

# Fundamentos de la Electricidad y del Magnetismo

## INDICE

---

2.1. Introducción .....	14
2.2. Naturaleza de la electricidad .....	14
2.3. Corriente eléctrica .....	15
2.4. Tensión, intensidad y resistencia.....	16
2.5. Conductividad eléctrica. Materiales conductores y aislantes .....	18
2.6. Ley de Ohm .....	19
2.7. Corriente continua y corriente alterna .....	21
2.7.1. Corriente continua .....	21
2.7.2. Corriente alterna .....	21
2.8. Energía y potencia eléctrica .....	24
2.9. Efectos de la corriente eléctrica .....	25
2.10. Efecto calorífico de la corriente eléctrica. Efecto Joule .....	26
2.11. Magnetismo .....	27

## 2.1. Introducción

La electricidad es una de las fuentes de energía más utilizada en la tecnología del soldeo.

En el soldeo por fusión se emplea fundamentalmente para producir el arco eléctrico y para generar, por efecto Joule, el calor necesario en los procesos de soldeo por resistencia.

El empleo de la electricidad es también muy diverso en los procesos de soldeo en estado sólido y en los de soldeo fuerte y blando.

Lo anterior justifica que se traten, desde el principio, los fundamentos de este fenómeno así como sus consecuencias.

## 2.2. Naturaleza de la Electricidad

Todos los cuerpos están formados por elementos químicos o sustancias elementales, y cada uno de ellos está constituido por partículas elementales o átomos.

Cada átomo tiene un núcleo central y alrededor de él giran a gran velocidad unas partículas (**electrones**) cargadas negativamente, ver figura 2.1. Dentro del núcleo hay un número igual de partículas positivas (**protones**) que anulan a las negativas de los electrones, compensándose el número de cargas positivas del núcleo con el número de cargas negativas que giran a su alrededor, resultando un átomo neutro. También se encuentran en el núcleo unas partículas sin carga eléctrica denominadas neutrones.

Los electrones giran en órbitas distintas alrededor del núcleo.

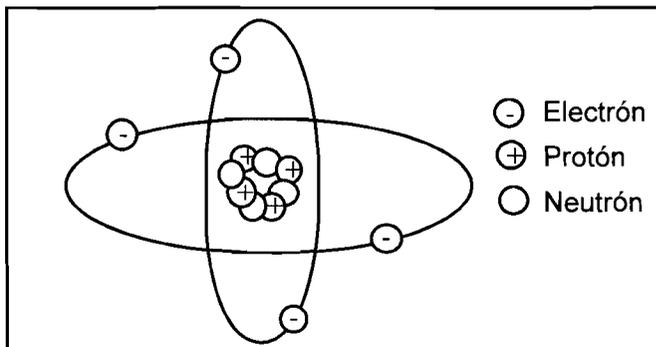


FIGURA 2.1: ÁTOMO

Como hemos indicado, la materia en estado normal posee el mismo número de protones que de electrones, por lo que es eléctricamente neutra. Ahora bien, los átomos pueden ceder o ganar electrones, quedándose **cargados positiva o negativamente**.

Un cuerpo estará **cargado positivamente** si pierde un determinado número de electrones.

Un cuerpo quedará **cargado negativamente** si gana un determinado número de electrones.

## 2.3. Corriente Eléctrica

En algunas sustancias, especialmente los metales y bajo ciertas condiciones, los electrones son **libres** de moverse de un átomo a otro originando un flujo de electrones a través del material. Este flujo de electrones se conoce como **corriente eléctrica** y se representa en la figura 2.2.

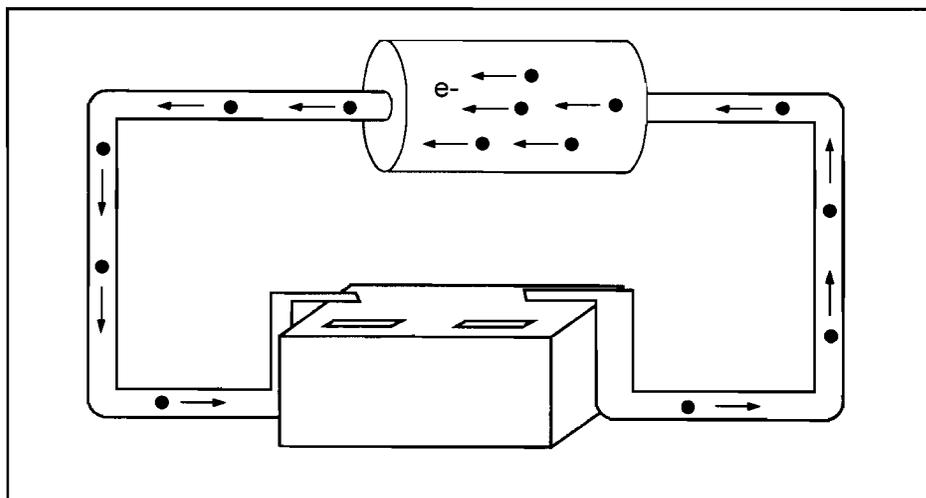


FIGURA 2.2: CORRIENTE ELÉCTRICA COMO FLUJO DE ELECTRONES ( $e^-$ )

Los materiales que permiten el flujo de electrones se denominan **conductores**. Por ejemplo los metales, disoluciones de ácidos y sales o el carbón.

Los materiales que por su estructura no permiten fluir a los electrones se denominan **aislantes**. Ejemplos de éstos son: gases, madera, papel, algodón, goma, plástico y materiales cerámicos.

## 2.4. Tensión, Intensidad y Resistencia

Para entender mejor las nociones de corriente eléctrica hemos plasmado en la figura 2.3 un símil hidráulico clásico que la explica.

Con la ayuda de la bomba en el circuito 1, figura 2.3 (a), hacemos circular un caudal de agua por el serpentín. De igual manera, con ayuda del generador (o cualquier otra fuente de corriente) en el circuito 2, figura 2.3 (b), hacemos circular por un receptor una cantidad determinada de electrones.

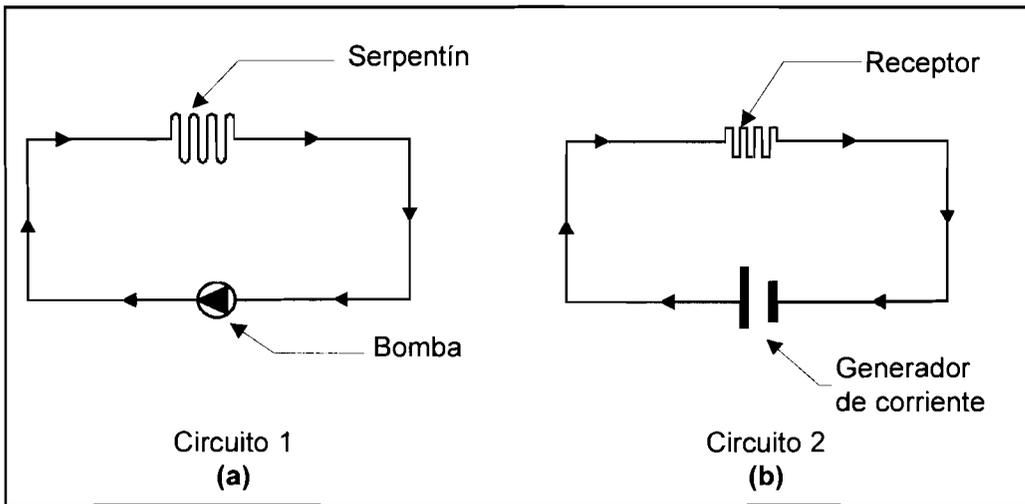


FIGURA 2.3: (A) SÍMIL HIDRÁULICO DE UN CIRCUITO ELÉCTRICO. (B) CIRCUITO ELÉCTRICO

### *Intensidad de corriente*

De la misma manera que el caudal que pasa por el serpentín es la cantidad de agua, medida en litros (l), que pasa por el serpentín en la unidad de tiempo (por ejemplo el segundo) y se mide en litros por segundo (l/s); la intensidad de corriente es la cantidad de electrones que atraviesan una sección del conductor por unidad de tiempo.

La intensidad de corriente se representa normalmente por la letra  $I$ .

La unidad de la corriente, o de la intensidad de corriente, en el Sistema Internacional de Unidades (S.I.) es el **amperio**, cuyo símbolo abreviado es **A**.

Igual que el agua en un circuito hidráulico circula por las tuberías, el movimiento de las cargas está restringido dentro de los límites del conductor. Los electrones se mueven únicamente dentro del material conductor.

### *Tensión eléctrica o diferencia de potencial*

Para obtener una circulación de agua por el serpentín, es preciso que en el circuito 1 de la figura 2.3 (a) exista, entre la entrada y la salida del mismo, una diferencia de presión que la crea la bomba. En el circuito 2 de la figura 2.3 (b), para que los electrones circulen se necesita una **diferencia de potencial o tensión eléctrica** que la crea el generador.

La función de cualquier generador es, por lo tanto, crear una diferencia de potencial para que se establezca el flujo de electrones.

La diferencia de potencial, o tensión eléctrica, se representa normalmente por la letra U ó V.

Por tanto, **V** es la **diferencia de potencial** entre dos puntos considerados, siendo incorrecto hablar de potencial en un punto sin hacer referencia a otro.

Es frecuente considerar el potencial de varios puntos todos con **referencia** a un lugar determinado, al que se suele asignar el **potencial cero**, conociéndose con el nombre de **tierra**.

Con este convenio, ya puede hablarse de **potencial de un punto**, por cuanto se sobreentiende cuál es el punto de referencia (la tierra de potencial cero).

La unidad de medida de la diferencia de potencial en el Sistema Internacional es el **voltio**, cuyo símbolo es V.

### *Resistencia*

Las tuberías del circuito 1, figura 2.3 (a), ofrecen **resistencia** a la circulación del agua debido al rozamiento de ésta con las paredes de la tubería. Esta resistencia es tanto mayor cuando:

- Mayor es su longitud.
- Menor es su diámetro.
- Más rugosas son sus paredes interiores.

Así los conductores del circuito 2, figura 2.3 (b), ofrecen una resistencia al paso de los electrones, tanto mayor cuanto:

- Más largo sea el conductor.
- Más pequeño sea su diámetro.
- La naturaleza del material constituyente del conductor se preste menos al movimiento de los electrones.

La **resistencia eléctrica** se representa normalmente por la letra **R** y se mide en **ohmios**, cuyo símbolo abreviado es  $\Omega$ .

En la tabla 2.1 se resumen las magnitudes eléctricas antes descritas, así como sus unidades y abreviaturas normalmente utilizadas.

Magnitud eléctrica	Abreviatura	Unidad
Tensión eléctrica o diferencia de potencial	V; U	Voltio (V)
Intensidad	I	Amperio (A)
Resistencia	R	Ohmio ( $\Omega$ )

TABLA 2.1: MAGNITUDES ELÉCTRICAS Y SUS UNIDADES

## 2.5. Conductividad Eléctrica. Materiales Conductores y Aislantes

La resistencia de un conductor depende de las características particulares de éste: longitud, sección y naturaleza del material.

Como ya se ha indicado, se observa que:

- Al aumentar la longitud del conductor, la resistencia aumenta.
- Al disminuir el diámetro del conductor, y por tanto su sección, la resistencia aumenta.
- Al cambiar un conductor por otro de la misma sección y longitud, pero de diferente material, la resistencia varía, ya que ésta depende del tipo de material del conductor.

Existen materiales que conducen mejor la electricidad que otros, es decir tienen mayor conductividad eléctrica. La conductividad es una característica de cada tipo de material.

Un buen **conductor** es un material que no ofrece resistencia al paso de los electrones. Su conductividad es alta. Los metales son, generalmente, buenos conductores de la electricidad. Los mejores son la plata, el cobre y el aluminio. También son conductores el grafito y las disoluciones acuosas de ácidos, bases y sales.

Los **aislantes** son sustancias que prácticamente no conducen la corriente eléctrica, utilizándose para cortar o aislar el paso de la corriente. Son aislantes los gases en condiciones normales (sólo si se ionizan son conductores), el papel, el asfalto,

el vidrio, casi todos los plásticos (pvc, polietileno, etc) , casi todas las cerámicas, la lana y la goma.

## 2.6. Ley de Ohm

Al conectar dos depósitos situados a distinto nivel y comunicados entre sí, ver figura 2.4, se establece una corriente de agua. La corriente cesa en el momento en que el desnivel desaparece y es mayor cuanto mayor sea este desnivel.

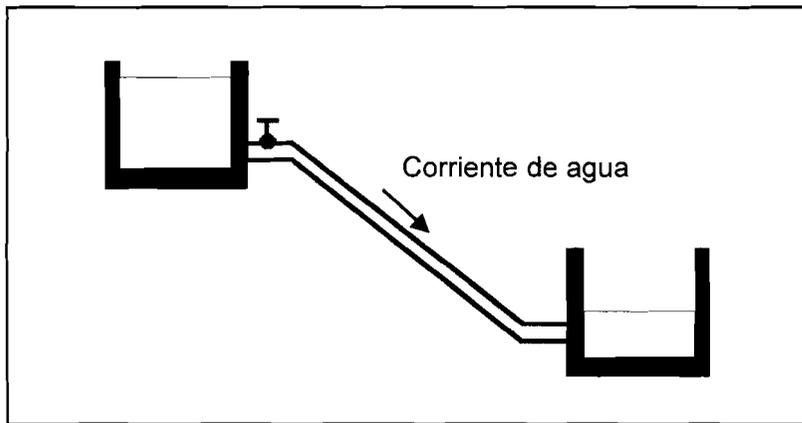


FIGURA 2.4: ESTABLECIMIENTO DE UNA CORRIENTE DE AGUA AL CONECTAR DOS DEPÓSITOS A DIFERENTE ALTURA

De la misma manera, al establecer una diferencia de potencial mediante un generador, por ejemplo una pila, se establece una corriente de electrones. La intensidad de la corriente será mayor cuanto mayor sea la diferencia de potencial que se ha establecido, por tanto existe una relación entre la intensidad de corriente y la diferencia de potencial.

Sin embargo, de la misma forma que en el circuito hidráulico hay que tener en cuenta la sección de la tubería y sus características (existencia de residuos, material, etc.) para conocer exactamente el caudal; en un circuito eléctrico para conocer la intensidad de corriente será necesario saber la sección del conductor, su longitud y la conductividad de material; es decir: la resistencia del conductor. Se ve, pues, que existe una relación entre la intensidad de corriente, la diferencia de potencial y la resistencia del conductor. Esta relación se conoce como "Ley de Ohm" y se enuncia así:

La diferencia de potencial entre los extremos de un conductor eléctrico es directamente proporcional a la intensidad que circula por él, siendo la constante de proporcionalidad la resistencia del propio conductor.

$$V = R \cdot I$$

V = Diferencia de potencial, medida en voltios (V)

I = Intensidad de corriente, medida en amperios (A)

R = Resistencia del conductor, medida en ohmios ( $\Omega$ )

Para explicar la proporcionalidad entre la intensidad de corriente y la diferencia de potencial se puede realizar la siguiente experiencia, conectar una pila con una bombilla e intercalar un amperímetro. Una vez montado el circuito se va cambiando la pila para obtener distintas diferencias de potencial y, por tanto, diferentes intensidades de corriente. Cada vez que conectamos el circuito se anotará el valor de la intensidad de corriente obtenida y la tensión de la pila. La resistencia se determina por el cociente entre la diferencia de potencial y la intensidad, obteniéndose una tabla como la 2.2.

Diferencia de potencial (V)	Intensidad (I)	Resistencia $\left[\frac{V}{I}\right]$
10 V	5 A	2 $\Omega$
8 V	4 A	2 $\Omega$
6 V	3 A	2 $\Omega$
2 V	1 A	2 $\Omega$

TABLA 2.2: RELACIÓN ENTRE LA DIFERENCIA DE POTENCIAL Y LA INTENSIDAD

Como se puede ver el cociente  $V/I$ , es decir la resistencia, **permanece constante**, siempre y cuando no cambiemos ni la bombilla ni el conductor del circuito.

En la tabla 2.2 también se observa que con una pila de 10 V la intensidad es de 5 A. Si se disminuye la tensión de la pila, por ejemplo a 8 V, la intensidad también disminuye y lo hace de forma proporcional, siendo en este caso de 4 A. Es decir, la diferencia de potencial y la intensidad varían en el mismo sentido y proporcionalmente una a otra. La proporcionalidad con que varían viene determinada por la resistencia del conductor.

## 2.7. Corriente Continua y Corriente Alterna

Si el sentido y valor de la intensidad de corriente permanecen constantes a lo largo del tiempo, la corriente se denominará **continua**, ver figura 2.5.

Si el sentido de la intensidad varía periódicamente, es decir, cambia de signo de unos instantes a otros, la corriente se denominará **alterna**.

### 2.7.1. Corriente continua

Corriente continua: Se representa gráficamente por  $\text{---}$  y abreviadamente por c.c. ó d.c.

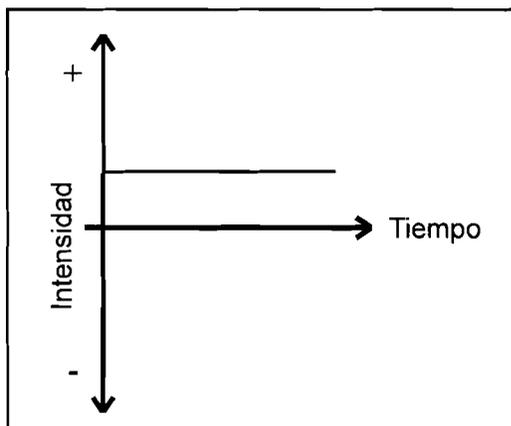


FIGURA 2.5: CORRIENTE CONTINUA

Características de la corriente continua:

- Se produce en las pilas y en las dinamos.
- Las máquinas de soldeo que suministran este tipo de corriente son los rectificadores y los grupos motor-dinamo (convertidores o generadores).
- La corriente circula en un sentido determinado de forma constante. Hay un terminal positivo y un terminal negativo.

### 2.7.2. Corriente alterna

Las tensiones e intensidades de las corrientes que circulan por la mayoría de los circuitos prácticos **no son estacionarias** sino que **varían** con el tiempo.

# Fundamentos de la Electricidad y el Magnetismo

La más sencilla de las corrientes variables con el tiempo, cambia periódicamente su sentido y recibe el nombre de corriente alterna, representándose abreviadamente por c.a. ó a.c. y gráficamente por  $\sim$ .

La **forma de onda** de la corriente alterna más sencilla es la sinusoidal de tensión o de intensidad, la cual varía sinusoidalmente con el tiempo, ver figuras 2.6 y 2.7.

A una onda completa se le da el nombre de **ciclo** y el intervalo de tiempo que se invierte en un ciclo recibe el nombre de **período** (T). El número de ciclos por segundo es la **frecuencia** (f), siendo por tanto  $f = 1 / T$ . La frecuencia se mide en Hertzios (Hz) o ciclos por segundo. La **amplitud** es el máximo valor de la onda.

En la figura 2.6 se representa una onda sinusoidal de tensión. Se podría construir una similar con la intensidad en lugar de con la tensión, ver figura 2.7. La corriente suministrada por las compañías eléctricas es alterna. En Europa se suministra a 50 Hz y en Estados Unidos a 60 Hz.

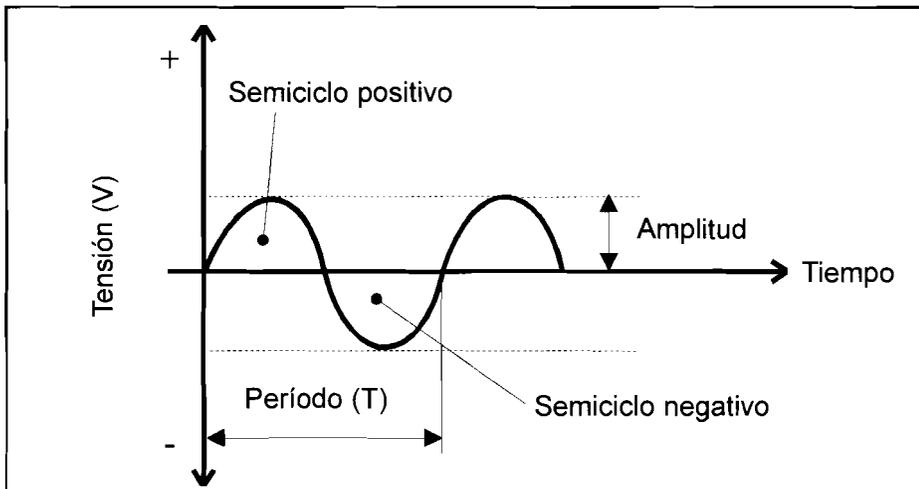


FIGURA 2.6: CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICA

La corriente alterna que normalmente se emplea es **trifásica**, esto quiere decir que está integrada por tres corrientes alternas monofásicas, ver figura 2.8. Para el transporte de las tres corrientes monofásicas por las compañías eléctricas hasta un receptor, se precisarían en teoría seis conductores, es decir 2 por cada corriente monofásica. Sin embargo, en la práctica se unen en un sólo conductor el retorno de las tres fases, con lo que se precisan sólo cuatro conductores, el cable de retorno se denomina **neutro**.

Cuando se suministra la corriente a 380 V y se realiza una conexión entre una fase y el neutro, se obtiene una tensión de 220 V.

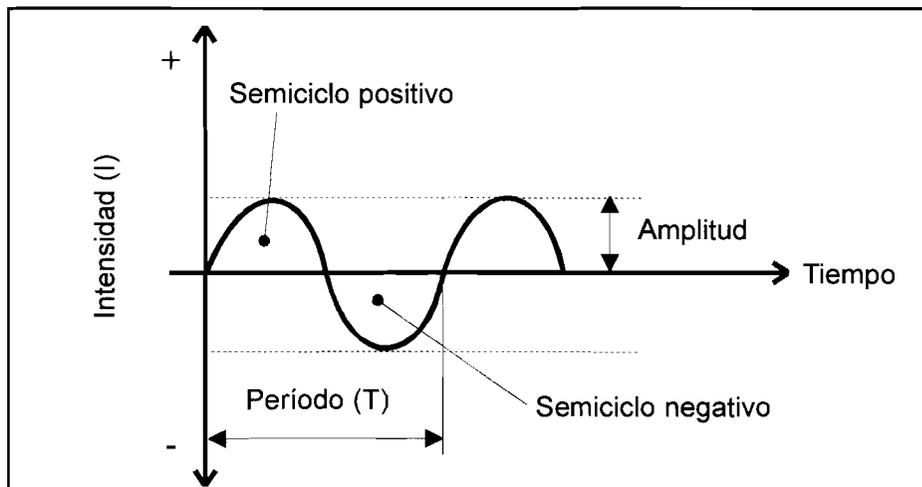


FIGURA 2.7: CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICA

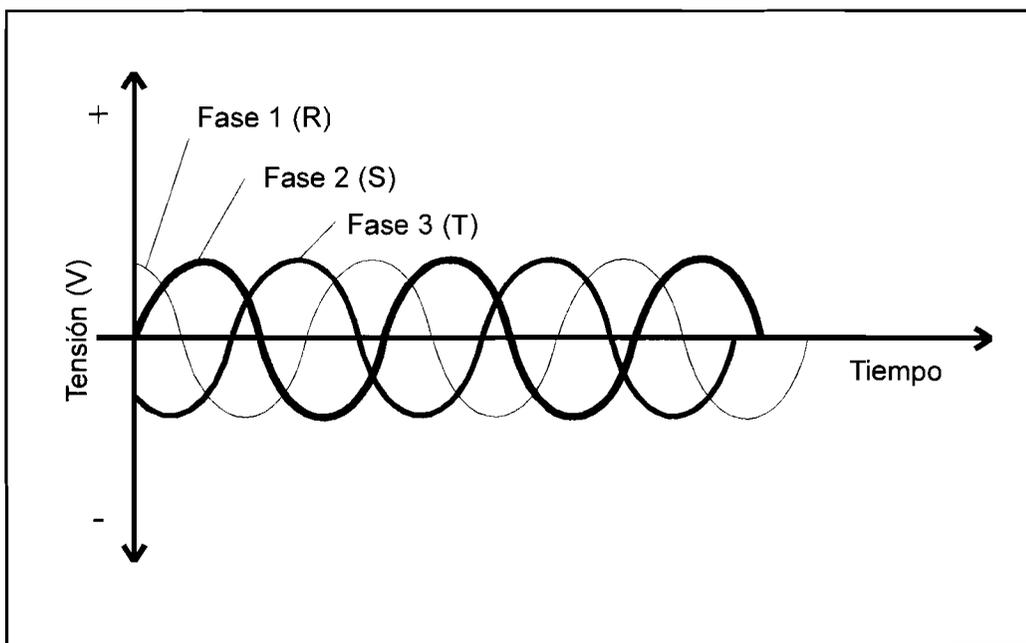


FIGURA 2.8: CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICA

Características de la corriente alterna:

- Es la forma en que nos suministra la energía las compañías eléctricas. La corriente eléctrica industrial se suministra a 380 V ó a 440 V trifásica, o a 220 V monofásica.

- Se produce en los alternadores.
- Los equipos de soldeo que suministran corriente alterna son los transformadores.
- No tiene sentido hablar de polaridad (está cambiando continuamente).

## **2.8. Energía y Potencia Eléctrica**

### *La electricidad, una forma de energía*

La electricidad es una forma más de energía que se obtiene por transformación de otras energías como la química, la mecánica, etc.

Por ejemplo, la energía eléctrica que suministra una pila voltaica se obtiene por transformación de la energía química de las reacciones que tienen lugar en el interior de la pila cuando ésta funciona. De igual modo, la energía eléctrica que suministra una central hidroeléctrica, proviene de la energía potencial (mecánica) del agua almacenada en una presa.

A su vez, la energía eléctrica se puede transformar en otros muchos tipos de energía: calorífica, luminosa, mecánica, química, etc.

### *Energía eléctrica*

La energía es la capacidad de los cuerpos para producir trabajo. La energía eléctrica es una de las formas de energía más utilizadas y encuentra numerosas aplicaciones para el alumbrado, calefacción, máquinas eléctricas, aparatos electrodomésticos, etc.

La energía eléctrica es el trabajo realizado por los electrones al desplazarse a lo largo de un conductor, debido a la diferencia de potencial entre sus extremos.

La unidad de energía en el Sistema Internacional es el **Julio** y se representa con la letra J.

### *Potencia de una corriente eléctrica*

La energía eléctrica que aporta un generador es función del tiempo durante el cual el circuito está conectado. A veces, resulta conveniente hablar de energía que aporta el generador por unidad de tiempo, para lo que se introduce el concepto de **potencia eléctrica**.

La potencia es el trabajo realizado por unidad de tiempo.

En los aparatos eléctricos se obtiene multiplicando la tensión en Voltios (V), por la intensidad de corriente en Amperios (A), y se expresa en Watios (W).

$$P = V \cdot I$$

P = Potencia eléctrica, medida en vatios (W).

V = Diferencia de potencial, medida en voltios (V).

I = Intensidad de corriente, medida en amperios (A).

Por ejemplo, un arco eléctrico por el que circula una corriente de 75 Amperios bajo una tensión de 25 Voltios tiene una potencia de 1875 W (1,875 KW)

$$P = 75A \times 25V = 1875W$$

## 2.9. Efectos de la Corriente Eléctrica

La experiencia que se muestra en la figura 2.9 puede poner de manifiesto los efectos que produce la corriente eléctrica.

En dicha figura se ha representado un circuito con una resistencia eléctrica, un interruptor, un generador y existe una aguja imantada (una brújula) cerca del circuito eléctrico.

Si cerramos el circuito con el interruptor se pueden observar los siguientes fenómenos:

1. El hilo que forma la resistencia desprende calor, poniéndose al rojo (EFECTO TÉRMICO).
2. La aguja imantada gira poniéndose perpendicular al conductor (EFECTO MAGNÉTICO).

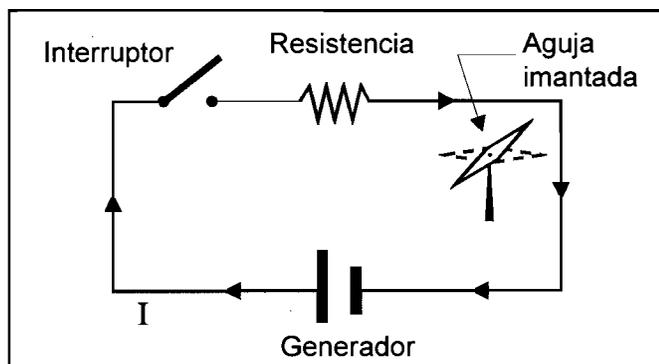


FIGURA 2.9: EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

## 2.10. Efecto Calorífico de la Corriente Eléctrica. Efecto Joule

Todo conductor recorrido por una corriente eléctrica se calienta. Es el llamado **efecto Joule**.

Se aprovecha de muy diversas maneras, desde las lámparas y los fusibles hasta los sistemas de calefacción siendo, además, el fundamento del soldeo por resistencia.

Por lo anterior, hay que tener en cuenta el calentamiento de los conductores a la hora de elegir los cables (su sección y longitud) de los aparatos eléctricos para no someterlos a un sobrecalentamiento.

El calentamiento de un conductor por efecto Joule depende de la intensidad de corriente que circula por el conductor, del tiempo durante el cual circula la corriente y de la resistencia del conductor, de forma que el calor aumenta cuando aumenta cualquiera de los factores antes indicados: intensidad, resistencia y tiempo.

Si introducimos en un baño una resistencia susceptible de variar por medio de un reostato (resistencia variable), ver figura 2.10, podemos constatar los siguientes resultados:

1. Que si durante un minuto la temperatura del baño sube 1°C, durante dos minutos sube 2°C, durante tres minutos 3°C, etc.
2. Que si duplicamos la resistencia inmersa, para un mismo tiempo duplicamos la temperatura, y la triplicamos si triplicamos la resistencia.
3. Si podemos, para una misma resistencia inmersa, variar la intensidad que circula por ella a través del reostato, comprobamos lo siguiente: Al duplicar la intensidad (2I), la temperatura aumenta cuatro veces en el mismo tiempo ( $4 = 2^2$ ); si triplicamos la intensidad (3I), la temperatura aumenta nueve veces más ( $9 = 3^2$ ).

Esto significa:

1. Que el calor desprendido es proporcional al tiempo.
2. Que el calor desprendido es proporcional a la resistencia.
3. Que el calor desprendido es proporcional al cuadrado de la intensidad que circula por la resistencia.

De ahí la Ley de Joule, que se expresa como  $Q = R \times I^2 \times t$ , que representa el calor desprendido por una resistencia eléctrica, en donde:

Q = Energía en forma de calor y se expresa en julios (J)

R = Resistencia, en ohmios ( $\Omega$ )

I = Intensidad, en amperios (A)

t = Tiempo, en segundos (s)

o bien  $Q = 0,239 \times 10^{-3} \times R \times I^2 \times t$ , en donde ahora Q se expresa en Kilocalorías.

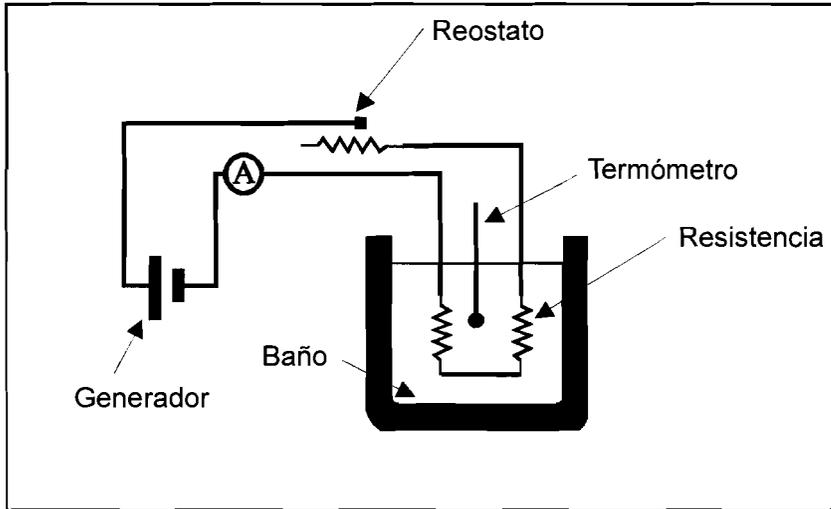


FIGURA 2.10: APLICACIÓN DEL EFECTO JOULE

## 2.11. Magnetismo

El magnetismo es el fenómeno que acompaña a los imanes.

El imán es una sustancia o cuerpo que tiene la propiedad de atraer al hierro.

La magnetita es el imán natural más conocido.

La alteración del espacio alrededor de un imán, es decir la formación de un campo magnético, se pone de manifiesto colocando un imán debajo de una hoja de papel con limaduras de hierro. Las limaduras de hierro se organizan según ciertas direcciones, ver figura 2.11. Estas direcciones se conocen como líneas de fuerza y van de un extremo (polo Norte) a otro (polo Sur) por fuera y al revés por el interior del imán.

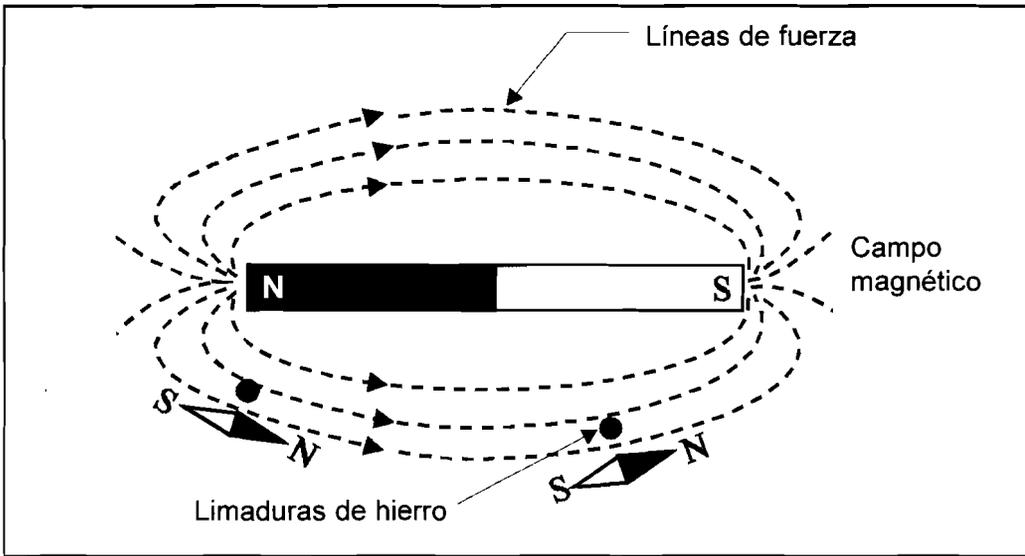


FIGURA 2.11: IMANES Y MAGNETISMO

El número de líneas de fuerza que atraviesan la unidad de superficie perpendicular a ellas se denomina **flujo magnético** y nos da una idea de lo fuerte que es un campo magnético.

Sólo unos pocos materiales son fuertemente atraídos por los campos magnéticos, conociéndose con el nombre de **ferromagnéticos**. Entre los ferromagnéticos se encuentran el hierro, el níquel, cobalto y la mayoría de sus aleaciones.

### *Producción de campos magnéticos*

Además de producirse campos magnéticos mediante un imán, los campos magnéticos se producen cuando una **corriente eléctrica** pasa a través de cualquier material conductor de la electricidad. Las líneas de fuerza del campo magnético, originado por este sistema, forman siempre ángulos de  $90^\circ$  con las líneas de flujo de la corriente eléctrica que las originaron.

Si una corriente eléctrica circula por un conductor lineal, se crea, alrededor del conductor, un campo magnético cuyas líneas de fuerza son circulares y situadas en planos perpendiculares al conductor. Ver figura 2.12.

Para determinar el sentido de las líneas de fuerza del campo magnético creado por un conductor lineal, se suele utilizar la regla de la mano derecha, que dice: cogiendo el conductor por la mano derecha, dirigido el pulgar en el sentido de la corriente, el resto de los dedos nos marcan el sentido de las líneas de fuerza del campo magnético. Ver figura 2.13.

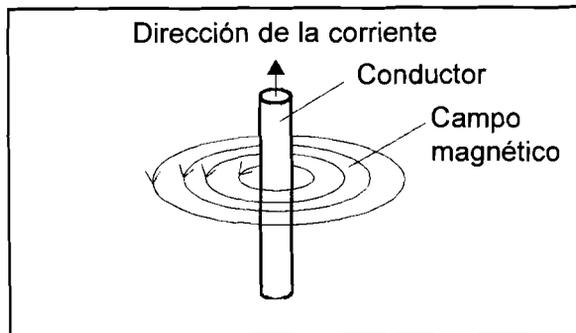


FIGURA 2.12: CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR UNA CORRIENTE QUE CIRCULA POR UN CONDUCTOR

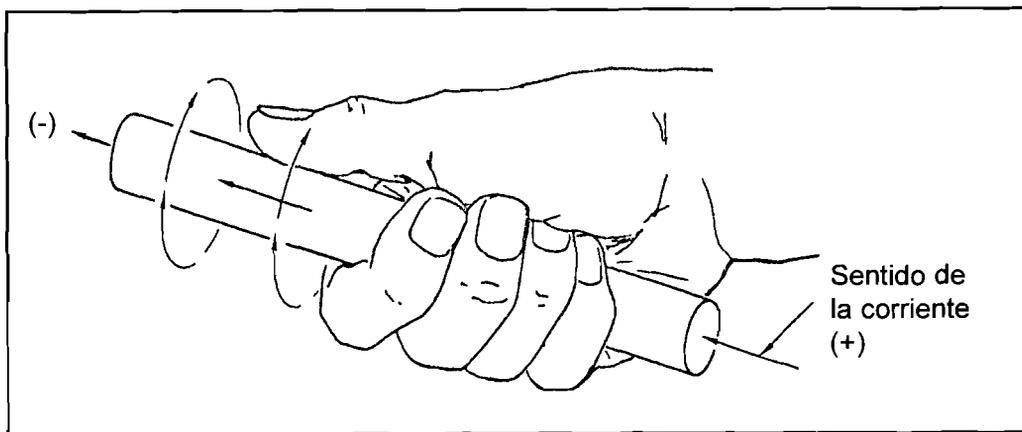


FIGURA 2.13: SENTIDO DE LAS LÍNEAS DE FUERZA. REGLA DE LA MANO DERECHA

Si enrollamos un alambre conductor formando una bobina, las líneas de fuerza que se forman alrededor de cada una de las espiras al circular la corriente eléctrica por el conductor, se combinan entre sí y dan lugar a un campo resultante cuyas líneas de fuerza van según la dirección longitudinal del eje de la bobina, ver figura 2.14.

### *Fenómeno de inducción*

Hemos visto que el paso de una corriente eléctrica por un conductor crea un campo magnético.

Parece lógico pensar que los campos magnéticos producirán una corriente eléctrica; y por supuesto es cierto. A estas corrientes se las denomina **corrientes inducidas** y a los fenómenos que las crean fenómenos de **inducción electromagnética**.

Se puede decir que cualquier campo magnético fluctuante, que es aquél que sus líneas de fuerza cambian periódicamente de sentido, crea, o induce, una corriente eléctrica.

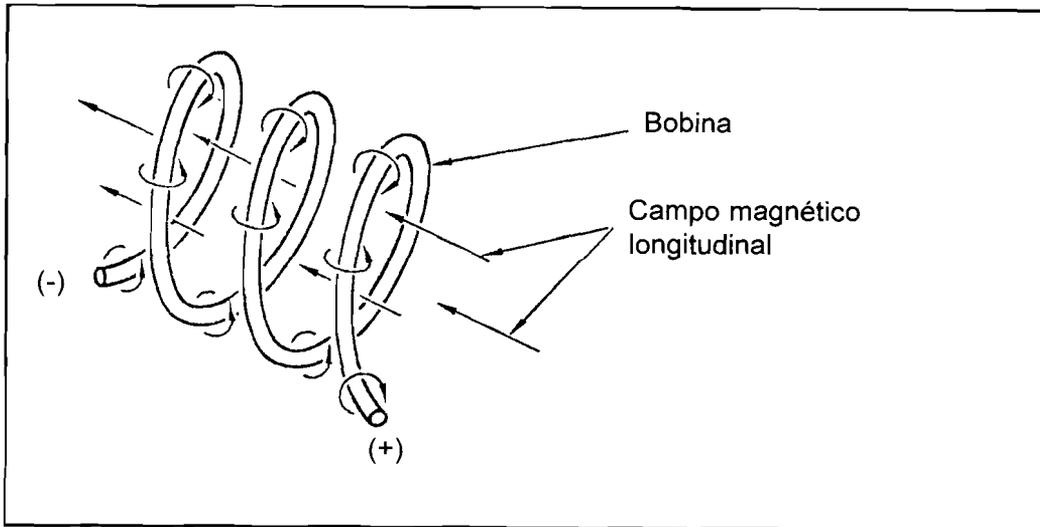


FIGURA 2.14: PRODUCCIÓN DE CAMPO MAGNÉTICO LONGITUDINAL