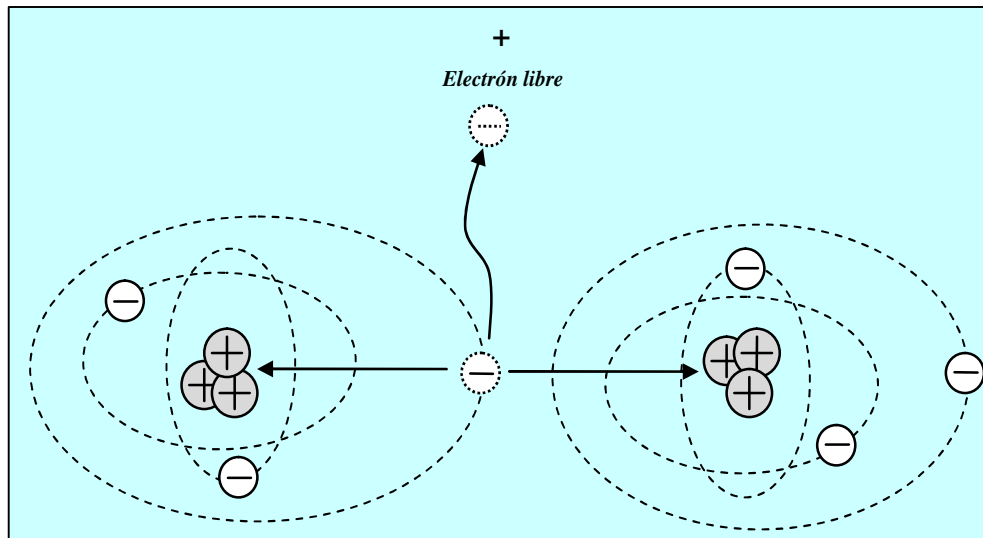


## Unidad didáctica 1

# Introducción a la electrotecnia



## Resumen del contenido

- 1.1 ¿Qué es la electrotecnia?
- 1.2 Principios fundamentales de la electricidad
- 1.3 El átomo
- 1.4 Cargas eléctricas. Ley de coulomb
- 1.5 La corriente eléctrica
- 1.6 Fuerza electromotriz (f.e.m.)
- 1.7 Intensidad eléctrica
- 1.8 Tensión eléctrica
- 1.9 El circuito eléctrico. Circulación de la corriente.

## Objetivos:

- Comprender los *principios básicos de la electricidad*, ya que es la base de la *Electrotecnia*.
- Conocer claramente los conceptos de corriente, intensidad y tensión.
- Operar con las unidades básicas eléctricas, *Culombio, Amperio, Voltio*.
- Comprender el concepto, funcionamiento y aplicación de los *circuitos eléctricos*.
- Distinguir entre corriente continua y corriente alterna

## 1.1 ¿Qué es la electrotecnia?

La **Electrotecnia** es la aplicación práctica de la electricidad y también del magnetismo; de hecho, la palabra *electrotecnia* viene de la combinación de *electro* y *techne*; o sea, es la tecnología eléctrica, donde se encuentran componentes tales como motores eléctricos, interruptores, condensadores, contactores, equipos de iluminación, etc.

Los equipos electrotécnicos pueden ser tan sencillos como el circuito de una linterna hasta de un nivel tecnológico tal que combina circuitos electrónicos complejos; así son muchos de los cuadros de control que se encuentran en la industria. Por ejemplo, en un cuadro eléctrico de control clásico de un ascensor se encuentran componentes eléctricos tales como pulsadores, detectores finales de carrera, contactores, fusibles, motores trifásicos, etc. Y modernamente, pero ya desde hace bastante tiempo, en dichos cuadros de control se encuentran también placas con sistemas electrónicos microprocesadores o autómatas programables. Por otra parte, también se encuentran sistemas muy sofisticados en instalaciones domesticas, es el caso de la domótica.

De hecho, la electrónica es una extensión de la electricidad, aparecida como consecuencia de los avances en la evolución de la tecnología eléctrica, y que se basa también en la electricidad (todo sistema electrónico, por simple o complicado que sea, se alimenta con energía eléctrica, y por tanto ya existe un proceso eléctrico). Por ello, dentro del programa oficial de electrotecnia se encuentra también una parte considerable de electrónica. El programa de materias de electrotecnia en ciclos formativos es muy amplio y ambicioso, pero la realidad, tiempo y necesidades profesionales obligan a distinguir aquellas materias que constituyen la base fundamental necesaria; lo cual se ha procurado hacer en este libro, de manera que no sea un libro más de electrotecnia: resulte ameno, y sobre todo didáctico y fundamental en materias.

## 1.2 Principios fundamentales de la electricidad

En principio, se puede decir que la electricidad es un tipo de energía, y como tal, capaz de realizar trabajo. Ejemplo de sus aplicaciones prácticas son los motores, calefactores, lámparas, etc. Y de la misma manera que ocurre con la fuerza magnética, no nos resulta visible, pero su existencia queda claramente manifiesta por los efectos que produce.

La fuerza de origen magnético (generada por cuerpos magnetizados) actúa sobre ciertos tipos de materiales (los denominados ferromagnéticos), lo cuales pueden ser

influidos por dicha fuerza. Pues también existe fuerza de origen eléctrico, generada por cuerpos con carga eléctrica, invisible, pero también capaz de producir una fuerza sobre otros cuerpos. Se pueden encontrar experimentos de este tipo en, por ejemplo, museos de la ciencia, siendo uno característico el movimiento de atracción (o repulsión) entre dos esferas cargadas eléctricamente.

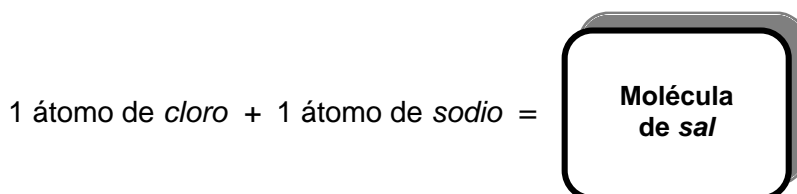
De hecho, todos nos podemos encontrar en algún momento con estas manifestaciones físicas de la electricidad: al peinarnos (a veces el pelo se pone de punta, siguiendo al peine), al salir del coche y cerrar la puerta puede darnos una especie de calambre, al caminar sobre moqueta pueden aparecer chispas por los pies, etc.; todo se debe a la acción de la electricidad, originada, en estos casos, por la fricción entre dos cuerpos diferentes, los cuales pasan de ser neutros a tener una cierta carga de electricidad.

### 1.2.1 Conceptos sobre moléculas, átomos y electrones

Se puede decir que los principios eléctricos se encuentran en todos los tipos de materia, ya que ésta se forma por moléculas que a su vez están formadas por átomos, y en el átomo se encuentra la partícula fundamental de la electricidad: el **Electrón**.

Los *electrones* son las partículas elementales de la electricidad, la *mínima expresión de carga eléctrica* (negativa), y lo que da lugar a la corriente eléctrica y de todas sus manifestaciones. Se puede decir que todos los sistemas eléctricos y electrónicos, desde el más elemental, como puede ser una bombilla, hasta el microprocesador más avanzado, se fundamentan en la circulación controlada de electrones.

La molécula es la mínima parte que se puede obtener de una cierta materia sin que desaparezcan sus propiedades químicas, o sea, sigue conservando las mismas características del tipo de materia. Por ejemplo, si pudiéramos partir un grano de sal por la mitad, y cada trocito lo volviéramos a partir por la mitad, y así sucesivamente, se llegaría a obtener una minúscula parte de materia que ya no sería sal; obtendríamos átomos de cloro y sodio, que es la composición química de la sal común (cloruro de sodio) (fig.1.1).



**Figura 1.1.** Molécula de sal (cloruro de sodio). Se compone de un átomo de sodio y un átomo de cloro.

Y en el caso del agua, la mínima cantidad que aun sigue siendo agua, molécula de agua, se compone de dos átomos de hidrogeno y uno de oxigeno; la partición de la molécula daría lugar a átomos.

Existen materiales que se componen exclusivamente por átomos de un mismo tipo, son los denominados *cuerpos simples*, y constituyen los elementos químicos: oro, hierro, carbono, oxigeno, etc.

Los materiales cuya composición se basa en diferentes tipos de átomos, se denominan *cuerpos compuestos*, un ejemplo sencillo y fundamental es el agua; se compone de dos tipos de átomos (hidrogeno y oxigeno).

Toda la materia se compone de átomos, desde un trocito de hierro hasta el cuerpo humano, o sea, que las personas también poseemos electrones; y bajo este principio, se puede decir, que somos también susceptibles a las manifestaciones eléctricas. De hecho, algunos de los aparatos médicos se basan en la detección de ciertas manifestaciones eléctricas que se encuentran en el cuerpo. Por ejemplo, en el cerebro se encuentran unas señales eléctricas características (ondas alfa, beta, etc.) que detectadas y analizadas por medio del Electroencefalógrafo, permiten detectar ciertas enfermedades.

Asimismo, por medio del instrumento *Electrocardiograma* se pueden detectar y analizar ciertos impulsos eléctricos que se dan en el corazón, pudiéndose así detectar posibles anormalidades.

---

## Propuesta de actividades

1. Da una breve explicación sobre lo que significa *electrotecnia*
2. Indica componentes, aparatos, enmarcados dentro de la electrotecnia.
3. ¿Qué es un electrón?
4. Diferenciar entre molécula y átomo.

---

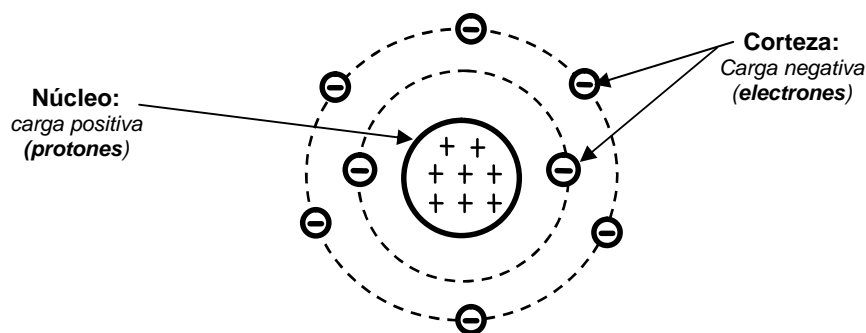
### 1.3 Estructura del átomo

Los átomos se componen, fundamentalmente, de dos partes: *núcleo* y *corteza*. En el núcleo se encuentra carga eléctrica denominada **positiva** (+), compuesta por unas partículas llamadas **protones**, junto con otras partículas que se conocen por *neutrones*. La carga positiva es debida a los protones; se puede decir que un protón es la mínima expresión de una carga eléctrica positiva. Los neutrones son partículas, que como su

nombre indica, son neutras; no poseen carga eléctrica, pero su masa es del mismo orden que la del protón.

La corteza se compone de cargas eléctricas denominadas **negativas** (-), compuesta por las partículas llamadas **electrones**; son las partículas más importantes desde el punto de vista eléctrico-electrónico.

En la figura 1.2 se muestra una representación típica de la estructura de un átomo (el del oxígeno, a modo de ejemplo). Como se observa, los electrones giran alrededor del núcleo en diferentes capas (órbitas), a semejanza del sistema planetario del universo.



**Figura 1.2.** Estructura de un átomo (oxígeno). Básicamente se compone del núcleo (que es donde se encuentra la carga positiva) y de la corteza (carga negativa)

De hecho, esta estructura del átomo es a modo simplista, entre otras cosas, porque los desarrollos científicos han llegado a detectar otras partículas (por ejemplo, los *quarks*), pero esta estructura sigue siendo válida. Eléctricamente, sólo resultan interesantes las partículas protón (+) y electrón (-), especialmente esta última. Así, resumiendo:

**Protón:** Partícula elemental, *mínima expresión de carga eléctrica positiva (+)*

**Electrón:** Partícula elemental, *mínima expresión de carga eléctrica negativa (-)*

La cantidad de carga eléctrica de ambas partículas es la misma, y en todos los átomos en estado normal existe un número de protones igual al de electrones. Por ello, los átomos en su estado normal, eléctricamente, son neutros; pues tienen la misma cantidad de carga positiva como de negativa.

Las denominaciones de positivo (+) y negativo (-) se emplean para indicar los dos tipos de estados eléctricos (o polaridades) diferentes que existen; son dos estados eléctricos de signo contrario entre sí, de forma semejante a como ocurre con los polos sur

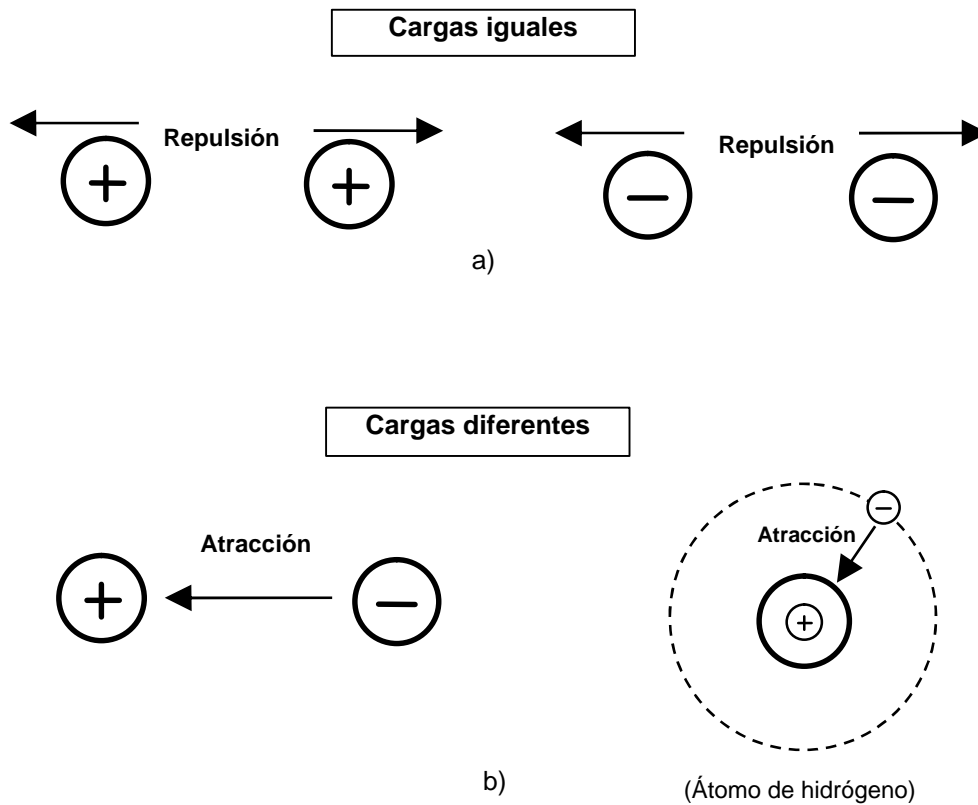
y norte de los imanes. Cada uno de estos estados eléctricos posee cierta energía, y se sabe que entre dos cuerpos con carga eléctrica pueden manifestarse ciertas fuerzas.

Un principio fundamental en electricidad es el siguiente:

**Entre cargas eléctricas del mismo signo se produce una fuerza de repulsión**  
**Entre cargas eléctricas de diferente signo se produce una fuerza de atracción**

Esto queda ilustrado en la figura 1.3.

Y bajo este simple principio se basa el funcionamiento de, por ejemplo, los motores eléctricos y los altavoces.



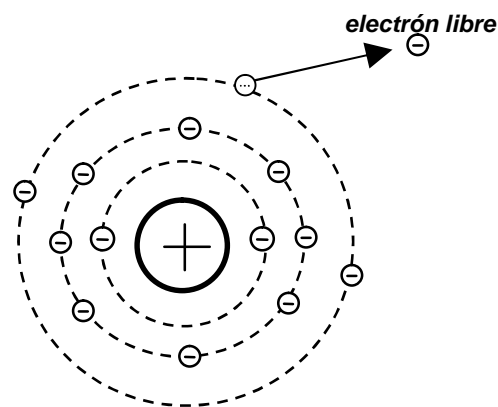
**Figura 1.3.** Principio fundamental de fuerzas de atracción y repulsión entre cargas eléctricas. a) Si las cargas son iguales, se produce una fuerza de repulsión. b) Si las cargas son diferentes, se produce una fuerza de atracción.

Así, puesto que los protones y los electrones son cargas eléctricas de diferente signo, aunque sea en su mínima expresión, dichas fuerzas ya se ejercen entre dichas

partículas. Por ello, en los electrones se ejerce una fuerza de atracción hacia el núcleo; pero no llegan a él, y siguen su trayectoria orbital, debido a otra fuerza que origina el movimiento a gran velocidad.

Así, los átomos, y la materia en general en su estado normal, es de carácter eléctricamente neutro, pues tiene tantas cargas eléctricas negativas (electrones) como positivas (protones).

Cuanto más separados del núcleo se encuentran los electrones, pues existen diferentes órbitas, menos fuerza de atracción reciben los electrones hacia el núcleo. Son precisamente los electrones de la última capa, los más alejados del núcleo, los causantes de todos los fenómenos eléctricos; al ser los electrones con menos atracción hacia el núcleo, son los que, por medio de algún tipo de energía externa, pueden dejar el átomo, dando lugar al concepto de: *cargas eléctricas móviles*, o **electrones libres**, y son los causantes de que se produzca la *corriente eléctrica* (fig.1.4).



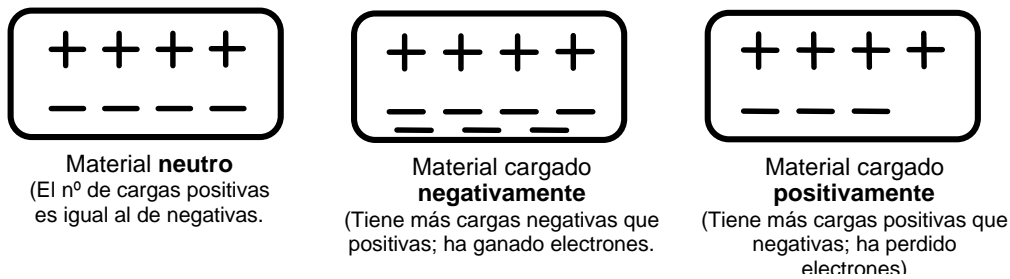
**Figura 1.4.** Electrón, que por alguna circunstancia, deja de formar parte del átomo; aparece así un electrón libre.

A ciertas temperaturas, en los electrones periféricos ya puede existir un cierto movimiento incontrolado, errático, de átomo en átomo; son los electrones libres.

La corriente y la generación de cuerpos con carga eléctrica se debe a que, por algún tipo fuerza externa, los átomos pierden electrones libres (de la última capa, los mas externos); apareciendo así cuerpos con carga positiva y carga negativa (fig.1.5).

**Cuerpo cargado positivamente:** sus átomos han perdido electrones, han dejado de ser neutros; tienen menos electrones que protones.

**Cuerpo cargado negativamente:** sus átomos han recibido electrones, han dejado de ser neutros; tienen más electrones que protones.



**Figura 1.5.** Representación de un cuerpo neutro y otros cargados eléctricamente.

Son los electrones periféricos los que caracterizan a los materiales como buenos o malos conductores, según la facilidad con que éstos se mueven. Y esta más o menos facilidad de movimiento depende de las características de los átomos que forman la sustancia en cuestión. Aparece así el concepto de materiales buenos y malos conductores de la electricidad.

Adelantamos, que cuando se produce un movimiento ordenado de electrones, por medio de aplicar una energía externa, aparece el concepto de *corriente eléctrica*.

### 1.3.1 Configuración electrónica del átomo

En principio, sabemos que en cada átomo en estado normal, existe un número de protones (cargas positivas) igual al de electrones (cargas negativas), por lo cual su estado eléctrico es neutro. En el núcleo se encuentra concentrada la carga positiva, pero la carga negativa se encuentra distribuida alrededor del núcleo, en diferentes órbitas.

El número atómico de cada átomo indica su cantidad total de electrones (y, por tanto, también el de protones), lo cual determina su clasificación en lo que se conoce por tabla periódica de los elementos.

El número atómico es necesario para saber la configuración electrónica del átomo, lo cual nos puede dar una información práctica sobre su mayor o menor facilidad de conducción eléctrica del material. Cuanto menos electrones existen en la última capa, y más alejados se encuentran del núcleo, mejor conductor de electricidad es el material; así, los mejores materiales conductores de electricidad son aquellos en los cuales sus átomos tienen un solo electrón en la última capa, es el caso de la plata y el cobre.

La cantidad de electrones que se encuentra en cada capa se puede determinar por medio de la expresión:  $E = 2 n^2$

Siendo:  $E$  = número de electrones de la capa y  $n$  = número de la capa



Hay que partir de la condición de que en la última capa, como máximo, pueden existir 8 electrones y en la penúltima 18. Las primeras cuatro capas (órbitas), se denominan K, L, M y N, siendo K la más próxima al núcleo.

---

### Ejemplo:

*Configuración electrónica del átomo de cobre.*

Número atómico: 29

$$1^{\text{a}} \text{ capa (K): } 2n^2 = 2 \times 1^2 = 2 \times 1 = 2 \text{ electrones}$$

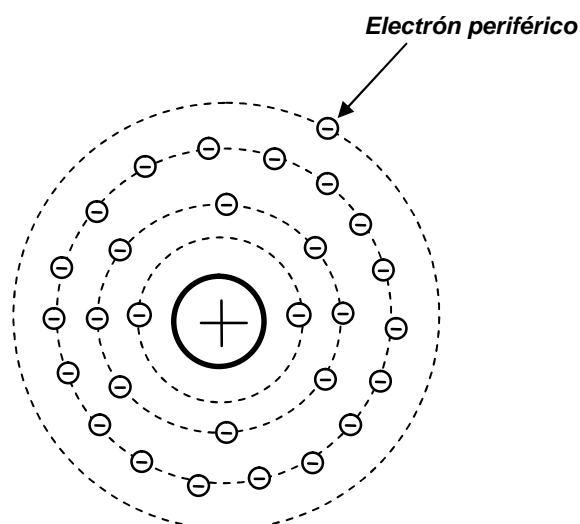
$$2^{\text{a}} \text{ capa (L): } 2n^2 = 2 \times 2^2 = 2 \times 4 = 8 \text{ electrones}$$

$$3^{\text{a}} \text{ capa (M): } 2n^2 = 2 \times 3^2 = 2 \times 9 = 18 \text{ electrones}$$

Como que en estas tres capas ya suman 28 electrones, se deduce que en la 4ª capa (N), y última, sólo habrá un electrón; pues en total deben haber 29, que es su número atómico. En la figura 1.6 se representa dicha configuración electrónica.

Así, los átomos del cobre disponen como carga móvil, un sólo electrón, y situado en una 4ª capa; la poca fuerza de atracción ejercida por el núcleo sobre dicho electrón periférico, hace que fácilmente éste pueda salir del átomo y en consecuencia dar lugar a una corriente eléctrica.

El cobre es el tipo de material normalmente utilizado para fabricar los conductores eléctricos (hilos, cables), debido a su buena conductividad eléctrica y relativo bajo precio.



**Figura 1.6.** Estructura atómica del átomo de cobre,

---

## ***Propuesta de actividades***

1. Da una breve explicación sobre las partículas Protón y Electrón.
  2. De las dos partículas anteriores, ¿cuál de las dos es la que da lugar a la corriente eléctrica?
  3. ¿Porqué pueden aparecer cuerpos con carga positiva o negativa? ¿Y que efectos pueden dar lugar entre ellos? Piensa en alguna manifestación de esto efecto, que a veces se experimenta en la vida cotidiana.
  4. ¿Qué dos átomos dan lugar a los mejores materiales (prácticos) conductores de la electricidad?
  5. Calcula la estructura electrónica del átomo de aluminio ( $n^{\circ}$  atómico = 13).
- 

## **1.4 Cargas eléctricas. Ley de coulomb**

Como se sabe, la mínima expresión de carga eléctrica lo constituye el electrón y protón. Al ser de una magnitud tan pequeña, se establece como unidad de carga eléctrica el **culombio (C)**, que equivale a la carga de, aproximadamente, 6.230.000.000.000.000.000 electrones =  $6,23 \cdot 10^{23}$

Unidad de carga eléctrica: **Culombio**

**1 Culombio »  $6,23 \times 10^{18}$  electrones**

Por tanto, la cantidad de carga eléctrica del electrón (y del protón) es:

$$\text{Carga del electrón (-e)} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{Carga del protón (+e)} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

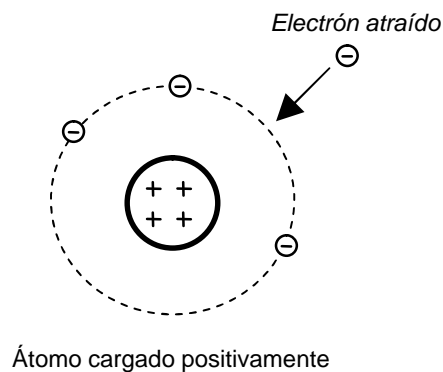
Aunque las cargas eléctricas del protón y electrón son las mismas, no ocurre lo mismo con sus masas. La masa del protón es mucho mayor que la del electrón:

$$\text{Masa del electrón: } 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{Masa del protón: } 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

Así, la masa del protón es unas 1830 veces mayor que la del electrón. Por otra parte, como se sabe, en el núcleo también se encuentran las partículas denominadas *neutrones*, eléctricamente neutras, pero su masa es similar a la del protón. Así, pues, se deduce que en el núcleo del átomo es donde se concentra casi toda su masa.

Aparecen cargas eléctricas, materiales cargados eléctricamente, cuando por algún tipo de circunstancia los átomos pierden algún electrón. Cuando esto ocurre, los electrones que dejan de formar parte de un átomo se mueven hacia otro átomo. Se dice entonces que los átomos que pierden electrones adquieren carga eléctrica positiva, y dejan de ser neutros, al tener más cantidad de protones que de electrones; lo cual les da la propiedad de poder atraer otros electrones de su entorno (fig.1.7).



**Figura 1.7.** Los átomos que han perdido algún electrón dejan de ser neutros y adquieren carga eléctrica positiva, con lo cual pueden atraer electrones libres.

En su estado normal, átomo neutro, los electrones libres no son atraídos porque la fuerza de atracción del núcleo es compensada por la fuerza de repulsión por parte de la corteza (electrones).

Si los átomos reciben electrones, también dejan de ser neutros, ya que adquieren carga negativa, puesto que pasan a tener más electrones que protones.

En general, también se denominan *iones* a los átomos que dejan de ser neutros, bien porque pierden o ganan electrones. Así, se denomina *ion positivo* a los átomos con carga + (han perdido electrones), y *ion negativo* a los átomos con carga negativa (han ganado electrones).

### **Campo eléctrico:**

Las cargas eléctricas dan lugar también a lo que se conoce por **campo eléctrico**, lo cual se puede manifestar experimentalmente. Digamos, que es una fuerza similar a la magnética, invisible, de acción a distancia, y que puede ser de atracción o repulsión. Se puede decir que existe una fuerza de campo eléctrico en un cierto punto del espacio, si en dicho punto se ejerce fuerza sobre cualquier otro tipo de carga. Así, la situación de un cuerpo cargado eléctricamente puede ejercer cierta fuerza sobre otras cargas situadas a su alrededor, y en cierta región del espacio se dice que existe un *campo eléctrico*.

## 1.4.2 Ley de Coulomb

La Ley de Coulomb viene a decir que *la fuerza (F) ejercida entre dos cargas eléctricas,  $q_1$  y  $q_2$ , es directamente proporcional a su producto e inversamente proporcional a su distancia de separación*. Matemáticamente se expresa por:

$$F = K \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

siendo:

$K$ : constante de proporcionalidad

$q_1$  y  $q_2$ : cargas eléctricas, culombios (C).

$d$ : distancia de separación, metros (m).

Como se comprende, es similar a la fuerza de gravitación universal de Newton. A mayor distancia de separación, menos influencia existe entre las cargas y menor es la fuerza (de atracción o repulsión). Asimismo, a mayor cantidad de cargas, mayor será la fuerza que se ejercerá (fig.1.8).



**Figura 1.8.** Representación de la ley de Coulomb.

### Ejemplo 1.4.1:

*Cálculo de la fuerza de atracción entre un protón y un electrón, situados a una distancia de  $6 \times 10^{-11}$  metros.*

Sabemos que las cargas de estas partículas elementales es:

$+e = -e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C. Y la constante  $K$ , en el vacío, es de  $9 \cdot 10^9$ . Por tanto, la fuerza de atracción será:

$$F = K \frac{q_1 q_2}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \times \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{(6 \cdot 10^{-11})^2} \cong 6,4 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

Bajo este principio, también se puede definir la unidad de carga eléctrica, **Culombio**, como la carga eléctrica que situada frente a otra igual, en el vacío y a 1 metro de distancia, da lugar a una fuerza de repulsión de  $9 \times 10^9$  N.

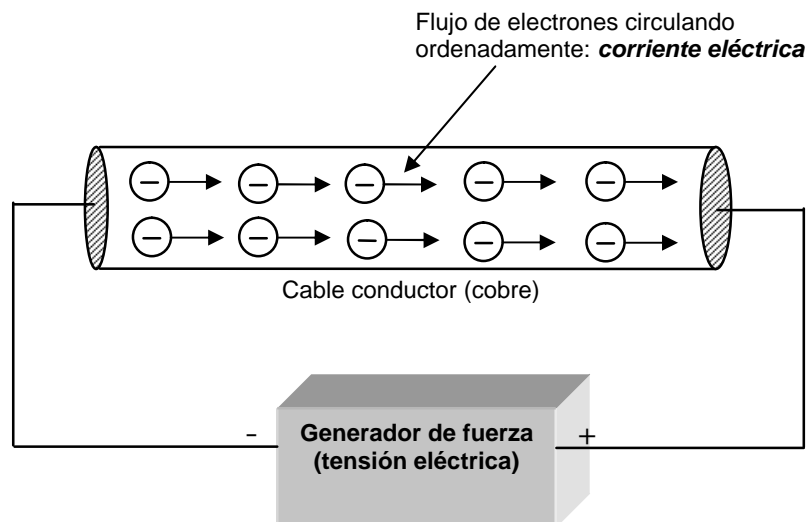
## Propuesta de actividades

1. Da una explicación sobre el concepto de *campo eléctrico*
2. ¿A qué se refiere la unidad *Culombio*?
- 3.Cuál es la carga eléctrica de un *electrón* ¿y de un *protón*?
4. ¿A qué se denominan *iones*?
5. ¿Qué viene decir la ley de *Coulomb*?
6. Ejercicio sobre la *ley de Coulomb*: Calcular la fuerza de atracción del ejemplo 1.4.1, si la distancia es 10 veces menor. Razonar el resultado.

## 1.5 La corriente eléctrica

La corriente eléctrica aparece como consecuencia del movimiento de electrones, y se puede definir de la siguiente manera:

**Corriente eléctrica**, es la circulación *ordenada de electrones a través de un conductor (a causa de una fuerza de atracción)*.



**Figura 1.9.** Representación del concepto de corriente eléctrica.

En base a un símil hidráulico, la corriente equivale al líquido, agua, que circula por una tubería; y el conductor de electricidad, un cable de cobre, equivale, por tanto, a la tubería por la cual circula el agua.

En la figura 1.9 se muestra una representación de la circulación de la corriente eléctrica a través de un conductor. Obviamente, para que se produzca la corriente eléctrica tiene que haber algo, una fuerza, que *presione* para que esto suceda; esta presión eléctrica es lo que se conoce por *tensión eléctrica (voltios)*, y es la fuerza que hace que los electrones circulen ordenadamente recorriendo un circuito. En la práctica, son los voltios generados por una pila (1,5 V), una batería (12 V), la red eléctrica (230 V), etc.

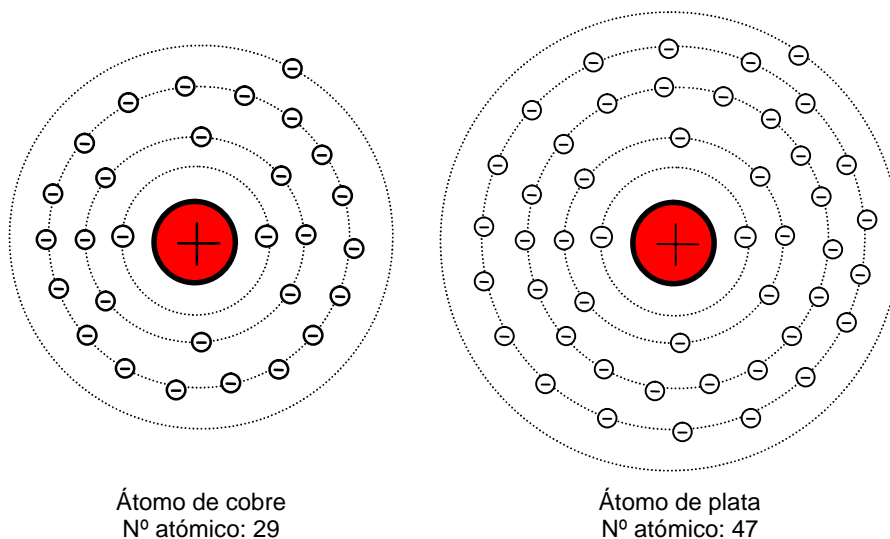
### 1.5.1 Conductores y aislantes

Como ya debe saberse, el causante de que pueda existir una corriente eléctrica a través de un conductor se debe a la posibilidad de que los electrones periféricos de sus átomos puedan dejar el átomo debido a alguna influencia externa. Y la facilidad para que esto ocurra depende de lo alejado del núcleo que estén los electrones periféricos, ya que la fuerza de atracción que ejerce el núcleo (carga positiva) sobre ellos es así menor.

#### 1.5.1.1 Buenos conductores

Se puede resumir, que los materiales son mejores conductores de la electricidad cuanto menos electrones periféricos tengan sus átomos y más alejados se encuentren del núcleo; en general, los que tienen muchos electrones libres. La facilidad de movimiento de dichas partículas, ya con un cierto movimiento desordenado en estado normal, puede controlarse y lograr que adquieran una circulación ordenada, en un determinada dirección (*corriente eléctrica*) aplicando una fuerza externa de carácter eléctrico.

En general, todos los metales son más o buenos conductores de electricidad, siendo los mejores la plata seguida del cobre, cuya estructura atómica se representa en la figura 1.10.



**Figura 1.10.** Estructuras de los átomos de cobre y plata; los materiales mejores conductores de la electricidad.

### 1.5.1.2 Aislantes

Se entiende por materiales aislantes de la electricidad, aquellos que, debido a su estructura atómica, no dan lugar a una circulación ordenada de electrones, no permiten el paso prácticamente de corriente; de ahí el término *aislantes*. Son aislantes, por ejemplo, la porcelana, el aire (seco), papel, goma, etc. Los aislantes se utilizan precisamente para *aislar, cortar*, el paso de la corriente; por ejemplo, se utilizan como medio de aislamiento eléctrico en cables, herramientas, cajas de equipos, etc.

También se puede decir que este tipo de materiales oponen una muy alta oposición al paso de la corriente (adelantando así el concepto de *resistividad*). Es conveniente saber, que todo aislante, en según que condiciones puede llegar a hacerse más o menos conductor y dejar pasar una cierta corriente. Esto ocurre, por ejemplo, cuando el aire o la madera se humedece, o bien por una elevada fuerza de campo eléctrico (que rompe la estructura atómica). Por eso, puede pasar que un cierto material sea buen aislante para ciertas aplicaciones y para otras no lo sea. Precisamente, cuando se da lo que se conoce por *arco eléctrico* (rayos, chispas desde un cable de la bujía de un coche hacia la chapa, etc.), es porque el aire, que es un aislante, se hace conductor debido a la fuerte fuerza eléctrica.

Hay que tener en cuenta que movimiento de electrones no siempre significa corriente eléctrica, pues, a ciertas temperaturas, los átomos periféricos, pueden tener ya un cierto movimiento entre átomos; pero esto no se considera corriente eléctrica porque no es un movimiento ordenado, sino desordenado o errático.

---

### Propuesta de actividades

1. Define con tus palabras, el concepto de *corriente eléctrica*. Dibuja una representación de esto.
  2. Hidráulicamente, a que compararías la corriente y la tensión eléctrica?
  3. Define el concepto de buenos materiales conductores y materiales aislantes. ¿Contribuye a ello la configuración electrónica de los átomos de la materia con que están formados? Razona la respuesta.
  4. Indica dos materiales buenos conductores y dos materiales aislantes.
-

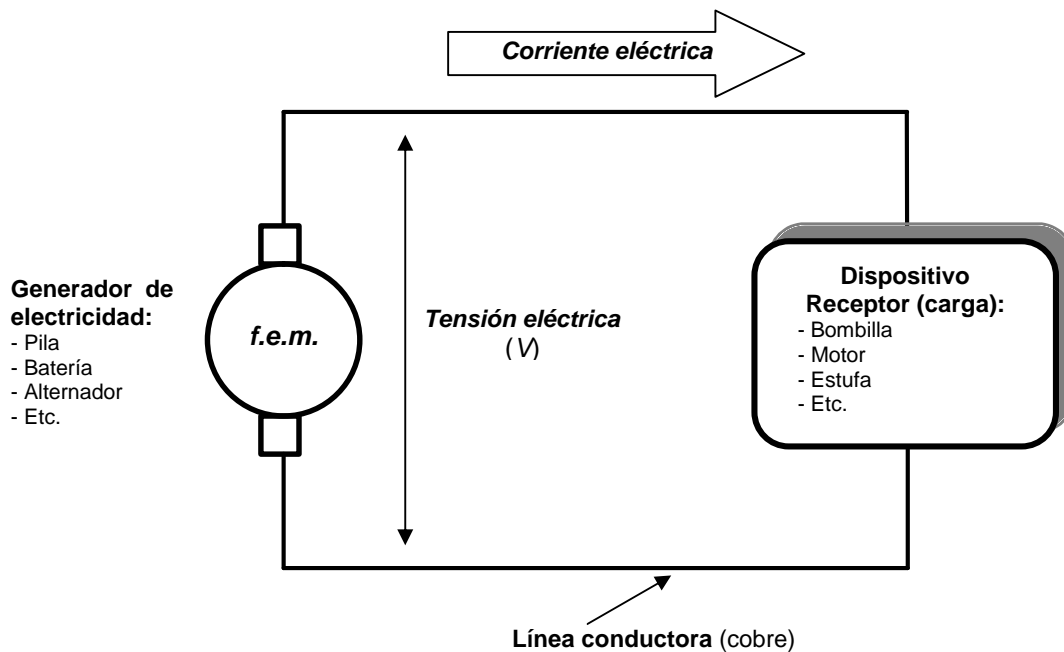
## 1.6 Fuerza electromotriz (f.e.m.)

Para que exista una corriente eléctrica se precisa de algo que fuerce a que los electrones circulen ordenadamente; una fuerza de origen eléctrica, denominada *fuerza electromotriz (f.e.m.)*, cuya unidad es el *voltio*. Aunque esto será explicado más adelante de forma más detallada adelantamos que esta fuerza externa que da lugar a la aparición de la corriente eléctrica, es la que proporcionan los generadores de electricidad: Pila, batería, alternador, célula solar fotovoltaica, etc.

En los generadores de electricidad, como consecuencia de algún tipo de proceso, se produce en su interior lo que se llama una *f.e.m.*, lo cual se puede definir de la siguiente manera:

**Fuerza electromotriz (f.e.m.):** es la fuerza que obliga a moverse a los electrones (dentro del generador), y que tiene por efecto producir una tensión eléctrica.

Y la **tensión eléctrica**, que se expresa en **voltios**, es: la fuerza que hace que los electrones se muevan ordenadamente en una cierta dirección a través de las líneas de conductoras (circuito), o sea, lo que hace que aparezca una corriente eléctrica. Este principio se ilustra en la figura 1.11. Aparecen así los términos tan conocidos como pila de 9 V, batería de 12 V, 220 V de la red eléctrica, etc.



**Figura 1.11.** Representación genérica de un circuito eléctrico. Un generador de electricidad suministra una tensión eléctrica (voltios) que hace que circule una corriente eléctrica a través del receptor (carga) para desarrollar un cierto trabajo (luz, calor, fuerza mecánica, etc.). Las líneas conductoras son el medio de transporte de la energía eléctrica, del generador a la carga.



Sin entrar en detalles, porque será explicado en profundidad más adelante, hay que ir sabiendo que la corriente eléctrica puede ser de tipo *continua* (c.c.) o *alterna* (c.a.), según el tipo de generador de *f.e.m.* utilizado. Las pilas y baterías generan tensión continua, y esto significa que la polaridad de la tensión y el sentido de la corriente es constante, no varía. En el caso de la tensión de la red eléctrica (220 V), la corriente es alterna (debido a que es generada en la central por maquinas denominadas alternadores); en este caso, la polaridad de la tensión va cambiando periódicamente, y lo hace 50 veces por segundo. Así, pues, en circuitos de tensión continua la corriente circula siempre en el mismo sentido, pero en los circuitos de corriente alterna la corriente circula invirtiendo el sentido muy rápidamente.

---

## Propuesta de actividades

1. Explica, a tu manera, el concepto de *fuerza electromotriz*.
  2. Indica tres componentes generadores de fuerza electromotriz.
  3. Indica conceptualmente lo que es c.c. y c.a.
- 

### 1.7 Intensidad eléctrica

La intensidad de corriente es un concepto que relaciona la cantidad de carga eléctrica y el tiempo, y se puede definir de la siguiente manera:

**Intensidad eléctrica: Es la cantidad de carga eléctrica que circula por un conductor en la unidad de tiempo.**

O sea, es una medida de la cantidad de corriente. Matemáticamente se expresa por:

$$I = \frac{\text{Cantidad de carga (C)}}{\text{tiempo(s)}} = \frac{q}{t}$$

Unidad: **Amperio (A)**

Circula la intensidad de un amperio cuando pasa un culombio por segundo:

$$\text{Intensidad} = \frac{q}{t} = \frac{1 \text{ Culombio}}{1 \text{ segundo}} = 1 \text{ amperio}$$

Siguiendo con el símil hidráulico, la intensidad eléctrica es similar al caudal (cantidad de agua que pasa por la tubería en la unidad de tiempo).

Unidades derivadas, utilizadas en electrónica, son:

**Miliamperio: mA**  $\text{D } 1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$

**Microamperio: mA**  $\text{D } 1 \text{ mA} = 0,000001 \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$

**Nanoamperio: nA**  $\text{D } 1 \text{ nA} = 0,000000001 \text{ A} = 10^{-9} \text{ A}$

**Picoamperio: pA**  $\text{D } 1 \text{ pA} = 0,0000000000001 \text{ A} = 10^{-12} \text{ A}$

Las unidades con que normalmente se trabaja en electrónica son el Amperio (A), el mA y el **mA**. Con nA y pA normalmente no se trabaja, pero es necesario conocerlas porque en la tecnología microelectrónica (circuitos integrados) se trata con magnitudes de corrientes muy pequeñas, hasta de pA. En cambio, en electricidad y electrónica industrial, se puede trabajar hasta con miles de amperios, lo cual se expresa por medio de la letra K, que en el mundo técnico equivale a mil:

**k = 1000**  $\text{D } 1 \text{ kA} = 1000 \text{ A}$

---

### Ejercicios de ejemplo:

1.- La intensidad que circula por un conductor por el cual pasan 2 culombios por segundo es:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{2}{1} = 2 \text{ A}$$

2.- La intensidad que circula por un conductor por el cual pasan 4 culombios cada 0,5 segundos es:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{4}{0,5} = 8 \text{ A}$$

3.- Cantidad de carga, culombios, que pasan por un conductor cada segundo por el cual la intensidad que circula es de 450 mA:

Pasando la intensidad de 450 mA a Amperios, tenemos:

$$1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A} \Rightarrow 450 \text{ mA} = 450 \times 0,001 = 0,45 \text{ A.}$$

La cantidad de carga ( $q$ ) es:

$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = I \cdot t = 0,45 \times 1 = 0,45 \text{ C}$$

---

## Propuesta de actividades

1. Explica qué es una intensidad eléctrica. ¿Cuál es su unidad?
  2. Calcular la intensidad que circula por un conductor por el cual pasan 0,5 culombios cada 0,25 segundos.
  3. Calcular la cantidad de carga que circularía en un conductor cada segundo si la intensidad medida es de 300 mA.
  4. Indicar, en amperios, los valores 300 mA, 100pA y 20mA.
- 

## 1.8 Tensión eléctrica

Desde un punto de vista práctico, se puede definir de la siguiente manera:

**Tensión eléctrica:** *es la fuerza que da lugar a que los electrones se muevan ordenadamente a través de un conductor, produciéndose así una corriente eléctrica.*

Siguiendo con el símil hidráulico, se puede decir, que la tensión eléctrica es equivalente a la fuerza de presión que genera una bomba para hacer que el agua circule por las tuberías.

Esta fuerza eléctrica, *tensión*, es lo que produce todo generador de electricidad (pila, alternador, célula solar, etc.).

En los generadores de electricidad, aparece el término *fuerza electromotriz (f.e.m.)*; que es el proceso energético que se da en el interior del generador, y que da lugar a que se produzca la tensión en los terminales de salida. Así, f.e.m. es equivalente a la energía que se da en el interior de una bomba hidráulica, y que da lugar a la presión. En el caso, por ejemplo, de una pila, la f.e.m. es el proceso químico interno que da lugar a la energía que pone en movimiento a los electrones, y su efecto produce la tensión de salida.

La unidad de tensión eléctrica es el **Voltio**; por tanto, el **voltaje** es la *medida de la tensión eléctrica*. Así, se dice que la tensión de la batería del coche es de 12 V, la tensión de la red eléctrica doméstica es de 220 V, una pila de 1,5 V, etc.

Visto de una forma más técnica, aparecen otros términos relacionados que se denominan *potencial eléctrico* y *diferencia de potencial*.

Se define por *potencial eléctrico* en un punto, al trabajo necesario para trasladar la unidad de carga eléctrica positiva desde el infinito hasta dicho punto; es un trabajo por

unidad de carga, que se mide en *voltios* ( $V$ ). La unidad voltio resulta ser pues el trabajo de un julio ( $J$ ) sobre la carga de un culombio ( $C$ ); se tiene el potencial de un voltio si se realiza el trabajo de un julio para trasladar la carga de un culombio:  $1 V = 1 J/1 C$ .

Se define por *diferencia de potencial* entre dos puntos, al *trabajo necesario para que la unidad de carga se traslade de un punto a otro*, y también se mide en voltios. Así, se tiene un voltio si se realiza el trabajo de un julio para que la carga de un culombio se mueva de un punto a otro:

$$1 \text{ Voltio} = \frac{1 \text{ Julio}}{1 \text{ Culombio}}$$

El término *diferencia de potencial* es muy utilizado en la práctica, y bajo un principio de comprensión sencillo, como ya se verá.

Así, en resumen, los términos **tensión**, **potencial** y **diferencial de potencial**, se expresan mediante la unidad **voltio**, y a menudo simplemente como **voltaje**. Por ejemplo, respecto a una pila de  $9 V$  se puede decir: que la pila proporciona una tensión de  $9 V$ , que entre sus terminales [positivo (+) y negativo (-)] aparece la diferencia de potencial de  $9 V$ , o simplemente, que genera un voltaje de  $9 V$ .

---

## Propuesta de actividades

1. Explica, a tu manera, el concepto de tensión eléctrica. ¿Cuál es su unidad?
  2. Hidráulicamente, a qué asimilarías la tensión eléctrica?
  3. Da un ejemplo práctico de un componente que produce una diferencia de potencial.
  4. Con una tensión de 2 voltios, que cantidad de carga (culombios) se podrá mover si el trabajo realizado es de 4 julios.
- 

## 1.9 El circuito eléctrico. Circulación de la corriente.

Todos los circuitos eléctricos disponen de una serie de componentes básicos, de manera que se obtenga el paso de una corriente eléctrica a través del dispositivo de salida que se necesite. En principio, para que exista una circulación de corriente eléctrica se necesita que el circuito esté cerrado. O sea, desde un punto del generador, la corriente debe entrar por la línea de conducción, cables, salir por otro punto, y después de pasar por el tipo de dispositivo receptor que sea (bombilla, motor, etc.), debe retornar al otro punto del generador; cualquier tipo de interrupción, corte, en cualquier punto de la línea,

hace que se interrumpa la circulación de corriente y que por tanto el dispositivo receptor deje de recibir energía eléctrica.

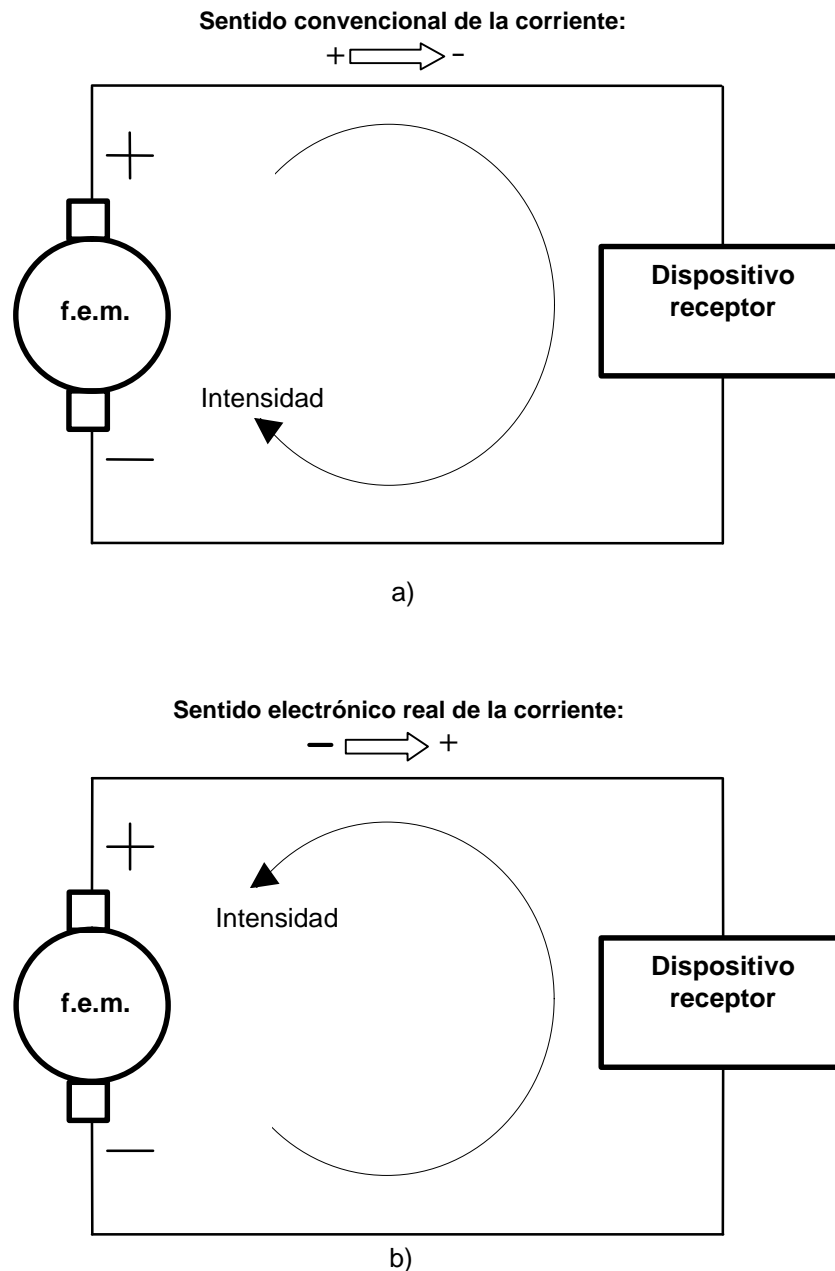
El circuito eléctrico más elemental es el que se muestra en la figura 1.12; se basa en un generador, las líneas conductoras y el receptor de la energía eléctrica. Al cerrarse el circuito, se unen los terminales del generador a través de algún elemento conductor, y ello da lugar a que circule una corriente eléctrica a través de la línea conductora.

### **1.9.1 Sentido electrónico real**

Físicamente, se sabe que el sentido de la corriente eléctrica va de negativo (-) a positivo (+); o sea, el flujo de electrones parte del polo negativo del generador y se dirige, a través de las líneas de conducción, hacia el polo positivo del generador (por dentro del generador, el flujo electrónico circula desde el polo positivo al negativo). Este sentido, de negativo a positivo, es el *sentido electrónico real* (fig. 1.12b).

### **1.9.2 Sentido convencional**

Existe también lo que se conoce por *sentido convencional de la corriente*, que va al revés del sentido real; o sea, de *positivo (+) a negativo (-)*, según se representa en la figura 1.12a. Esto es así porque en los principios del descubrimiento de la electricidad, se creía que éste era el sentido real de la corriente, y así se consideró durante mucho tiempo. Pero posteriores descubrimientos demostraron que realmente el sentido era al revés; los electrones (cargas negativas) son realmente lo que se mueve y su tendencia es ir hacia cargas de distinto signo (positivas).



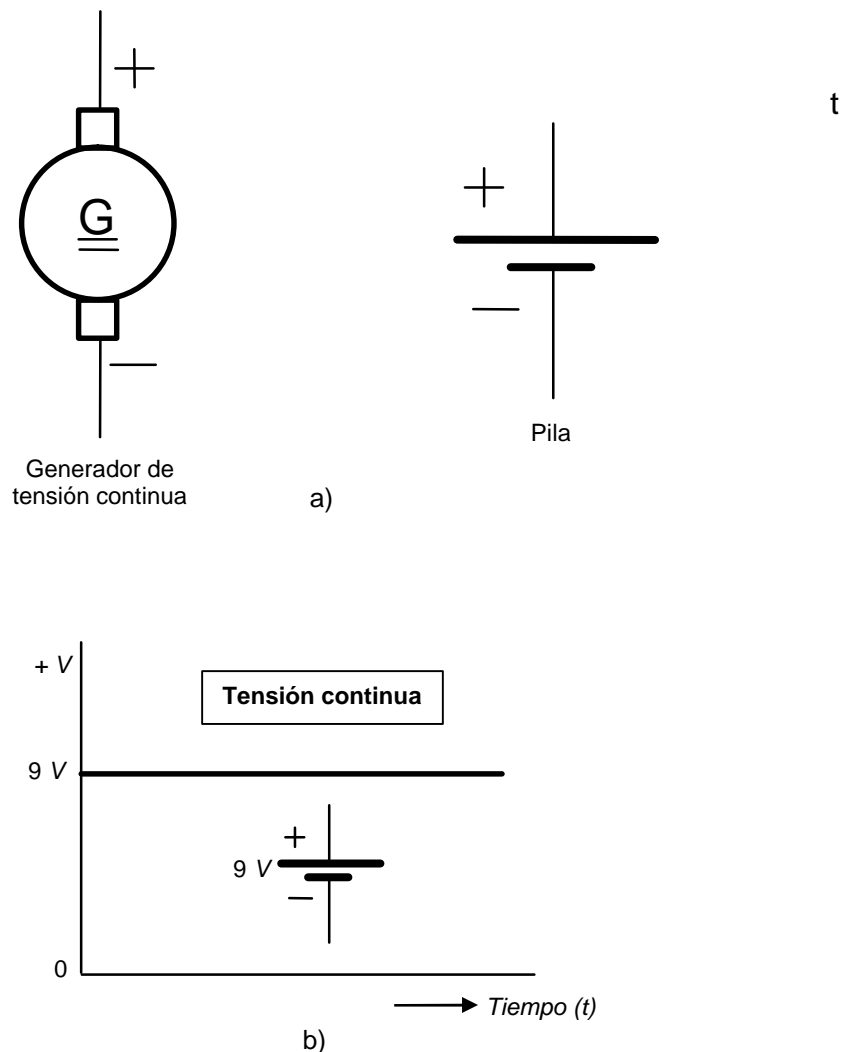
**Figura 1.12.** Circuito elemental. Sentido de circulación de la corriente eléctrica: a) sentido convencional. b) sentido real. En la práctica, el que normalmente se considera es el sentido convencional.

En la práctica, por lo general, el sentido de la corriente que se considera es el convencional (de + a -), por cuestiones de convención, y dado que existe una gran diversidad de publicaciones que lo consideran así. Por otra parte, hay que tener en cuenta de que, energéticamente, no importa el sentido de la corriente, el trabajo realizado es el mismo. Por ejemplo, si en una linterna ponemos la pila al revés, la bombilla se enciende igual. En esta obra, éste será el sentido de la corriente utilizado, el convencional.

### 1.9.3 Corriente continua (c.c.) y corriente alterna (c.a.)

Otras cuestiones relacionadas con el sentido de circulación de la corriente, son los conceptos de *corriente continua* (c.c.) y *corriente alterna* (c.a.).

Existe corriente continua cuando el flujo de electrones circula siempre en el mismo sentido, y en este caso aparece el concepto de polaridad [polo positivo (+) y polo negativo (-)]. Es el tipo de corriente que se obtiene por medio de las pilas, batería, célula solar fotovoltaica, etc. En la figura 1.13 se representa la simbología de un generador de c.c. en general, el de una pila y la representación gráfica de la corriente continua.

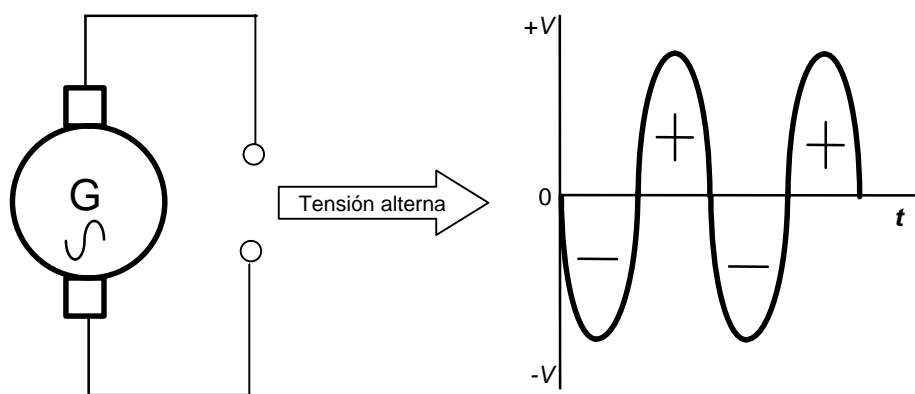


**Figura 1.13.** a) Simbología de componentes típicos generadores de tensión continua. b) Gráfico que representa una tensión continua (b).

Existe también la denominada *corriente alterna*, cuyo concepto adelantamos: Existe corriente alterna cuando el sentido se va invirtiendo constantemente en función del

tiempo. Es como, por ejemplo, si fuéramos invirtiendo rápidamente la polaridad de la pila en una linterna; la bombilla recibiría corriente alterna, a veces un terminal de la bombilla se conectaría al polo + y otras veces al polo -, y también se encendería.

Es precisamente corriente alterna la que disponemos en la red eléctrica; todos los aparatos eléctricos y electrónicos que conectamos a la red, reciben corriente alterna. Esto es debido, en principio, a que los generadores eléctricos utilizados en las centrales eléctricas para suministrar la energía eléctrica son máquinas denominadas *alternadores*. En la figura 1.14 se representa el símbolo de un generador de c.a., alternador, y la forma como varía la tensión que genera.



**Figura 1.14.** Símbolo de un alternador (generador de c.a.) y la forma de variación de la tensión que genera (tensión alterna).

---

## Propuesta de actividades

1. ¿Qué significa sentido de circulación electrónico y sentido convencional de la corriente? ¿Cuál de los dos es el normalmente considerado en la práctica?
  2. ¿Afecta la cantidad de energía eléctrica recibida por un receptor (bombilla, por ejemplo), según sea el sentido de circulación de la corriente?
  3. Define los conceptos de c.c. y c.a.
  4. Indica dos componentes generadores de c.c.
  5. Cómo es la energía eléctrica que recibimos de la red, c.c. ó c.a. ?
-



## Actividades finales

**Ejercicio 1.1.** Describir la estructura del átomo. ¿Cuál es la partícula elemental con carga eléctrica que da origen a la corriente eléctrica ?

**Ejercicio 1.2.** Definir el concepto de *corriente eléctrica*. ¿Cómo se llama la fuerza necesaria para que se produzca ?

**Ejercicio 1.3.** Cómo se denomina la *unidad de carga eléctrica*. ¿Cuál es su valor ?

**Ejercicio 1.4.** Si un cuerpo, debido a frotamiento, pierde electrones, de que tipo es la carga que adquiere ¿ positiva ó negativa ? ¿A qué se denomina *iones* ?

**Ejercicio 1.5.** Calcular la fuerza que se ejerce entre dos electrones, situados en el vacío, cuya distancia de separación es de  $9,5 \cdot 10^{-11}$  m. Cómo es la fuerza ¿ de atracción o repulsión ?

**Ejercicio 1.6.** Explicar la diferencia entre los materiales *buenos conductores* y los denominados *aislantes*.

**Ejercicio 1.7.** De qué material se fabrican normalmente los conductores eléctricos ¿ por qué ?

**Ejercicio 1.8.** Respecto a la *intensidad eléctrica*:

- Definir el concepto.
- ¿ Cual es su analogía hidráulica ?
- ¿ Cual es su unidad ?

**Ejercicio 1.9.** Respecto a la *tensión eléctrica*:

- Definir el concepto.
- ¿ Cual es su analogía hidráulica ?
- ¿ Cual es su unidad ?
- ¿ Cómo se obtiene ?

**Ejercicio 1.10.** Indicar el sentido de circulación de la electricidad *electrónico* y el denominado *convencional*.

**Ejercicio 1.11.** ¿Cuál es la diferencia entre la *corriente continua* y la *alterna* ?

**Ejercicio 1.12.** Calcular la cantidad de culombios que circulan por segundo en un conductor si el valor de intensidad es de 350 mA.