En nuestro caso principalmente a través de conductores eléctricos.

Un **conductor** eléctrico tiene electrones móviles (conducción) capaces de moverse como respuestas a las fuerzas eléctricas. Un *no conductor* tiene abundancia de cargas, pero éstas no se pueden mover.

Consideremos un hilo conductor con una sección transversal A y cargas en movimiento de izquierda a derecha, como se muestra en la figura. Este movimiento de cargas constituye una *corriente eléctrica*.



Formalmente la corriente viene dada por:

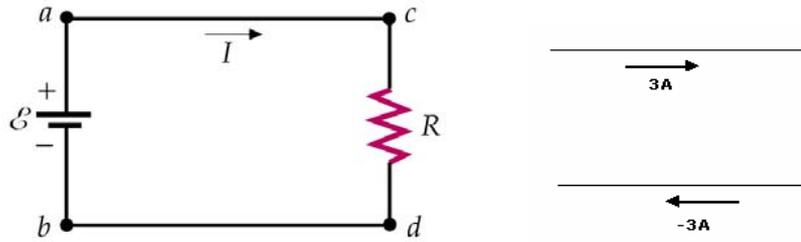
$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

La unidad básica de la corriente es el amperio (A). Un amperio es la corriente que fluye cuando 1C de carga pasa por un segundo en una sección dada ($1A = 1C/s$).

En teoría de circuitos, la corriente es generalmente especificada por el movimiento de cargas positivas¹. Hoy en día se sabe que en el caso de conductores metálicos, esto no es cierto, son los electrones los portadores de carga que se mueven. No obstante, tomaremos la convención tradicional del movimiento de cargas positivas para definir la corriente convencional sin tener en cuenta la identidad verdadera de los portadores de la carga.

El flujo de corriente a lo largo de un cable o a través de un elemento será especificado por dos indicadores: una flecha, que establece la dirección de referencia de la corriente y un valor (variable o fijo), que cuantifica el flujo de corriente en la dirección especificada.

¹ Convención propuesta por Franklin, B. quien supuso que la electricidad viajaba de lo positivo a lo negativo



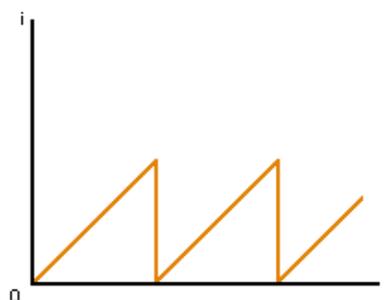
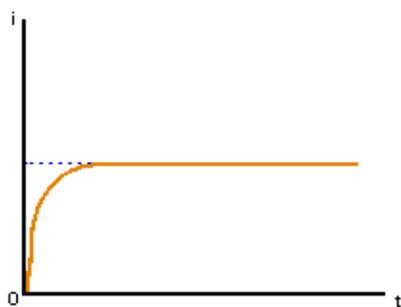
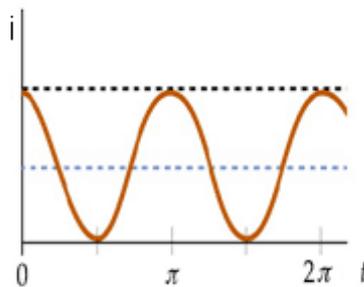
Podemos determinar la carga total que entra al elemento entre el tiempo t_0 y t mediante la expresión:

$$q_T = q(t) - q(t_0) = \int_{t_0}^t i \, d\tau$$

Estamos considerando que los elementos de la red son eléctricamente neutros, es decir, no puede acumularse carga en el elemento. Una carga que entra debe corresponder a otra carga igual que sale (en magnitud y en signo). Ya veremos que esta propiedad es una consecuencia de la ley de corriente de Kirchhoff.

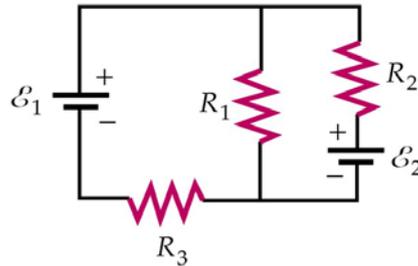
Existen diferentes tipos de corriente eléctrica:

1. *Corriente continua* o directa (*dc*) usada principalmente en circuitos electrónicos.
2. *Corriente alterna* (*ac*) usada como corriente doméstica con la peculiaridad de ser de tipo sinusoidal.
3. *Corriente exponencial* aparece en fenómenos transitorios como por ejemplo en el uso de un interruptor.
4. *Corriente en dientes de sierra* útiles en aparatos de rayos catódicos para visualizar formas de onda eléctricas.

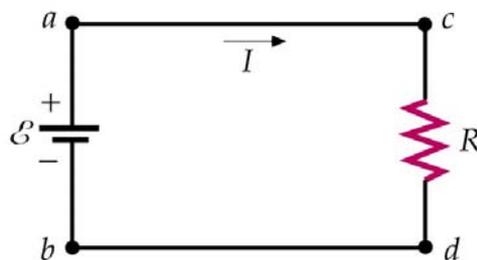


Circuito eléctrico

Un *circuito eléctrico* o red eléctrica es una colección de elementos eléctricos² interconectados en alguna forma específica.



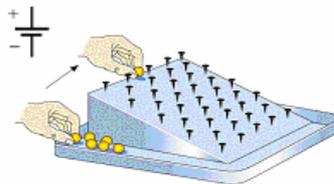
Generalmente, un circuito eléctrico básico estará sujeto a una entrada o excitación y se producirá una respuesta o salida a dicha entrada.



El *análisis de circuitos* es el proceso de determinación de la salida de un circuito conocida la entrada y el circuito en sí. En cambio, el *diseño de circuitos*, es obtener un circuito conocida la entrada y la respuesta que debe tener el circuito.

Voltaje

El voltaje expresa el potencial de un sistema eléctrico para realizar un trabajo. El voltaje se define como el trabajo realizado para mover una carga unitaria ($1C$) a través del elemento de un punto a otro del circuito. Este voltaje estará designado por dos indicadores: un signo + o -, en el que se establece la dirección de referencia del voltaje y un valor (fijo o variable) el cual va a cuantificar el voltaje que pasa por un elemento en la dirección de referencia especificada.



² Sistema formado por un elemento general (resistencia, capacitor, inductor, fuentes de energía) con dos terminales.

La unidad fundamental del potencial eléctrico es el voltio (V). Si una carga de $1C$ pudiera ser movida entre dos puntos en el espacio con el gasto de $1J$ de trabajo, entonces la diferencia de potencial entre esos dos puntos sería de $1V$.

A menudo usaremos una notación de doble índice donde v_{ab} denota el potencial del punto a con respecto al punto b .

Energía

Al transferir carga a través de un elemento, se efectúa trabajo, o dicho de otra manera, estamos suministrando energía. Si deseamos saber si esta energía está siendo suministrada al elemento o por el elemento al resto del circuito, debemos conocer no sólo la polaridad del voltaje a través del elemento, sino también la dirección de la corriente eléctrica a través del elemento.

Si una corriente positiva entra por la terminal positiva, entonces una fuerza externa está impulsando la corriente, y por tanto, está suministrando o entregando energía al elemento. El elemento está absorbiendo energía.

En cambio, si la corriente positiva sale por la terminal positiva (entra por la terminal negativa), entonces el elemento está entregando energía al circuito externo.

Potencia

La potencia se define como la razón de intercambio de energía; entonces la potencia por definición es el producto del voltaje por la corriente.

Para demostrar esto, consideremos ahora la razón en la cual la energía está siendo entregada por un elemento de un circuito.

El voltaje a través de un elemento es v y se mueve una pequeña carga Δq a través del elemento de la terminal positiva a la negativa, entonces la energía absorbida por el elemento, Δw , está dada por

$$\Delta w = v\Delta q$$

Si el tiempo transcurrido es Δt , entonces la razón a la cual se hace el trabajo o se consume la energía w , viene dada por:

$$\frac{\Delta w}{\Delta t} = v \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

cuando $\Delta t \rightarrow 0$, tenemos

$$p = \frac{dw}{dt} = vi$$

La unidad fundamental de la potencia es el vatio (W) y se define como la energía consumida o trabajo producido por unidad de tiempo ($1W = 1J/s$).

En general, tanto el voltaje como la intensidad son funciones del tiempo, por tanto, la potencia será una cantidad variable en el tiempo. La expresión anterior se le denomina *potencia instantánea* porque expresa la potencia en el instante en que se miden v e i .

Cuando $p = vi > 0$ significa que el elemento está absorbiendo potencia (la flecha que indica la dirección de referencia de la corriente está en el lado positivo de la dirección de referencia del voltaje). Si $p = vi < 0$, significa que el elemento está entregando potencia.

La energía w entregada a un elemento entre el tiempo t_0 y t se calcula mediante la expresión:

$$w(t) - w(t_0) = \int_{t_0}^t vi \, d\tau$$

Elementos de los circuitos

Podemos clasificar los elementos de un circuito en dos categorías: elementos pasivos y elementos activos, teniendo en cuenta la energía entregada a los elementos o por los elementos.

Un elemento eléctrico es *pasivo* en un circuito si éste no puede suministrar más energía que la que tenía previamente, siendo suministrada a éste por el resto del circuito. Esto es, la energía neta absorbida por un elemento pasivo hasta t debe ser no negativa ($w(t) \geq 0$).

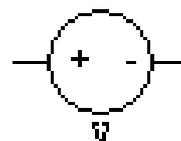
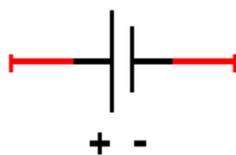
$$w(t) = \int_{-\infty}^t p(\tau) d\tau = \int_{-\infty}^t v(\tau) i(\tau) d\tau \geq 0$$

Son elementos pasivos los resistores (R), capacitores (C) e inductores (L).

Un elemento es activo cuando no es pasivo. Los elementos activos son generadores, baterías y dispositivos electrónicos que requieren fuentes de alimentación.

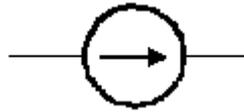
Fuente de voltaje independiente

Es un elemento de dos terminales, como una batería o un generador, que mantienen un voltaje específico entre sus terminales a pesar del resto del circuito que está conectado a él. El voltaje es por completo independiente de la corriente a través del circuito. Se conoce también como *fuerza de voltaje ideal*.



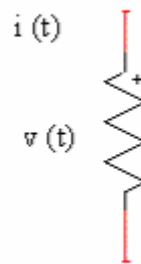
Fuente de corriente independiente

Es un elemento de dos terminales a través de la cual fluye una corriente especificada. El valor de esta corriente está dado por la función fuente y la dirección de referencia de la función fuente por la flecha dentro de la fuente. Se conoce también como fuente de corriente ideal.



Resistencias

Cualquier elemento localizado en el paso de una corriente eléctrica sea esta corriente continua o corriente alterna y que cause oposición a que ésta circule se llama resistencia. Normalmente las resistencias se representan con la letra R y el valor de éstas se mide en Ohmios (Ω). Las resistencias son fabricadas en una amplia variedad de valores según la necesidad.



El valor de la resistencia depende tanto de las características específicas del conductor como de sus dimensiones (longitud y área de la sección transversal). Es decir,

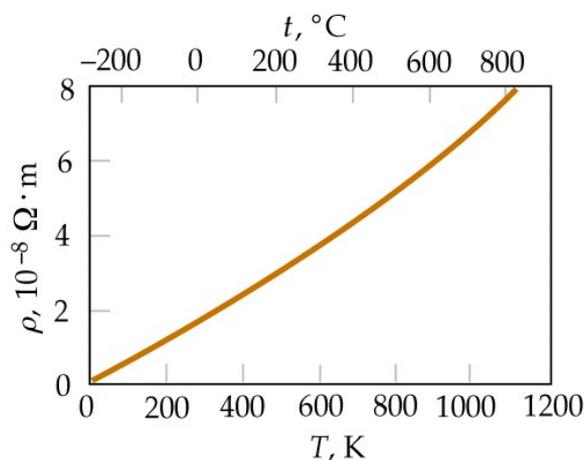
$$R = \rho \frac{L}{A}$$

donde ρ representa la resistividad del material. L es la longitud del conductor y A es el área de la sección transversal del conductor. La unidad de resistividad es el ohmio-metro ($\Omega \cdot m$)

También la temperatura influye en el valor de la resistencia: cuando la temperatura aumenta, los portadores de carga se mueven más, ocasionándose un mayor número de choques entre ellos y por tanto se dificulta el avance. Por ello se produce un aumento de la resistividad. Existe una relación sencilla que nos permite calcular estos cambios de la resistividad en función de la temperatura.

$$\rho = \rho_{20^{\circ}C} [1 + \alpha (t_c - 20^{\circ}C)]$$

donde $\rho_{20^{\circ}\text{C}}$ es la resistividad del material a 20°C y α es conocido como el coeficiente de temperatura de la resistividad. Ambos valores son conocidos para diferentes materiales de uso habitual en los circuitos eléctricos.



Resistividad del Cobre en función de la temperatura

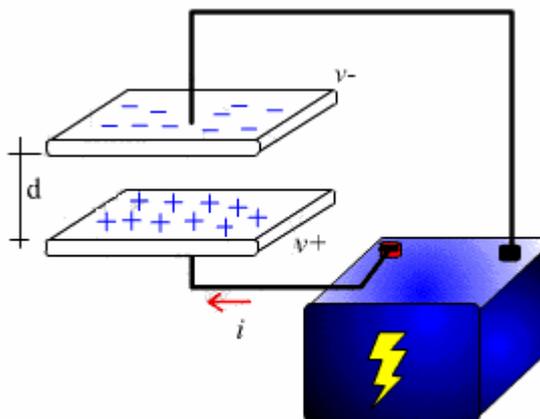
A continuación presentamos algunos valores característicos de algunos materiales comúnmente usados.

| Material | Resistividad a 20°C ($\Omega \cdot m$) | Coficiente de temperatura α a 20°C |
|----------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Plata | 1.6×10^{-8} | 3.8×10^{-3} |
| Cobre | 1.7×10^{-8} | 3.9×10^{-3} |
| Aluminio | 2.8×10^{-8} | 3.9×10^{-3} |
| Hierro | 10×10^{-8} | 5.0×10^{-3} |
| Carbono | 3500×10^{-8} | -0.5×10^{-3} |

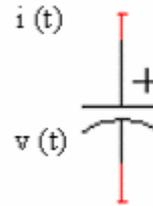
Las resistencias de uso habitual en los equipos electrónicos son de carbono. Estas resistencias se pintan a menudo con bandas de colores para indicar el uso de su resistencia. La nomenclatura de colores es la siguiente:

| Color de la banda | Valor de la cifra significativa | Multiplicador | Tolerancia |
|-------------------|---------------------------------|---------------|------------|
| Negro | 0 | 1 | |
| Marrón | 1 | 10 | 1% |
| Rojo | 2 | 100 | 2% |
| Naranja | 3 | 1 000 | |
| Amarillo | 4 | 10 000 | |
| Verde | 5 | 100 000 | 0,5% |
| Azul | 6 | 1 000 000 | |
| Violeta | 7 | 10 000 000 | |
| Gris | 8 | 100 000 000 | |
| Blanco | 9 | 1 000 000 000 | |
| Dorado | - | 0.1 | 5% |
| Plateado | - | 0.01 | 10% |
| Ninguno | - | - | 20% |

Condensadores



Un condensador o capacitor es un dispositivo almacenador de energía en la forma de un campo eléctrico. Consiste de dos placas, que están separadas por un material aislante, que puede ser aire u otro material dieléctrico (material no conductor), que no permita que las placas se toquen. El dielectrico, además, hace que aumente la capacidad.



La capacidad de un condensador se define como la relación entre la carga almacenada en las placas y la diferencia de potencial entre ellas. La capacidad se mide en Faradios (F.), pero es una unidad de gran magnitud, de manera que lo más usual es encontrar condensadores cuya capacidad se mide en Microfaradios (μF), Picofaradios (pF) y Nanofaradios (nF).

Podemos encontrar varios tipos de condensadores: plano paralelos, cilíndricos, esféricos.

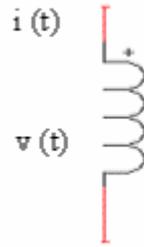
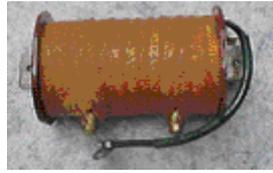
| Condensador | Capacidad |
|----------------|-----------------------------------------------------|
| Plano Paralelo | $C = \epsilon \frac{A}{d}$ |
| Cilíndrico | $C = 2\pi\epsilon \frac{L}{\ln(b/a)} \quad (b > a)$ |
| Esférico | $C = 4\pi\epsilon R$ |

La energía almacenada por el condensador viene expresada por la siguiente fórmula:

$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2$$

Bobinas

La bobina, a diferencia del condensador, por su forma (espiras de alambre arrollados) almacena energía debido al campo magnético. El flujo que atraviesa este dispositivo puede relacionarse con la corriente que pasa por él. En este caso este factor es conocido por el coeficiente de autoinducción L.



El coeficiente de autoinducción se mide en Henrios (H) y sólo depende de la forma geométrica del sistema.

$$L = \frac{\phi_m}{I} = \mu_0 n^2 Al$$

donde n es la densidad de espiras del sistema (número de espiras por unidad de longitud), A es el área de la espiral mientras que l es la longitud del solenoide o bobina. En la expresión anterior tenemos que $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H / m}$.

La energía almacenada en un inductor o bobina que transporta corriente eléctrica I viene dada por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

Otros dispositivos de interés

Fusibles

Son elementos conductores que constituyen la parte más débil del circuito con el fin de que si se produce algún tipo de sobrecarga (exceso de corriente), se destruya el fusible y de esta manera se interrumpa el paso de corriente a través del circuito. Los fusibles son pues, dispositivos de protección frente a sobrecargas (o cortocircuitos).

La destrucción del fusible se produce por fusión del material debido a la elevada temperatura que adquiere al circular la elevada intensidad de corriente provocada por la sobrecarga.

Potenciómetros

Los potenciómetros son resistencias cuyo valor se pueden variar por medio de un eje. Son los elementos utilizados para el ajuste de volumen en aparatos de sonido, el brillo del televisor, etc. En general, son utilizados cuando interesa poder hacer la graduación de ciertas magnitudes en los aparatos electrónicos.

Se trata de una resistencia de tres terminales; dos de ellos corresponden a los terminales de la resistencia, y el otro es móvil. El terminal móvil, cuando es actuado, puede hacer contacto con cualquier punto de la resistencia nominal. Así, entre el

terminal móvil y cualquiera de los otros dos terminales puede realizar el ajuste de un valor de resistencia entre 0Ω y el valor máximo.

Los potenciómetros pueden ser de variación lineal o logarítmica. En los de tipo lineal, la magnitud de variación de resistencia es proporcional a la variación de giro del cursor. En los de tipo logarítmico, la resistencia varía según una escala logarítmica en función de la posición del cursor.