



**ELECTRONICA
DIGITAL
1**

INTRODUCCION

Para interpretar fenómenos eléctricos fundamentales, como son la Tensión y Corriente eléctricas, es imprescindible analizar brevemente la estructura de la materia.

Haremos referencia especialmente a los cuerpos sólidos por ser los que más intervienen en los equipos electrónicos modernos, algunas excepciones, como la conducción eléctrica en los gases serán tratadas oportunamente.

LOS ÁTOMOS

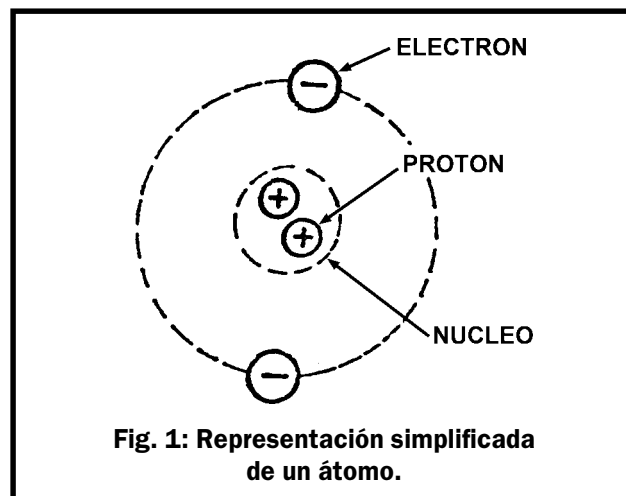
Su estructura no es totalmente conocida en la actualidad, aunque se ha determinado la existencia de 92 tipos de átomos que agrupados en distinta forma constituyen todas las sustancias conocidas. Técnicas muy elaboradas de laboratorio permiten la creación de átomos distintos encontrados en la naturaleza, pero en nuestra especialidad no se los considera por tener una vida muy corta.

Modelo atómico - De acuerdo al tipo de fenómeno que se quiere analizar conviene atribuir a los átomos una determinada estructura constituyendo ella un modelo atómico. Para nuestro interés los átomos se asemejan a un sistema solar en miniatura, donde existe una zona central llamada núcleo alrededor del cual giran en distintas órbitas unas partículas llamadas electrones; una visión simplificada de lo expresado se muestra en la figura 1.

Propiedades de los átomos

De acuerdo a su estructura, los átomos tienen menor o mayor tendencia a unirse con otros, cuando dicha tendencia es fuerte se obtienen los cuerpos sólidos, como la mica, el cobre, el aluminio, etc. En estas condiciones los núcleos atómicos permanecen fijos girando los electrones permanentemente alrededor de los mismos. Cabe destacar que los núcleos atómicos contienen apreciable número de partículas, de las cuales consideramos únicamente a los protones por su importancia fundamental en los fenómenos eléctricos.

Además, en condiciones normales para nuestra especialidad, no se pueden quitar ni agregar protones al núcleo.



De la observación de la figura 1 surgen conceptos muy importantes que pasamos a enumerar:

1) A los protones se los distingue con el signo (+), convención que permite diferenciarlos de los electrones que llevan signo opuesto (-), con el fin de indicar que se trata de partículas de características eléctricas inversas.

2) La tendencia natural de los átomos es la de tener igual cantidad de protones en el núcleo que la de electrones que giran en órbita alrededor del mismo, en esa condición se considera el átomo eléctricamente neutro.

A título informativo señalamos que un átomo de cobre posee 29 protones en el núcleo y 29 electrones girando a su alrededor, el de aluminio 13 protones y 13 electrones orbitales, etc. La experiencia demuestra invariablemente la tendencia de los átomos a igualar el número de protones y electrones

Efectos de atracción y repulsión en el átomo

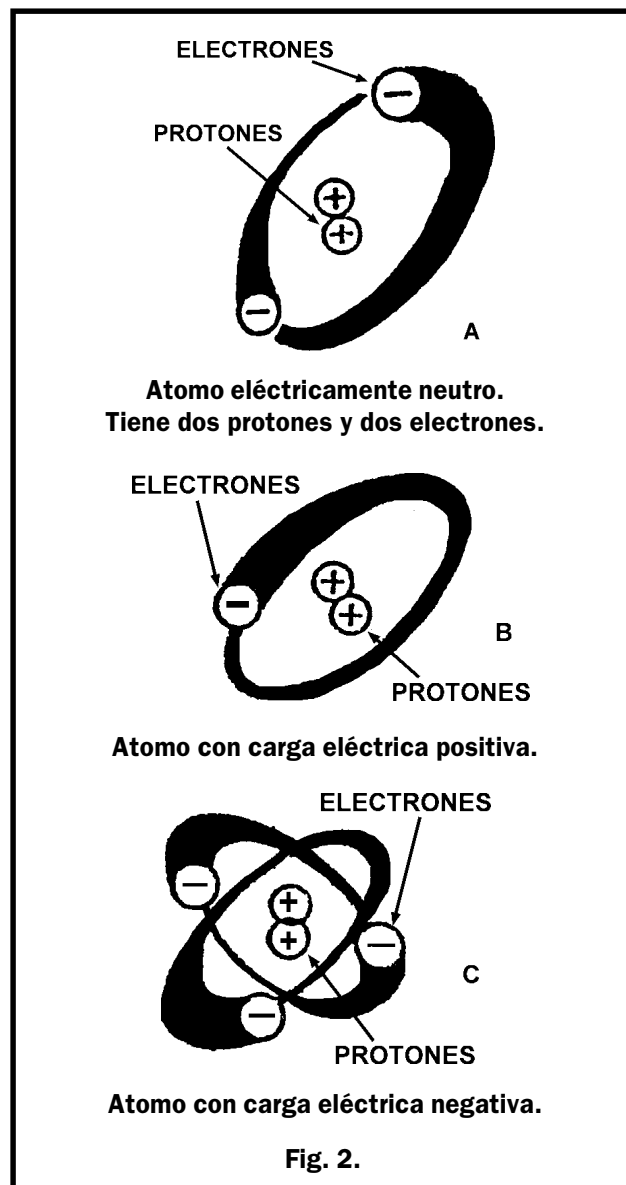
Sin justificación teórica hasta el momento, infinidad de experiencias han demostrado que los electrones se rechazan entre si. Por el contrario, los protones contenidos en el núcleo ejercen una fuerza de atracción sobre los electrones, dependiendo aparentemente de estas circunstancias el equilibrio atómico.

Desequilibrio atómico

Vimos que en su estado natural los átomos son eléctricamente neutros, es decir tienen la misma cantidad de protones que de electrones. Nos interesa anticipar que la utilización de la electricidad con fines prácticos comienza precisamente cuando se rompe el equilibrio atómico. Para interpretar esto acudimos a la figura 2, donde se ha representado un átomo sencillo para facilitar la explicación.

En el caso A el átomo se encuentra eléctricamente neutro ya que posee igual cantidad de protones que electrones.

En el caso B se muestra el mismo átomo, quien por causas que no analizamos en esta oportunidad, ha perdido un electrón. Es evidente que se ha producido un desequilibrio, al faltar un electrón el átomo presenta tendencia a recuperarlo, mientras se mantenga dicha situación decimos que el átomo está cargado posi-



tivamente.

En el caso «c» se ilustra la condición opuesta al átomo neutro se ha incorporado un nuevo electrón. Para restablecer el equilibrio es necesario desalojar un electrón sobrante, pero esto no se cumple; se considera que el átomo está cargado negativamente.

En resumen: un átomo presenta carga eléctrica negativa por exceso de electrones o carga eléctrica positiva por un faltante de electrones. En ambos casos tiende por su propia naturaleza a recuperar el estado neutro. Vale observar que en ambas oportunidades la can-

tividad de protones permaneció constante.

TENSION ELECTRICA O VOLTAJE

Los conceptos enunciados sobre las características eléctricas de los átomos permite interpretar dos fenómenos eléctricos fundamentales, el voltaje y la corriente eléctrica.. Para facilitar la explicación acudimos a algunas simplificaciones, por ejemplo, no representaremos en los bloques de cobre de la figura 3 todos los átomos que lo forman, ello sería imposible ya que se calcula que en un centímetro cúbico del mencionado metal contiene alrededor de 86.000 trillones de átomos.

Pero aún representando unos pocos átomos de cobre la figura resultaría ser compleja ya que dichos átomos poseen 29 protones y 29 electrones, por ello, lo señalamos con un solo protón y un solo electrón, señal evidentes de un equilibrio (estado eléctrico neutro).

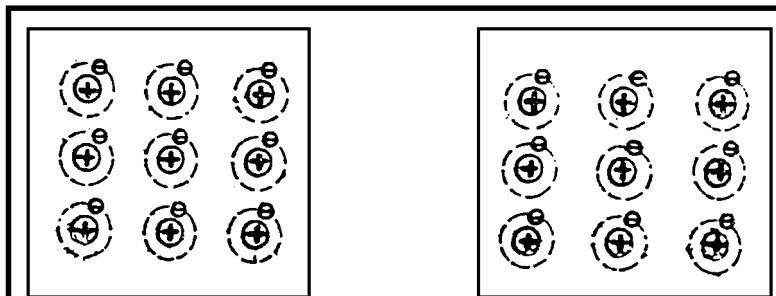


Fig. 3: Representación simplificada de dos bloques de cobre en estado eléctrico neutro.

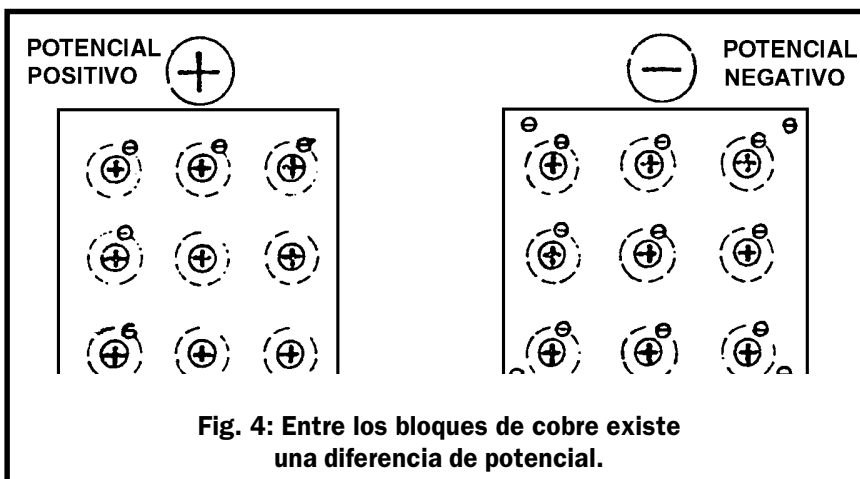


Fig. 4: Entre los bloques de cobre existe una diferencia de potencial.

En la figura 4 se representan nuevamente los bloques de cobre, pero evidentemente sus estados eléctricos se han modificado. En efecto, observando el bloque izquierdo notamos que a cuatro de sus átomos les falta un electrón, por lo tanto predominan las cargas positivas.

Los átomos desequilibrados intentan recuperar los electrones faltantes con el fin de neutralizarse. En el bloque de cobre esa tendencia se manifiesta como una fuerza de atracción que se denomina potencial positivo.

Con referencia al bloque de la derecha la situación eléctrica es inversa: originalmente se encontraba neutro, pero se le agregaron los cuatro electrones quitados al bloque izquierdo.

Evidentemente el bloque derecho presenta un exceso de electrones, los que por tener carga negativa se rechazan entre sí ejerciendo una fuerza por escapar del cuerpo.

La presión producida por el exceso de electrones se denomina potencial negativo.

Es evidente que entre ambos bloques existe una diferencia en su condición eléctrica ya que en uno faltan

electrones y sobran en el otro, por ello se dice que entre ambos existe una diferencia de potencial (ddp.)

CORRIENTE ELÉCTRICA

Para una explicación básica de la corriente eléctrica tomamos como referencia la figura 5. En ella se han representado nuevamente los bloques de cobre con el agregado de un material que los une. Dicho material lleva el nombre de conductor porque tiene la propiedad de facilitar el desplazamiento de los electrones.

El agregado del conductor permite la aparición de un nuevo fenómeno eléctrico, en efecto: el bloque derecho tiene cuatro electrones sobrantes lo que representa un voltaje negativo.

Además los cuatro electrones faltantes del bloque izquierdo determinan un voltaje positivo. Ya que la unión de ambos bloques se realiza con un material conductor, se produce el pasaje de cuatro electrones desde el cuerpo negativo hasta el positivo.

La corriente eléctrica resulta ser la circulación de electrones de negativo a positivo.

Esta corriente eléctrica se mantiene mientras exista diferencia de potencial entre los extremos del conductor, cuando los bloques se hayan neutralizado (no sobran ni faltan electrones) dicha corriente dejará de circular.

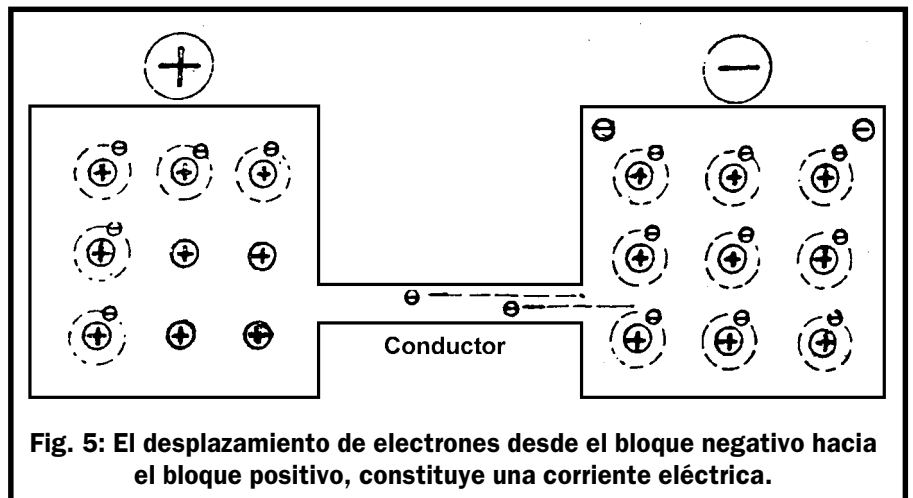
Para mantener una corriente eléctrica durante un tiempo prolongado se utilizan los llamados generadores que por medios físicos, químicos o magnéticos producen una diferencia de potencial durante tiempos adecuados a las necesidades de utilización de la corriente eléctrica.

Diferencia entre voltaje y corriente eléctrica

Confundir el voltaje con la corriente eléctrica no es un error puramente teórico ya que en la práctica, para medir la magnitud de dichos fenómenos se utilizan instrumentos diferentes muy fáciles de dañar ante una equivocación.

Observe nuevamente la figura 4 para recordar que la diferencia de potencial existente entre los bloques indica una tendencia de los electrones a pasar de la zona negativa hacia la positiva. Pero no ocurre otra cosa porque a los bloques no los une ningún material que facilite el pasaje de corriente. La situación es distinta cuando se unen los bloques con un material adecuado (figura 5) que permite el desplazamiento de los electrones, es decir, una corriente eléctrica.

Además, esto nos permite afirmar que puede existir voltaje sin circular corriente (figura 4), pero jamás se obtendrá corriente sin previamente no existe un desequilibrio eléctrico capaz de mover los electrones de negativo a positivo.



Materiales conductores

Se dijo anteriormente que un material conductor facilita el desplazamiento de los electrones, esta propiedad depende de la estructura atómica del mismo, especialmente de la cantidad de electrones que posee la última órbita generalmente una o dos.

Dichos electrones están muy flojamente ligados al núcleo lo que les permite «saltar» de un átomo a otro permanentemente, con ello se los llama electrones libres. Dentro de los materiales que reúnen estas condiciones podemos citar al cobre, zinc, aluminio, estaño, plomo, etc.

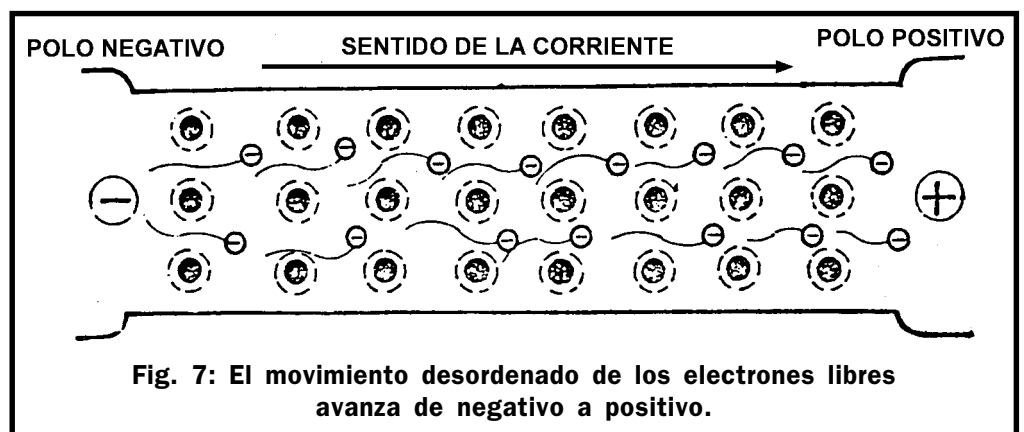
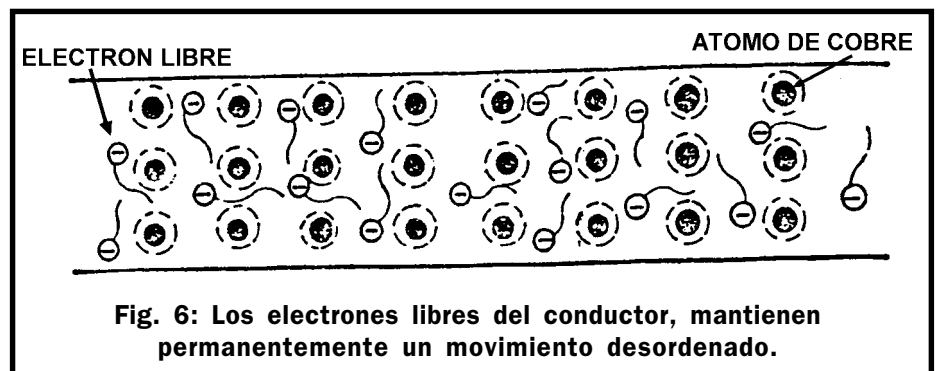
La corriente eléctrica en los conductores

La figura 6 representa en forma simplificada un conductor de cobre al que no se aplica ninguna diferencia de potencial. Los átomos se indican con un círculo negro señalando con línea punteada la última órbita ya que esta puede contener un electrón libre. Puede observarse que los electrones libres pasan de un átomo a otro tomando direcciones totalmente desordenadas.

En la figura 7 se suponen conectados a los extremos del conductor los polos negativo y positivo de un generador. En esta situación los electrones libres se desplazan hacia el polo positivo cumpliendo trayectorias desordenadas.

El desorden natural de los electrones en su desplazamiento de negativo a positivo representa una cierta oposición, por ello, no existen los conductores perfectos.

Vale aclarar que la oposición que presenta un conductor al desplazamiento de los electrones depende no solamente del material que lo forma, sino también de sus dimensiones. En efecto, cuando



mayor es su sección, será mas numerosa la cantidad de electrones libres en condiciones de circular representando esto una oposición menor. Por el contrario, a mayor longitud los electrones libres se ven obligados a desviar su desplazamiento en mas oportunidades ya que son rechazados por los electrones fijos de los átomos del metal, este hecho equivale a un aumento de la oposición para la corriente.

Materiales aisladores

Los materiales aisladores están formados por átomos cuyos electrones no pueden escapar de la atracción del núcleo. Al no poseer electrones libres, una tensión aplicada deformará a lo sumo las órbitas electrónicas, pero no consigue el desplazamiento de los electrones. Por ello se los considera aisladores de la corriente eléctrica, tal el caso de la madera, loza, porcelana, plástico, etc.

Vale aclarar que al aplicar una tensión a un aislador se desplaza una ínfima cantidad de electrones (corriente de fugas), por lo tanto no existen aislantes perfectos.

RESISTENCIA ELÉCTRICA

Del estudio de los aisladores y conductores surge que todos los materiales tienen en mayor o menor grado una oposición en la circulación de la corriente, esa propiedad se llama resistencia eléctrica.

En los circuitos eléctricos la resistencia es un factor perfectamente controlado que se aprovecha fundamentalmente para limitar el valor de la corriente.

UNIDADES ELÉCTRICAS FUNDAMENTALES

Los fenómenos eléctricos considerados, Tensión, Corriente y Resistencia eléctrica presentan en los circuitos valores diversos, para su control es necesario utilizar unidades, ellas son:

Unidad de carga eléctrica

Sabemos que un cuerpo puede cargarse positivamente (quitando electrones) o negativamente (agregando electrones). En lo que respecta al funcionamiento de un circuito, es necesario producir desequilibrios eléctricos apreciables, es decir, quitar o agregar una gran cantidad de electrones, por ello la unidad de carga eléctrica es el Coulomb, quien representa 6.25 trillones de electrones sobrantes o faltantes en un cuerpo.

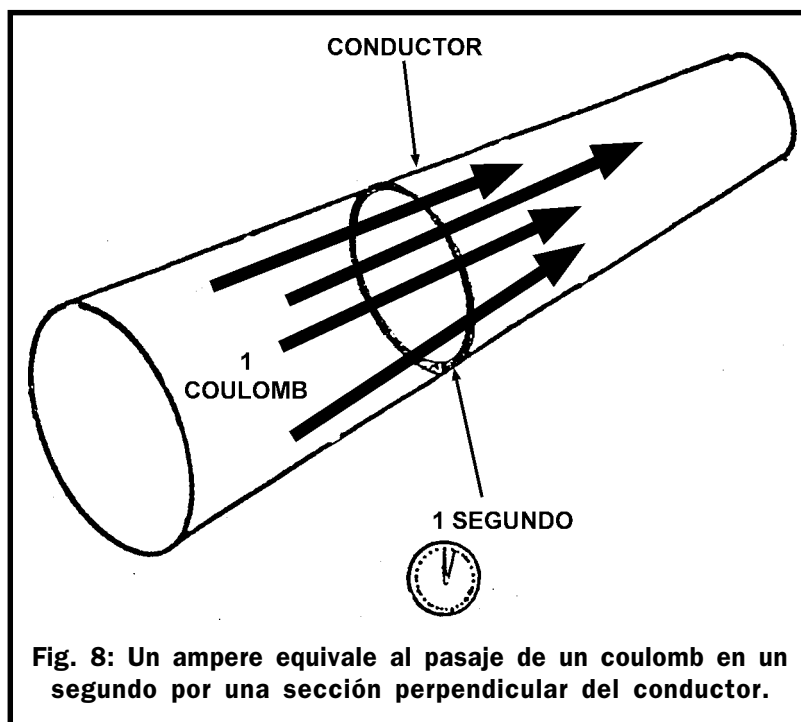


Fig. 8: Un ampere equivale al pasaje de un coulomb en un segundo por una sección perpendicular del conductor.

Unidad de corriente eléctrica

Para determinar la intensidad de una corriente eléctrica se debe considerar la cantidad de electrones que se desplaza y la duración de dicho desplazamiento.

Tal como se representa en la figura 8, la unidad de Intensidad de corriente eléctrica es el Ampere - un Ampere representa el pasaje de un Coulomb (6,25 trillones de electrones) en el tiempo de un segundo, por una sección perpendicular de un conductor.

Unidad de resistencia eléctrica

La resistencia eléctrica es la propiedad de limitación que para la corriente presentan los distintos materiales. Los resistores son elementos fabricados expresamente para los fines de limitación mencionados comúnmente llamados «resistencias», tienen como unidad el Ohm.

Un Ohm de resistencia representa la oposición que encuentra la corriente para circular por una columna de mercurio de 106 cm de largo y 1 mm² de sección a una temperatura de 15°C, tal situación se indica en la figura 9.

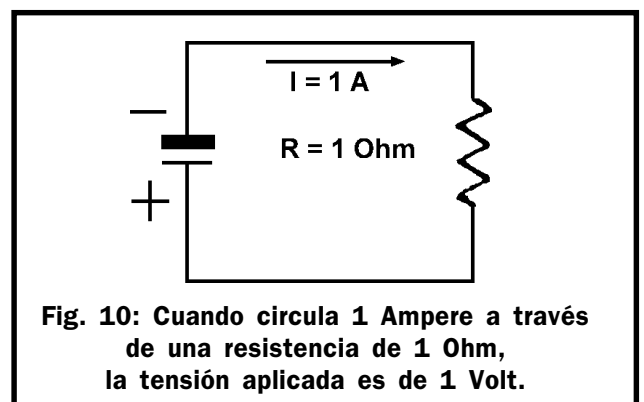
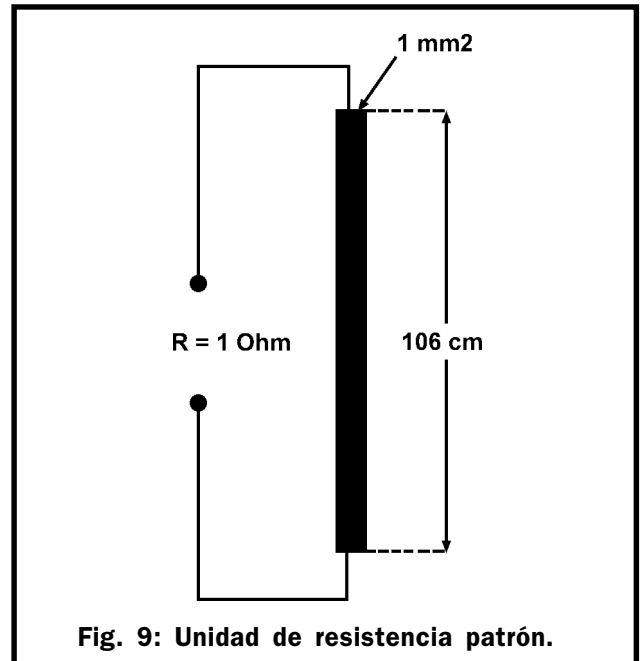
Esto significa que una resistencia de por ejemplo 10 ohm, equivale a la oposición que presentaría una columna de mercurio de 10 veces mayor longitud que la tomada por unidad.

Unidad de tensión eléctrica

La unidad de tensión eléctrica es el Volt, tal como se observa en la figura 10, representa la diferencia de potencial necesaria para establecer el pasaje de un Ampere a través de una resistencia de un Ohm.

Las magnitudes de Intensidad de corriente, Tensión y Resistencia en la práctica

Estos fenómenos se encuentran en los dispositivos electrónicos con valores muy variados, además en los circuitos se los representa con los múltiplos o Submúltiplos que mas conviene en cada caso. Vere



mos a continuación los más usuales, su relación con la unidad y la nomenclatura correspondiente.

Intensidad de corriente (I)

Unidad: Ampere - se representa con la letra A. (1 A)

Submúltiplos:

Miliampere - es la milésima parte del ampere - se representa 1 mA

Microampere - es la millonésima parte del ampere - se representa 1 μ A

Múltiplos: no se utilizan

Resistencia eléctrica (R)

Unidad: Ohm - se representa con la letra griega Ω (omega) - 1 Ω

Submúltiplos: miliohm (milésima parte de ohm). m Ω

microohm (millonésima parte de ohm) $\mu\Omega$

Múltiplos:

Kilohm o Kiloohm - equivale a mil Ohm - se representa 1 K Ω

Megohm o Megaohm - equivale a un millón de Ohm - se representa 1 M Ω

Tensión eléctrica (E)

Unidad: Volt - se representa con la letra V. (1 V).

Submúltiplos:

milivolt - equivale a la milésima parte del Volt - se representa 1 mV

microvolt - equivale a la millonésima parte del Volt - se representa 1 μ V.

Múltiplo:

Kilovolt - equivale a mil Volt - se representa 1 KV.

ANÁLISIS DE UN CIRCUITO ELEMENTAL

Se analizará el comportamiento del circuito ilustrado en la figura 11- Tratándose de un caso real no se trabaja con una diferencia de potencial lograda por el desequilibrio eléctrico de dos bloques de cobre, como en casos anteriores.

La fuente de energía capaz de mantener una diferencia de potencial entre sus extremos (bornes) es una pila. Comentaremos el estado del circuito para dos situaciones:

Llave interruptora abierta: La pila está formada por un envase de zinc que contiene una barra de carbón aislada. Entre ambos elementos existe un compuesto químico que quita electrones al carbón y los deposita en el zinc. Por lo tanto, el carbón presenta carga eléctrica positiva y el zinc carga negativa. La condición anterior indica que entre los bornes de la pila existe una diferencia de potencial o tensión eléctrica. Por la resistencia no circula corriente dado que la llave está abierta.

Llave interruptora cerrada: En esa condición los dos bornes de la pila quedan conectados a los extremos de la resistencia, la tensión actuante produce una corriente que mantiene un sentido de circulación del - al + de la pila pasando por la resistencia.

Es importante tener en cuenta que en el mismo momento que sale un electrón del polo negativo de la pila el polo positivo toma otro electrón, de forma que todos los electrones que constituyen la corriente se desplazan al mismo tiempo en el sentido indicado por la flecha. Esto tiene importancia para las mediciones prácticas ya que un instrumento (amperímetro) conectado en los puntos A, B o cualquier otro indicará siempre el mismo valor de corriente.

Del análisis del circuito de la figura 11 surge lo siguiente:

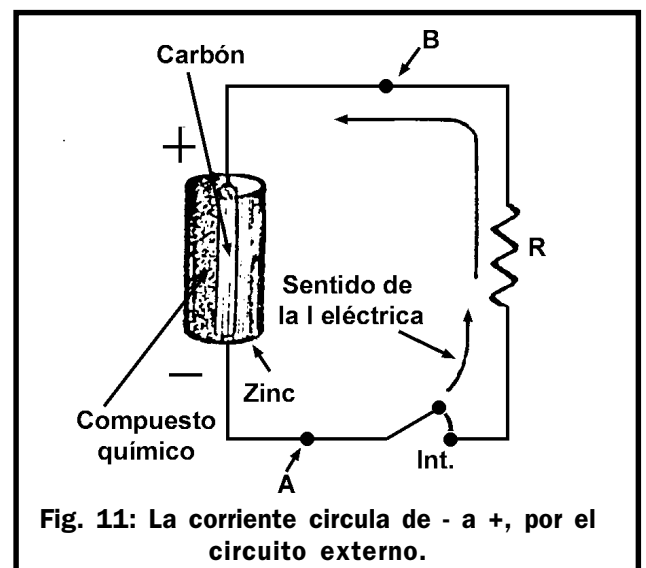


Fig. 11: La corriente circula de - a +, por el circuito externo.

1) El valor de la corriente es el mismo en todo punto del circuito.

2) Por la resistencia y su conexionado la corriente se desplaza de negativo a positivo.

3) Por el interior de la pila (es decir la fuente) la corriente circula de positivo a negativo.

ASOCIACION DE RESISTENCIAS

Básicamente las resistencias pueden asociarse en dos formas distintas, ellas son: disposición serie y disposición paralelo. Durante su análisis se tendrá en cuenta que los resistores que componen los circuitos demostrativos, bien pueden representar la resistencia de elementos diversos, por ejemplo, filamentos de lámparas, resistencias protectoras, etc.

Asociación serie

Si dos o más resistencias se conectan una a continuación de la otra, de forma que la corriente tenga un solo camino a seguir, se trata de una asociación serie.

Analizando el circuito de la figura 12 se deduce que la corriente entregada por la fuente debe circular inevitablemente por las dos resistencias; de modo que la oposición que encuentra la fuente para provocar la circulación de corriente equivale a la suma de cada una de las resistencias parciales.

En el circuito de la figura 12 resulta ser:

$$\text{Resistencia total} = R_1 + R_2$$

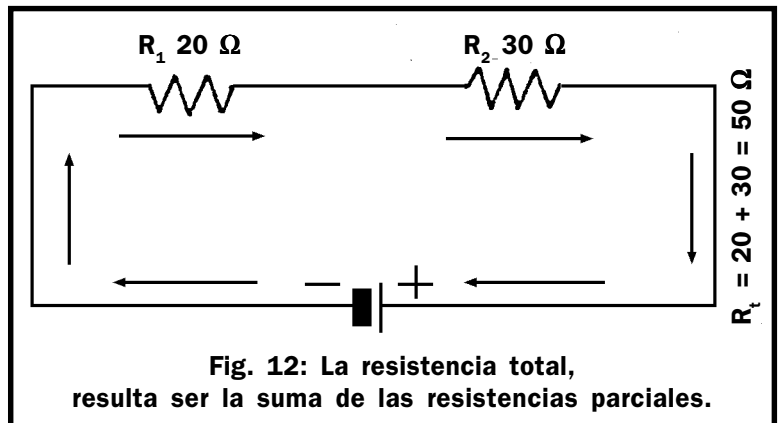
$$R_t = 20 \, \Omega + 30 \, \Omega = 50 \, \Omega$$

Ya que para la fuente las dos resistencias equivalen a una sola de $50 \, \Omega$ se interpreta que en el circuito la intensidad de corriente será la misma en cualquier punto que se considere.

Asociación paralela

Tal como lo muestra la figura 13, dos o más resistencias se encuentran conectadas en paralelo cuando sus extremos se unen entre sí.

Observe que por intermedio de conductores los extremos superiores de las resistencias hacen contacto directo con el polo negativo de la fuente; en iguales condiciones los extremos inferiores se unen al polo positivo.



Esto permite deducir que la fuente puede entregar corriente por dos caminos (R_1 y R_2) al mismo tiempo. Tomando los mismos valores de resistencia que en el caso serie observamos que:

1) circula corriente de - a + de la fuente por intermedio de R_1 que vale $20\ \Omega$, valor apreciablemente menor que el calculado para el circuito serie.

2) La fuente puede movilizar otra corriente adicional por R_2 cuyo valor - $30\ \Omega$ - también es menor que los $50\ \Omega$ de R total del circuito serie.

Conclusión: la disposición paralelo disminuye la resistencia total ya que permite la circulación de mayor corriente.

Cálculo: Para determinar la resultante de dos resistencias conectadas en paralelo se deben multiplicar sus valores dividiendo el resultado por la suma de los mismos.

En nuestro caso resulta ser:

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \times 30}{20 + 30} = \frac{600}{50} = 12\Omega$$

Vemos que utilizando las mismas resistencias, al conectarlas en paralelo el resultado - $12\ \Omega$ - es mucho menor que al disponerlas en serie ($50\ \Omega$).

CIRCUITOS PARALELOS CON TRES O MÁS RESISTENCIAS

Al circuito anterior agregamos un resistor de $4\ W$, tal como se indica en la figura 14. Sabemos que R_1 y R_2 equivalen a una resistencia de 12Ω .

Dicha resistencia parcial está en paralelo con R_3 , por lo tanto la R total del circuito se resuelve en la forma ya vista.

$$R_{\text{total}} = \frac{R_{\text{parcial}} \times R_3}{R_{\text{parcial}} + R_3} = \frac{12 \times 4}{12 + 4} = \frac{48}{16} = 3\Omega$$

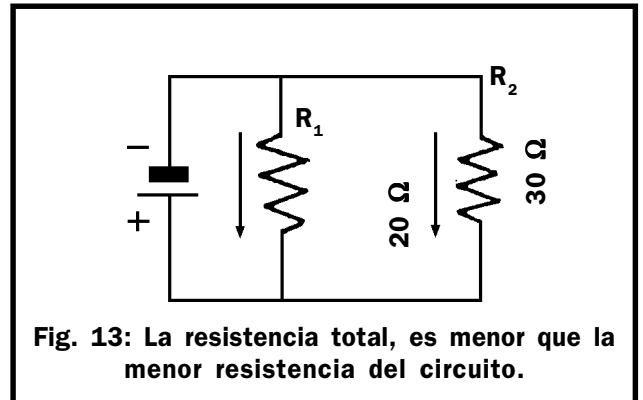


Fig. 13: La resistencia total, es menor que la menor resistencia del circuito.

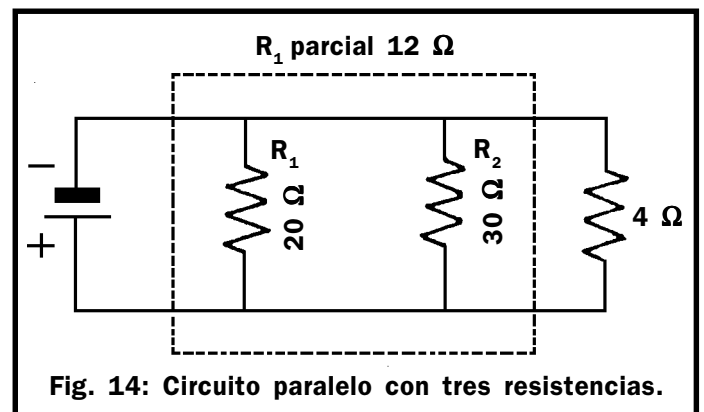


Fig. 14: Circuito paralelo con tres resistencias.

LEY DE OHM

Es la ley fundamental de los circuitos eléctricos, establece la relación que mantienen entre sí la tensión, intensidad de corriente y resistencia eléctrica.

Relación entre la intensidad de corriente y la tensión

En la figura 15 se representó una pila que alimenta a una resistencia. Sin interesarnos los valores por el momento, recordemos que la tensión de la fuente impulsará una cierta corriente a través de la resistencia.

En la figura 16 se muestra un circuito que utiliza la misma resistencia que en el caso anterior, pero la fuente consiste en dos pilas dispuestas en serie.

Se deduce que al aumentar la tensión al doble la intensidad de corriente se duplicará ya que la resistencia no ha variado.

Conclusión: si en un circuito el valor de la resistencia se mantiene constante a todo aumento de tensión corresponderá un aumento proporcional de intensidad de corriente.

Relación entre la intensidad de corriente y la resistencia

La figura 17 muestra un circuito recientemente explicado, la tensión de la pila mantiene una corriente en el circuito. La figura 18 indica una modificación, el agregado en serie de una resistencia idéntica a la que llevaba el circuito. Ocurre que la resistencia del circuito aumentó al doble y como la fuente no ha variado su tensión, la intensidad de corriente se reduce a la mitad.

Conclusión: Si en un circuito eléctrico se mantiene la tensión de la fuente constante a todo aumento de resistencia corresponde una disminución proporcional de la intensidad de corriente.

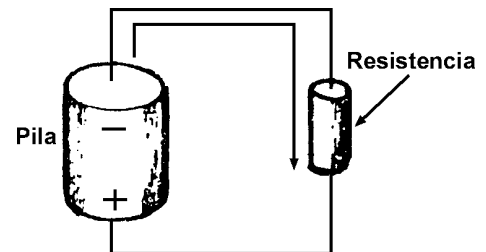


Fig. 15: Al aplicar una tensión, circula una corriente eléctrica

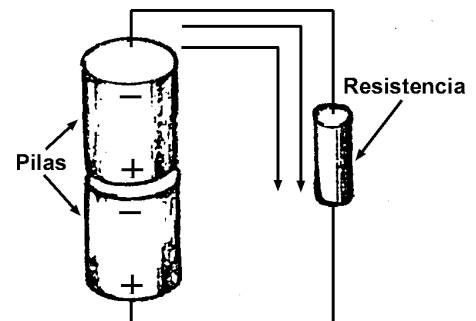


Fig. 16: Al duplicar la tensión aplicada por la resistencia, circula dos veces más corriente que en el caso anterior.

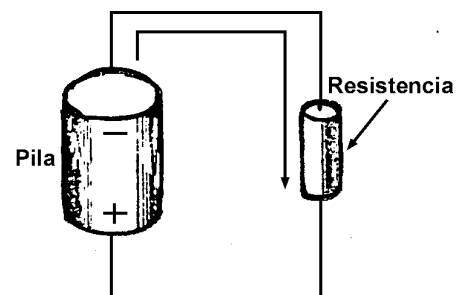


Fig. 17.

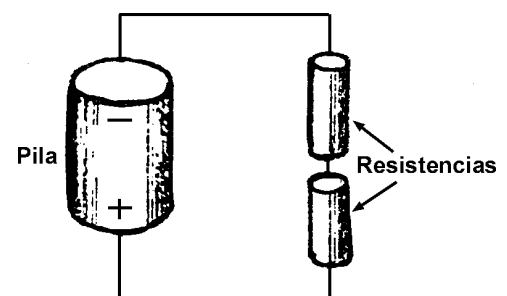


Fig. 18: Manteniendo la tensión constante, al aumentar la resistencia al doble, la intensidad de corriente disminuye a la mitad.

Aplicaciones de la Ley de Ohm

1) Como base para el funcionamiento de los circuitos permite apreciar que la intensidad de corriente depende en forma directa de la tensión y en forma inversa de la resistencia del circuito.

2) Mediante simples operaciones de multiplicación o división hace posible calcular un valor si se conocen los dos restantes.

Fórmulas de la Ley de Ohm

Son tres las fórmulas que permiten calcular la intensidad, resistencia o tensión de un circuito. Para el uso de estas fórmulas se recordará que:

- La tensión se representa con la letra E.
- La intensidad de corriente se representa con la letra I.
- La resistencia se representa con la letra R.

Para la aplicación de estas fórmulas se utilizará en tres oportunidades el mismo circuito, con el fin de demostrar la validez de las mismas.

Cálculo de la intensidad de corriente

Nos remitimos al circuito de la figura 19, del mismo se conoce la tensión de la fuente y el valor de la resistencia. Para calcular la corriente circulante se divide la tensión por la resistencia, lo que indicado como una fórmula resulta:

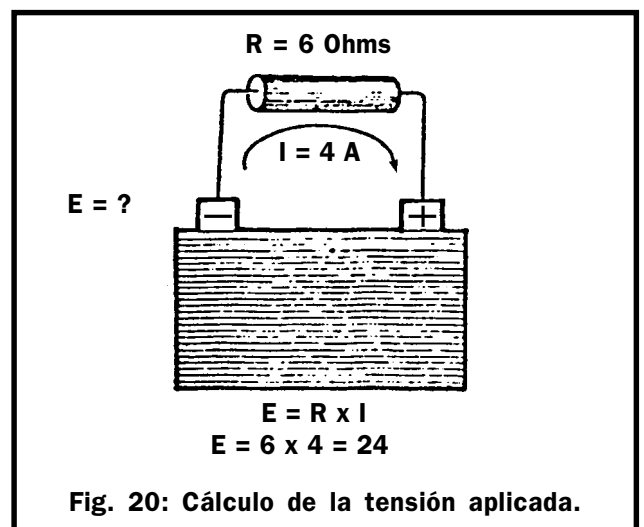
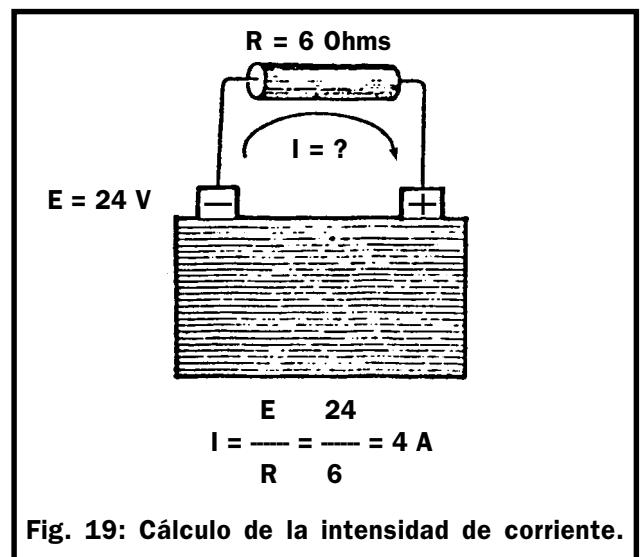
$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Tensión}}{\text{Resistencia}} = \frac{E}{R} = \frac{24}{6} = 4 \text{ Ampere}$$

Cálculo de la Tensión

Se indica en el circuito de la figura 20, del mismo se conocen la resistencia y la intensidad de corriente circulante. Para determinar el valor de la Tensión aplicada basta con multiplicar el valor de la resistencia por el de intensidad, tal como se indica a continuación:

$$\text{Tensión} = \text{Resistencia} \times \text{Intensidad} = R \times I = 6 \times 4 = 24 \text{ Volt.}$$

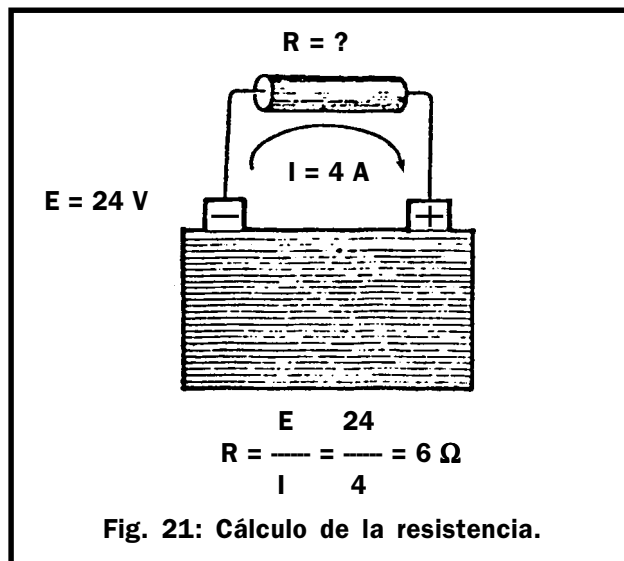
Deducimos que el resultado es correcto ya que la tensión de la fuente se conocía con anterioridad, por lo tanto la fórmula es válida.



Cálculo de la Resistencia

Tal como se observa en la figura 21, para calcular el valor de la resistencia se divide la tensión aplicada por la intensidad circulante.

$$\text{Resistencia} = \frac{\text{Tensión}}{\text{Intensidad}} = \frac{E}{I} = \frac{24}{4} = 6 \Omega$$



Aplicación de la Ley de Ohm en un circuito paralelo

Utilizaremos la Ley de Ohm para determinar la intensidad de corriente circulante en el circuito ilustrado en la figura 22. Cabe observar que las dos resistencias unen sus extremos en los puntos A y B, desde dichos puntos dos conductores llegan a los bornes de la fuente.

Es evidente que sobre las dos resistencias queda aplicada la diferencia de potencial de la fuente (100 Volt), esto nos dice que en una disposición en paralelo la tensión actuante es la misma en cada rama (resistencias en este caso).

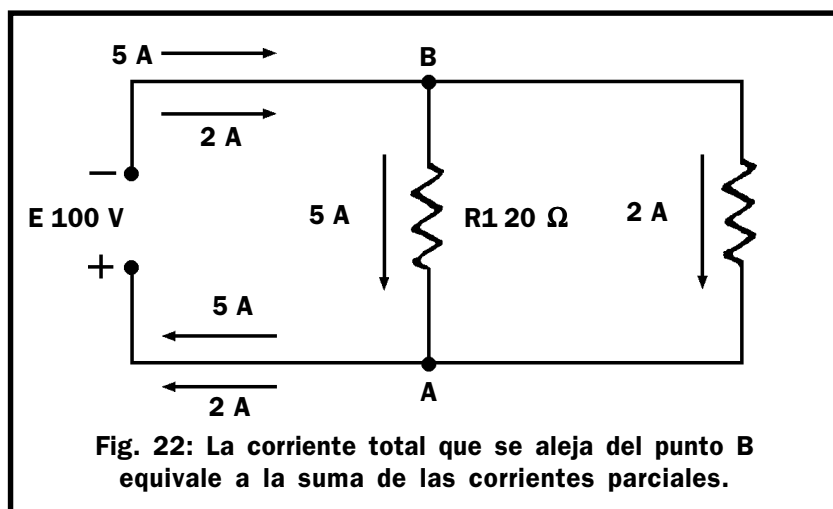
Esta característica permite calcular, la intensidad circulante en cada resistencia.

Intensidad en R1 : aplicando la ley de Ohm resulta ser

$$I = \frac{E}{R} = \frac{100}{20} = 5 \text{ Ampere}$$

Intensidad en R2:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{100}{50} = 2 \text{ Ampere}$$



Estas dos corrientes son suministradas por la fuente razón que permite obtener las siguientes conclusiones:

- 1) El conductor que une el borne negativo con el punto A transporta $5 + 2 = 7$ Ampere.
- 2) En el punto A la corriente se divide pasando 5 Ampere por R1 y 2 Ampere por R2.
- 3) En el punto B las corrientes de cada rama se unen, por lo tanto el conductor que une el punto B con el borne positivo transporta 7 Ampere.

El circuito analizado permite enunciar una regla que sirve de complemento a la Ley de Ohm, se trata de la

llamada «Primera Regla de Kirchoff» que establece:

En todo circuito eléctrico las corrientes que llegan a un punto tienen un valor igual a la suma de las corrientes que se alejan del mismo punto.

Aplicación básica de la primera Regla de Kirchoff

Sin tener en cuenta los valores, el circuito de la figura 22 guarda gran similitud con una instalación eléctrica domiciliaria. En efecto, la tensión de línea (220 V) queda aplicada a los dos resistores, que en el caso que tratamos representan la resistencia de dos artefactos domésticos, por ejemplo, lámparas, estufa eléctrica, calefón eléctrica, etc.

Constitución de la materia

Materia: Es todo aquello que nos rodea, ocupa un lugar en el espacio y posee peso por la fuerza de gravedad que la atrae hacia la tierra.

Estados de la materia: Se encuentra en tres estados distintos; sólido, líquido y gaseoso.

Molécula: Es la mínima porción de la materia que mantiene todas las propiedades naturales de la sustancia que integra.

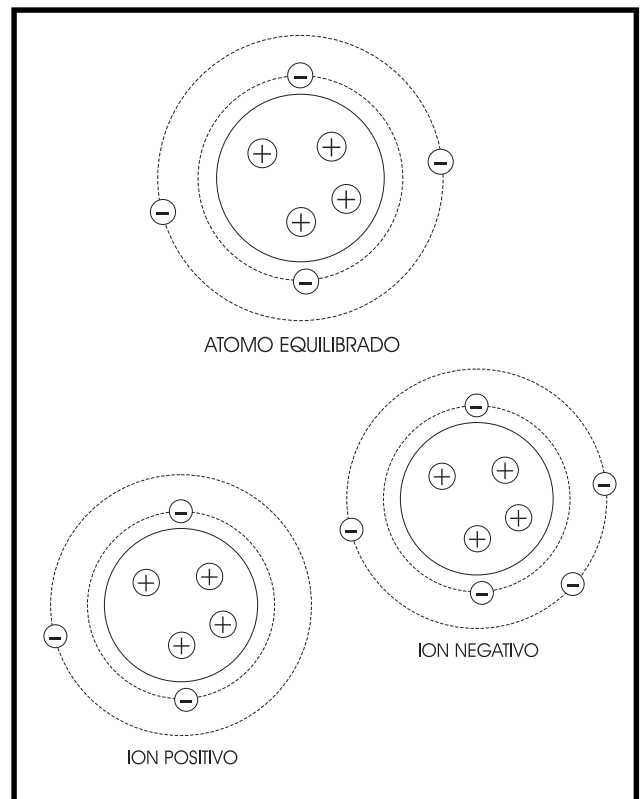
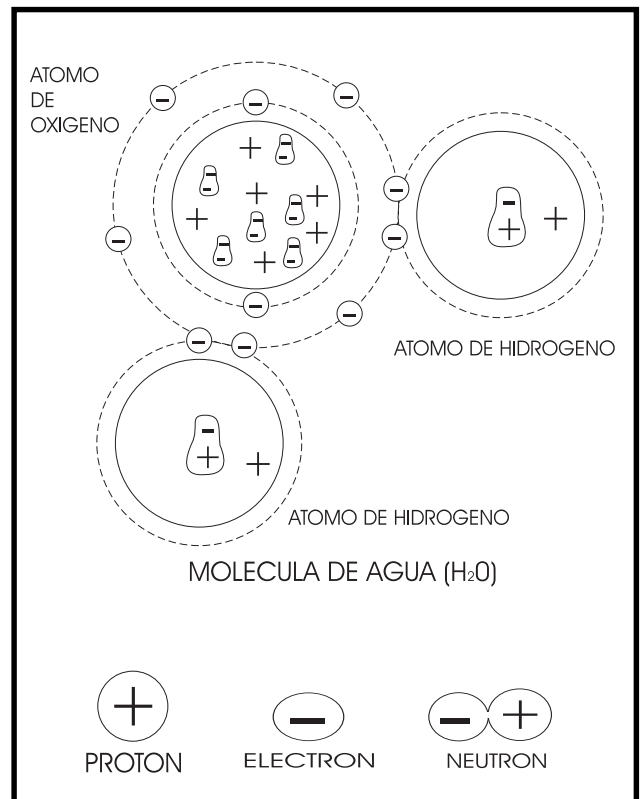
Átomo: Son los corpúsculos invisibles que forman toda molécula.

Los átomos mantienen las mismas propiedades de la sustancia en una molécula simple y mantienen distintas propiedades en una molécula compuesta.

Composición del átomo: Todos los átomos están formados por un núcleo central que contiene: protones, neutrones y electrones planetarios que giran a su alrededor en distintas capas y órbitas.

Los protones poseen carga positiva, los neutrones no tienen carga eléctrica alguna y los electrones tienen carga negativa. En todo átomo en estado eléctrico neutro, las cargas negativas de los electrones planetarios equilibran a las cargas positivas de los protones nucleares.

Los electrones poseen permanente movimiento circular o elíptico alrededor del núcleo y bajo ciertas condiciones pueden pasar de una órbita a otra o bien de un átomo a otro. Si por un proceso especial un átomo pierde o agrega electrones se convierte en un ión positivo o un ión negativo (catión y anión respectivamente).



LEY DE ATRACCIÓN Y REPULSIÓN DE CARGAS ELÉCTRICAS

Existe una ley de mucha aplicación en los circuitos eléctricos que dice lo siguiente: Cargas eléctricas de igual signo se rechazan y cargas de signos contrarios se atraen.

Esto significa que dos cargas eléctricas positivas o dos negativas se repelen y dos cargas diferentes (como una positiva y una negativa) se atraen.

Esta ley es de mucha importancia en el establecimiento de una corriente eléctrica.

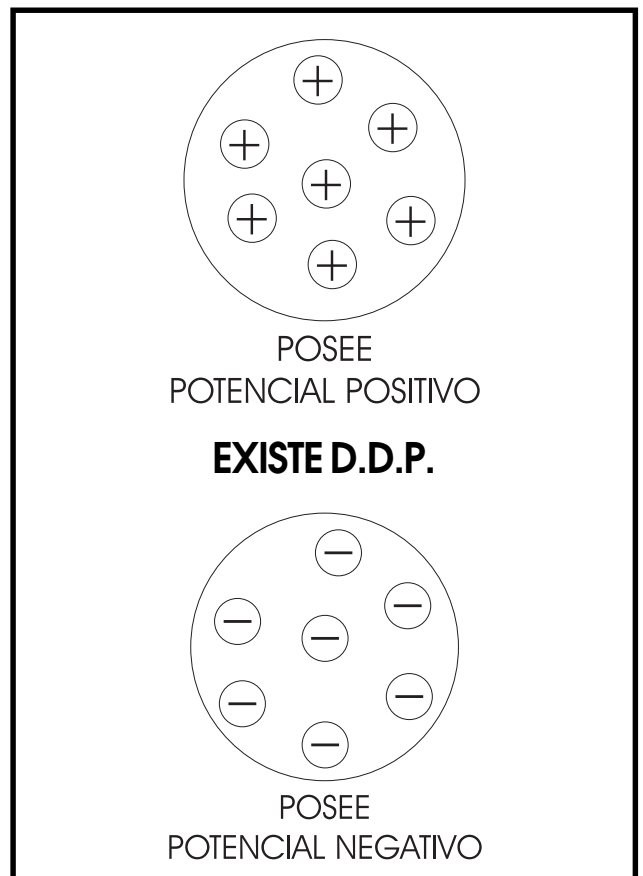
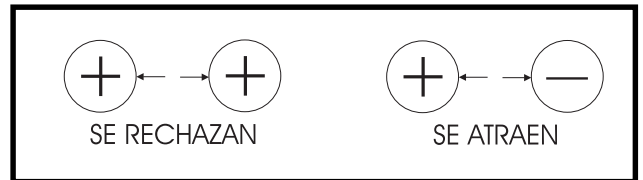
Potencial eléctrico y diferencia de potencial

El potencial eléctrico es conceptualizado como la presión eléctrica existente en un cuerpo que es originada por el exceso de cargas eléctricas y que depende de las cargas agregadas y de las dimensiones físicas o tamaño del cuerpo en cuestión. Cuanto más cargas eléctricas habitan en un menor tamaño, mayor será la «presión eléctrica» o potencial eléctrico en el cuerpo.

La D.D.P. es la diferencia de presiones eléctricas existente entre dos cuerpos.

Para que haya una circulación de corriente eléctrica que aparecerá como un efecto, la causa debe ser siempre la D.D.P. eléctrica entre dos puntos.

La unidad de medida para el potencial eléctrico y la D.D.P. eléctrica es el Volt, se representa con la letra V y tiene como múltiplo el KiloVolt (Kv) y como submúltiplos el Milivolt (mV) y el Micro volt (μ) (es una micra, una u griega).



Corriente eléctrica

Para que haya una circulación de corriente eléctrica se debe establecer un circuito eléctrico cerrado con sus componentes principales que son: Un manantial de energía que crea la D.D.P. eléctrica (causa) y conductores que permiten trasladar el exceso de electrones (efecto) de un punto hacia otro, donde faltan electrones. Los electrones se desplazan desde el punto de mayor presión eléctrica (sobran electrones) al punto de menor presión eléctrica (faltan electrones), es decir, que la corriente circula desde el polo negativo al polo positivo por el exterior de la fuente de energía.

La carga eléctrica expresa el sentido físico de la cantidad de electrones que sobran o que faltan en un cuerpo, respecto al número que poseía en su estado eléctrico neutro. En cambio, la intensidad de corriente eléctrica expresa el concepto físico de la cantidad de electrones que circulan en un segundo de tiempo.

La carga eléctrica o cantidad de electricidad se representa con la letra Q y su unidad de medida es el Coulombio (Cb).

La intensidad de corriente eléctrica se representa con la letra I y su unidad de medida es el Amper (A).

Para obtener una intensidad de un Amper, se necesita hacer circular 6,28 trillones de electrones en el tiempo de un segundo.

Conductores y aisladores

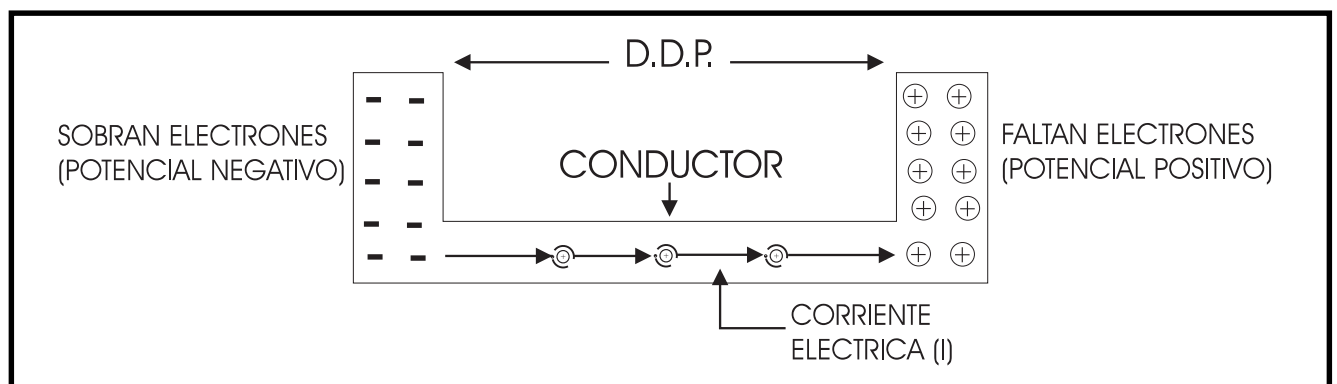
Según la constitución de la materia existen algunos cuerpos que tienen electrones orbitales flojamente ligados a su núcleo atómico (electrones libres), por tal motivo se pueden desplazar con relativa facilidad de un átomo a otro, permitiendo la conducción de corriente eléctrica, cuando existe una D.D.P. o tensión (E) que la origine. Estos cuerpos, reciben el nombre de conductores eléctricos. Pero hay otros que tienen sus electrones orbitales fuertemente ligados a su núcleo atómico (electrones prisioneros) y en tal caso es muy difícil desplazarlos de un átomo a otro. Estos cuerpos se denominan aisladores eléctricos.

Pero conviene señalar un concepto muy importante: no existen ni conductores ni aisladores perfectos, los hay sí buenos y malos conductores de la electricidad.

RESISTENCIA ELÉCTRICA (R)

Una de las características eléctricas más destacadas en los cuerpos, es la resistencia que opone al paso de las corrientes eléctricas, si un cuerpo es buen conductor opondrá baja resistencia y si es mal conductor opondrá elevada resistencia al paso de la corriente eléctrica.

La definición internacional de la unidad de resistencia eléctrica que se denomina Ohm se representa con la letra griega Ω y es la siguiente: El Ohm es la resistencia que opone al paso de la corriente eléctrica una columna de mercurio de 1,063 mts. de altura, 1 mm² de sección y



14,4521 de peso a 760 mm de presión atmosférica y a 0° C de temperatura. Existe una definición mucho más práctica del Ohm y es la siguiente: Cuando se aplica una tensión de 1 Volt y circula una intensidad de 1 Amper, la resistencia que se opone es de un Ohm.

CONDUCTANCIA ELÉCTRICA

El concepto físico de un cuerpo con baja resistencia significa lo mismo que alta conductancia. La resistencia es lo opuesto a la conductancia.

La conductancia se representa con la letra G y su unidad de medida es de MHO Ω (letra griega).

$$R = 1 / G \quad G = 1 / R$$

CIRCUITOS ELÉCTRICOS

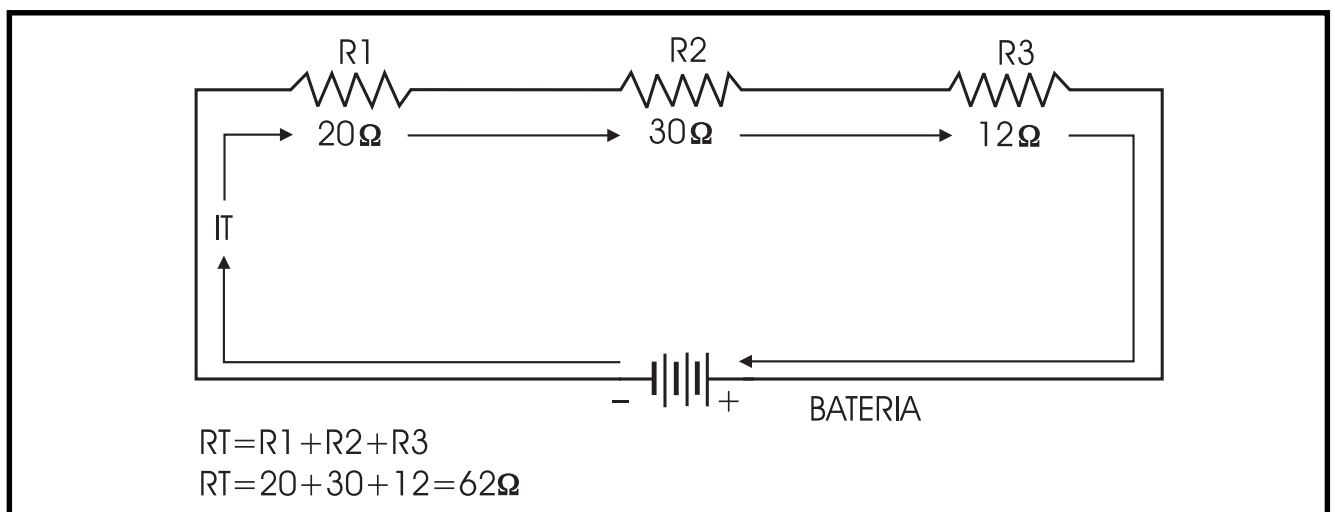
Ya hemos mencionado que la corriente eléctrica es útil cuando se la encausa por los denominados circuitos eléctricos. Establecemos como circuito eléctrico a un camino o agrupación de caminos por los que puede circular la corriente eléctrica.

Los tres tipos de circuitos eléctricos fundamentales son: Serie, Paralelo, y Serie Paralelo.

Circuito Serie

Cuando una fuente de energía eléctrica está conectada a varios elementos que a su vez están unidos de manera tal que la corriente tenga que pasar a través de cada uno de ellos en un único camino, se dice que el circuito formado es un circuito serie.

En la figura se ilustra un circuito serie formado por tres resistencias. La resistencia total (R_T) que presenta el mismo será igual a la suma de las resistencias parciales.



Circuito Paralelo

Si varias resistencias están unidas por sus extremos de manera que la corriente al llegar a ellas tenga que dividirse y tomar varios caminos, o sea, que el circuito ofrece dos o más pasos para la corriente, el circuito será de conexión paralelo.

La R_T de un circuito paralelo es menor que la menor de las resistencias parciales.

Existe una fórmula para calcular dos resistencias en paralelo, se multiplican entre sí sus valores y el resultado se divide por la suma de las mismas.

Cuando se conectan más de dos resistencias en paralelo de valores desiguales, para determinar la R_T se debe buscar la resultante de dos resistencias, por ejemplo R_1 y R_2 resultante que llamaremos RP_1 . Luego se halla la combinación de este valor (RP_1) con la resistencia R_3 la que nos dará R_T .

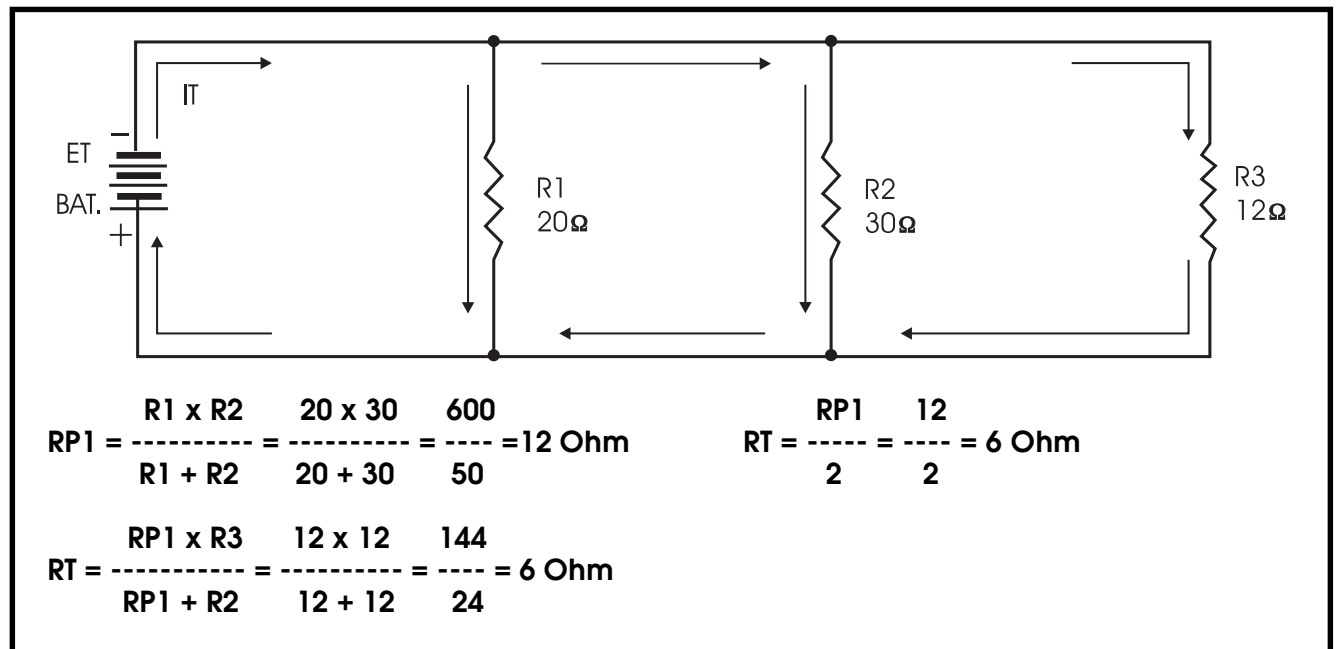
Si hubiera más resistencias se seguiría combinando este total la resistencia siguiente y así sucesivamente.

Cuando todas las resistencias tienen el mismo valor basta con dividir el valor de una de

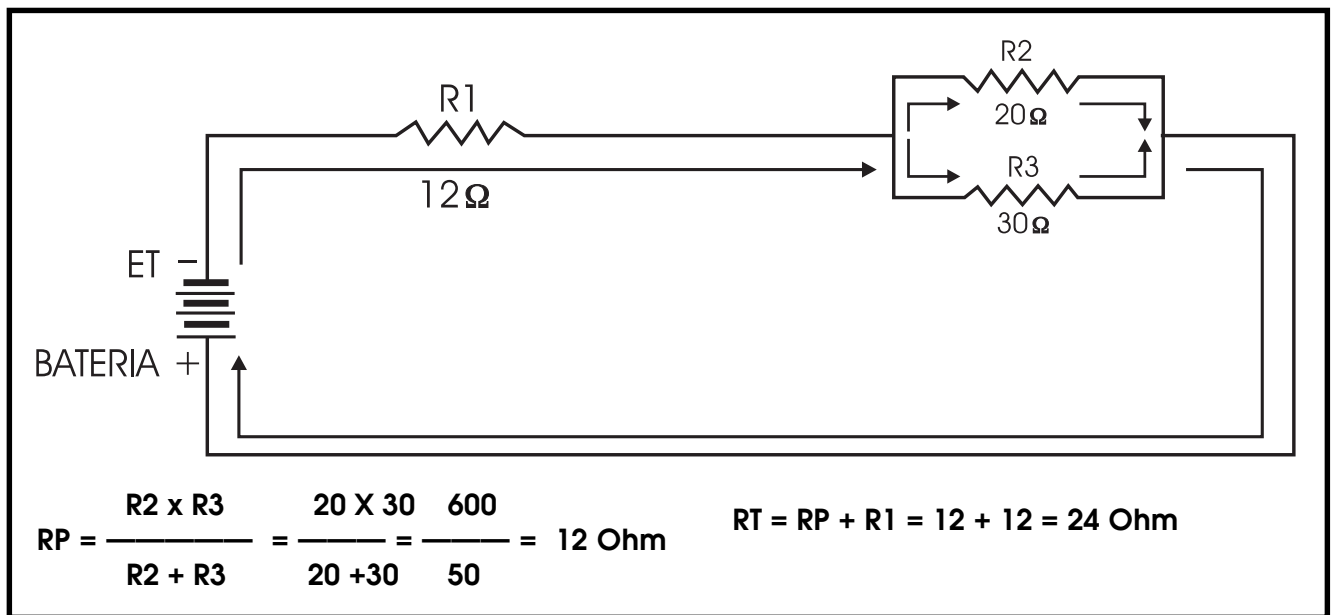
ellas sobre el número total de resistencias. La conductancia es lo opuesto a la resistencia, de manera que se suman las conductancias y luego se invierte su resultado hallando R_T .

$$GT = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

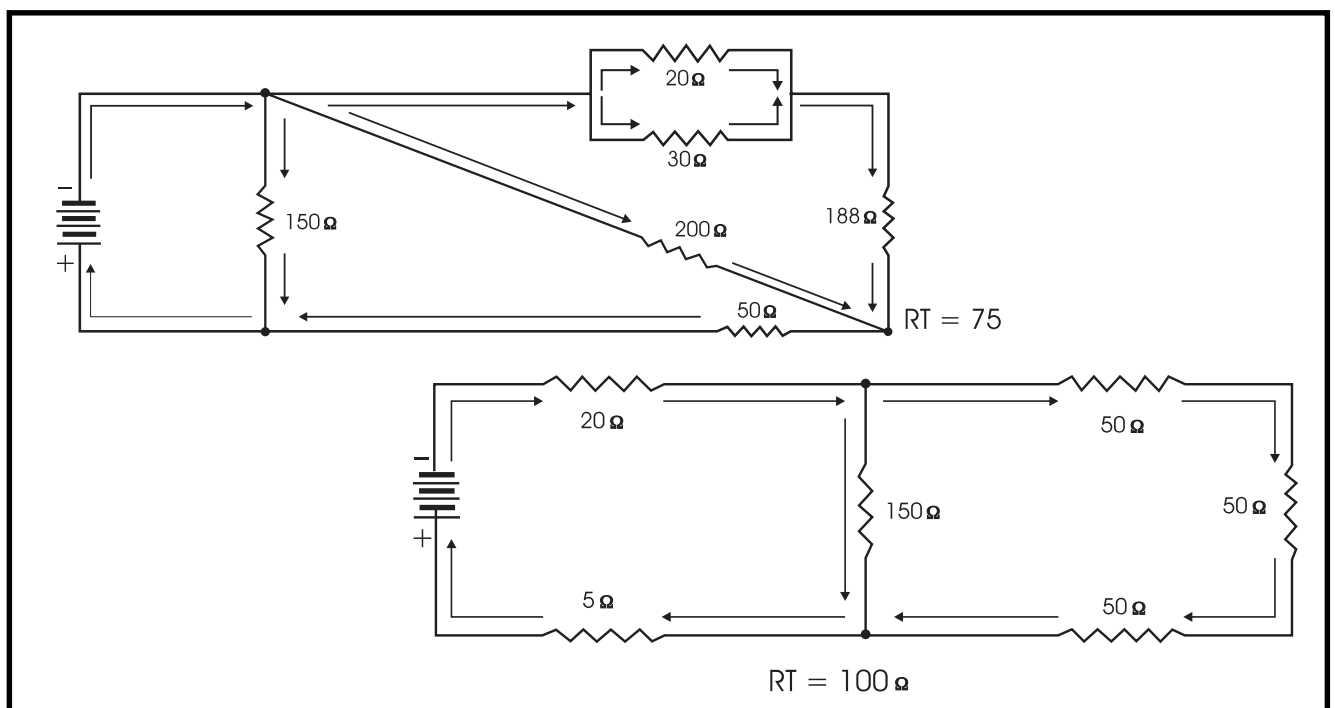
$$R_T = \frac{1}{GT}$$



Circuito Serie Paralelo



Es una combinación de los dos circuitos anteriores. Para hallar la R_T se resuelve primero el circuito paralelo (R_2 y R_3) hallando la resultante R_P , luego se suma esta R_P con R_1 por quedar en serie.



LEY DE OHM

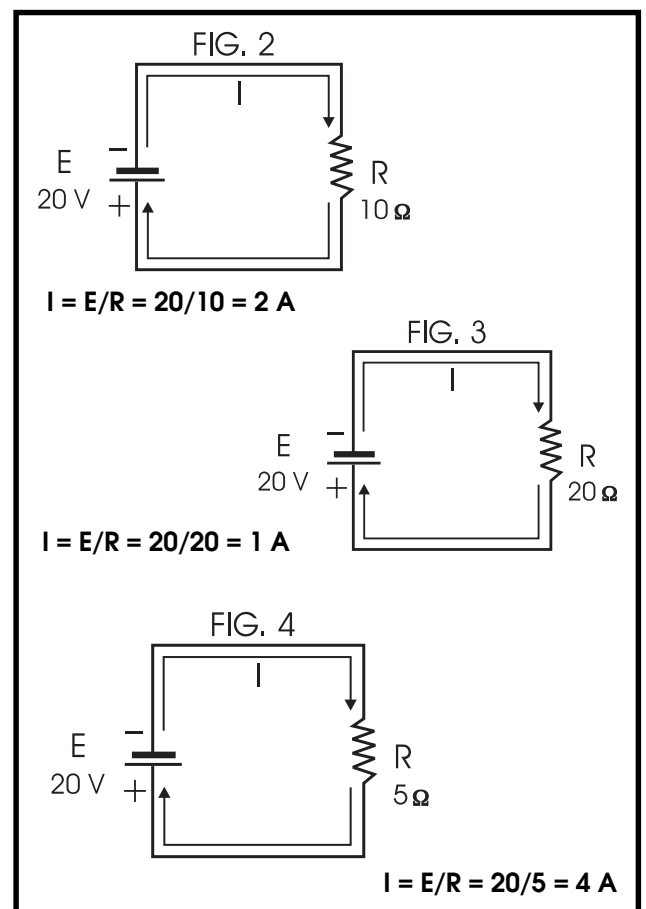
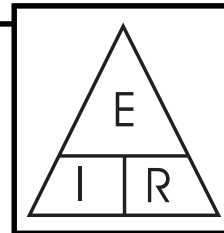
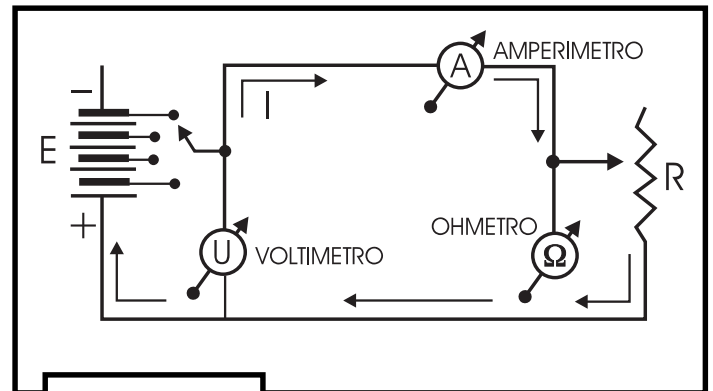
En el circuito de la figura 1 vemos que modificando los valores de tensión y resistencia, la corriente también varía, aumentando la corriente si aumenta la tensión y disminuyendo la corriente se aumenta la resistencia. Este resultado queda expresado por una de las leyes de mayor importancia de la electricidad denominada Ley de Ohm. Esta ley, indica la relación que existe entre R, E y I de un circuito y su enunciado es el siguiente: la corriente que fluye por un circuito eléctrico es directamente proporcional a la E e inversamente proporcional a la R.

La Ley de Ohm queda expresada por fórmulas matemáticas que son las siguientes:

$$I = E/R \quad R = E/I \quad E = I \times R$$

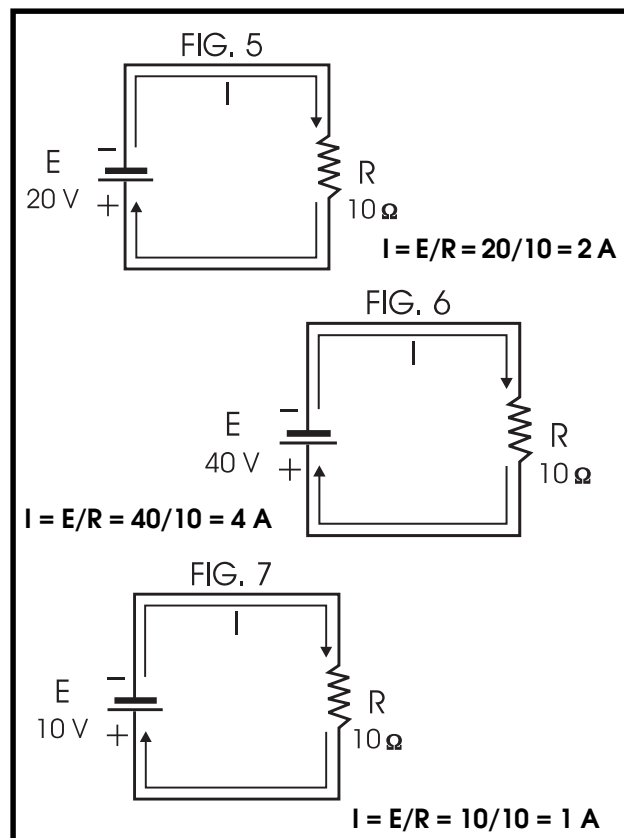
EFECTO DE LA VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA

Comparando las figuras 2 y 3 se comprueba que con la misma E aplicada y duplicando la R, la I se reduce a la mitad del valor original. En forma similar comparando las figuras 2 y 4 puede comprobarse que con la misma E aplicada al disminuir a la mitad la R, la I aumenta al doble del valor original.



Efecto de la variación de la tensión

Comparando la condición de las figuras 5 y 6 vemos que aumentando la E al doble conseguimos aumentar la I también al doble. Además comparando las figuras 5 y 7 vemos que si mantenemos fija la R, disminuyendo a la mitad la E conseguimos disminuir a la mitad la I.



Efecto de la variación de la corriente

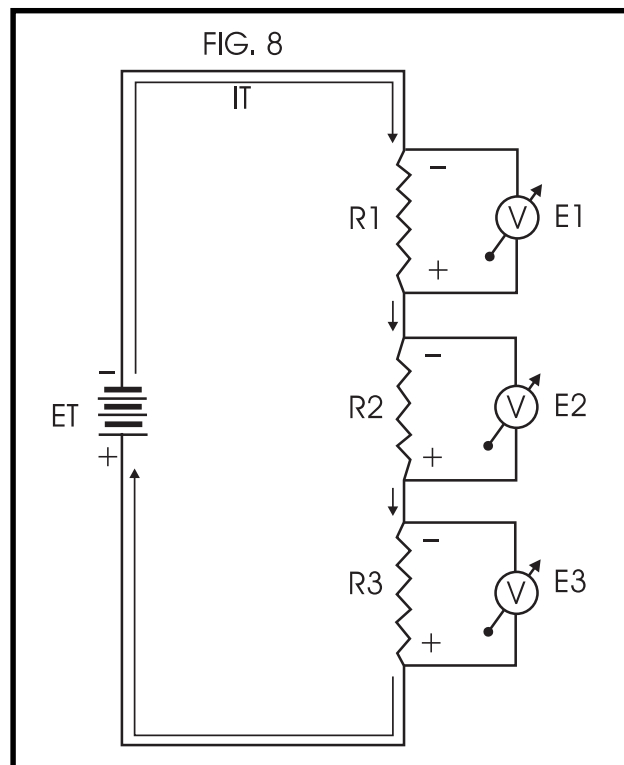
En la fig. 8, de acuerdo a lo explicado modificando la ET o la RT se obtiene un cambio proporcional de la IT ya sea directa o inversa según el caso. No intentemos cambiar el caudal de la I eléctrica de un circuito sin antes haber afectado la E o la R.

Si la I aumenta debemos pensar que aumentó la E o disminuyó la R.

La E aplicada a una R o cualquier otro elemento se designa como caída de E a través de ese elemento.

La caída de E es igual a la D.D.P. que se requiere para producir esa I a través del sector del circuito que estamos considerando.

REGLAS DE KIRCHOFF



Primera regla: la suma de las corrientes que concurran a un punto de un circuito es igual a la suma de las corrientes que se alejan del mismo.

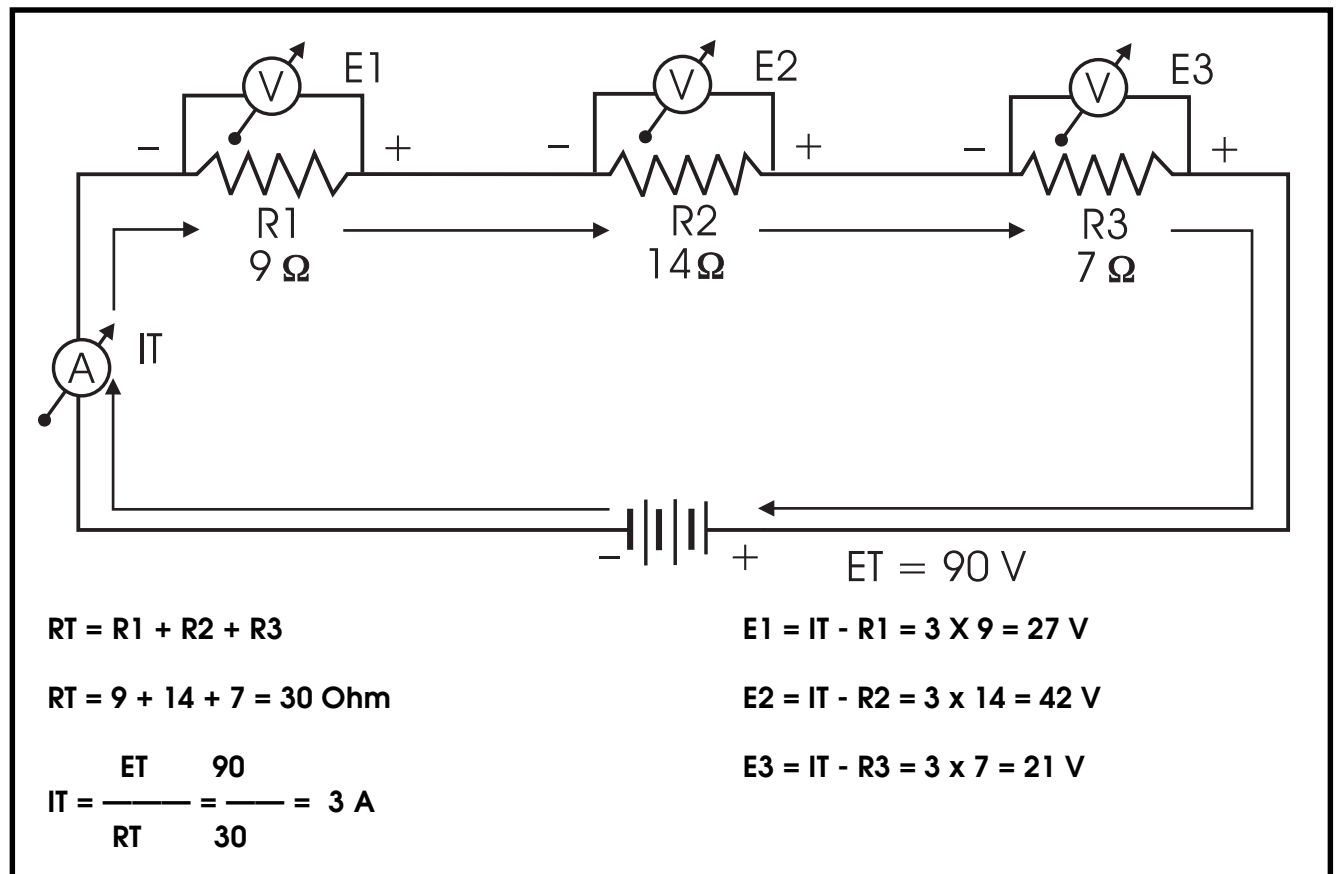
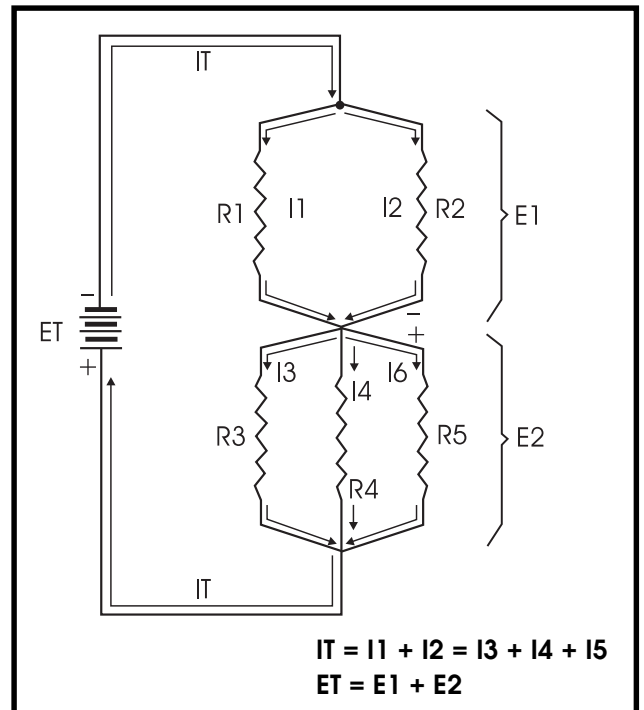
Segunda regla: la suma de las caídas de tensión que se producen en un circuito serie es igual a la tensión de la fuente.

Análisis de un circuito serie

El circuito ilustrado está formado por una batería de 90 V como fuente de energía. Esta batería lleva como carga tres R conectadas en serie.

Para hallar la I_T debemos aplicar la Ley de Ohm conociendo la E_T de la fuente y la R_T del circuito.

La E parcial se puede saber midiendo con los



voltímetros aplicando sus puntas entre los extremos de las R tal como se ilustra en la figura. Estos resultados, pueden obtenerse mediante la Ley de Ohm.

Los tres resultados obtenidos indican lo que llamamos caídas de E parcial, es decir, la D.D.P. necesaria para producir una I de 3 A a través de los citados elementos.

Sumando las tres caídas de E parcial se obtiene como resultado la ET de la fuente.

podemos obtener la RT aplicando las fórmulas conocidas.

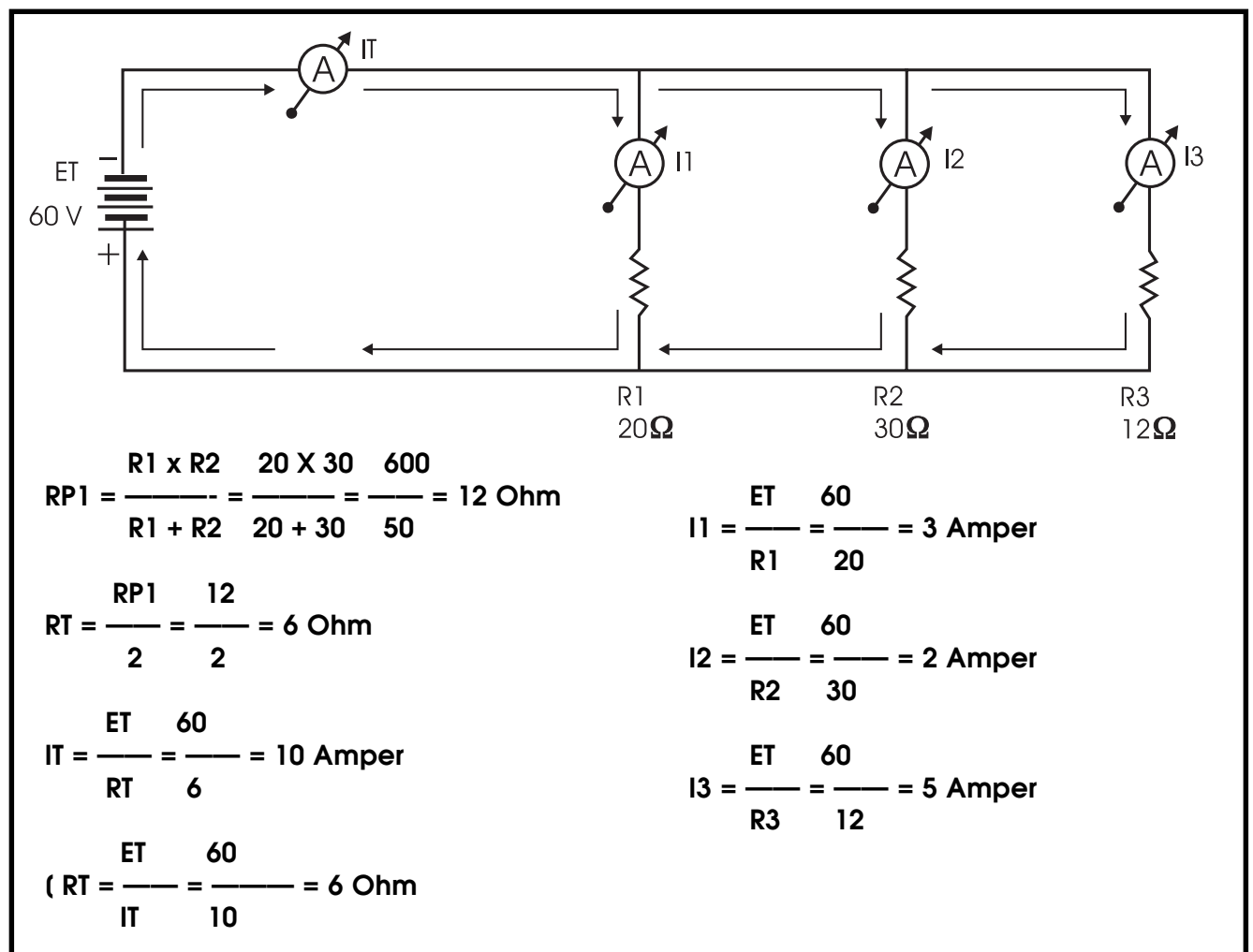
Conocida la RT y la ET aplicando la Ley de Ohm hallaremos IT. Considerando que en un circuito paralelo la E es la misma en todas las ramas y la I atraviesa en forma individual por cada una de las R, por Ley de Ohm determinamos la I por cada R.

La RT del circuito es el cociente entre la ET aplicada y la IT del circuito.

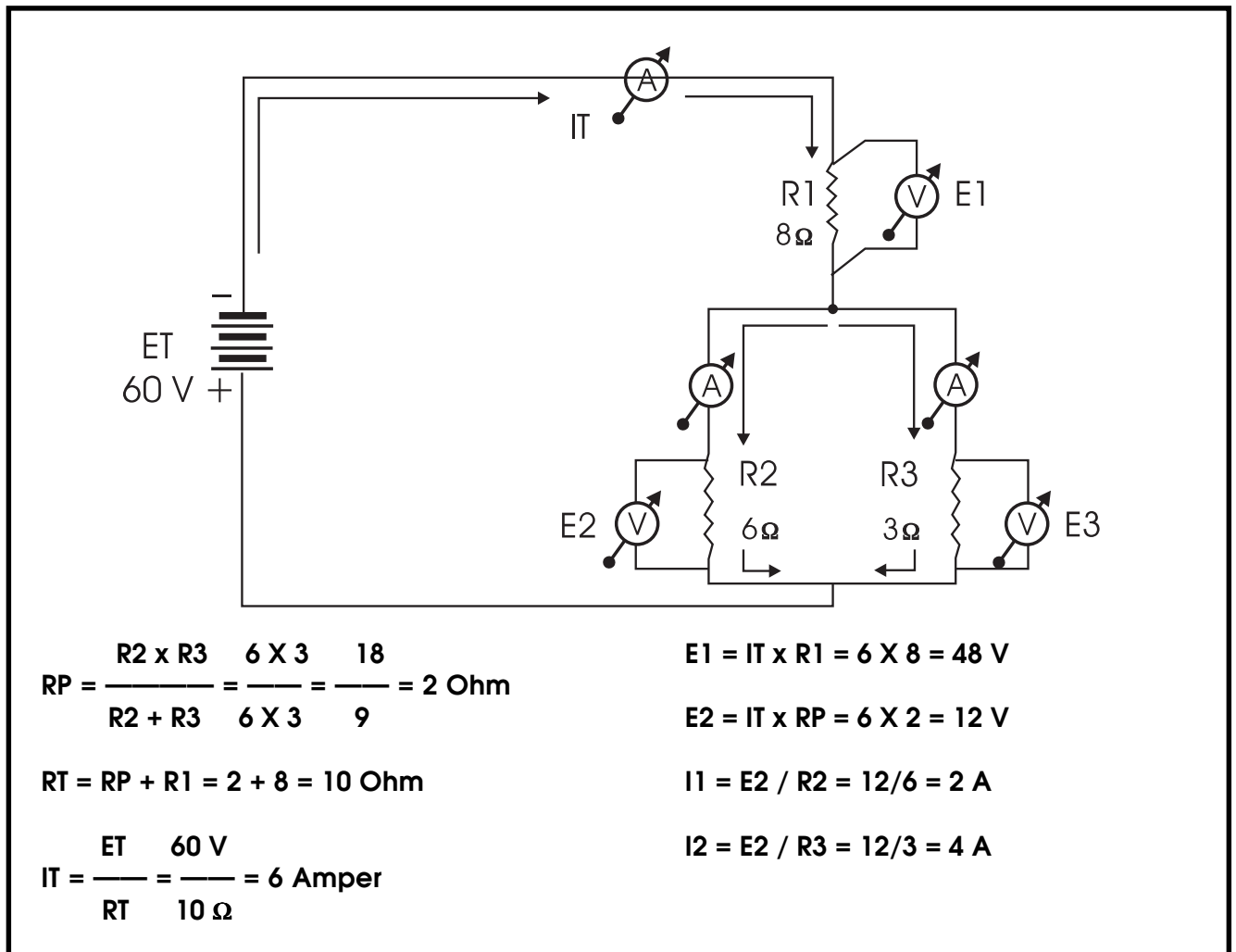
ANÁLISIS DE UN CIRCUITO PARALELO

El circuito en estudio está formado por tres R de 20 Ω, 30 Ω y 12 Ω, respectivamente alimentadas por una fuente de 60 V.

Como conocemos, el valor de las R parciales



ANÁLISIS DE UN CIRCUITO SERIE PARALELO



Si siguiendo el sentido de desplazamiento de la I , notamos que R_1 presenta una sola vía para su pasaje. Luego, la I se divide en dos ramas por R_2 y R_3 para unirse nuevamente en su camino hacia el polo positivo.

El conjunto paralelo formado por R_2 y R_3 puede considerarse como una sola resistencia cuyo valor calculamos aplicando la fórmula conocida y la resultante queda en serie con R_1 hallando R_T . Conocida R_T y aplicando Ley de Ohm hallaremos I_T .

Para conocer la I que circula por cada una de las R del paralelo, debemos reconocer primero la D.D.P. que hay entre sus extremos. Para ave-

riguarlo usamos nuevamente la Ley de Ohm. Si sabemos la E que soporta el grupo paralelo, nuevamente por Ley de Ohm podemos conocer la I que atraviesa R_2 y R_3 .

DISTINTAS CLASES DE CORRIENTE ELÉCTRICA

Todas las corriente eléctricas están formadas por una caudal electrónico circulante, pero de la forma como actúa esa corriente de electrones en función de tiempo es que se distinguen las distintas clases.

Dado que la corriente eléctrica no se ve, la mejor forma de ilustrarla es mediante una gráfica:

A) Corriente Continua (C.C.): es una corriente que se mantiene constante en valor y en sentido en función de tiempo. Esta corriente se obtiene de pilas, acumuladores o generadores.

B) Corriente Alterna (C.A.): es aquella corriente que varía en valor y en sentido en función de tiempo. Esta corriente se obtiene de alternadores o generadores.

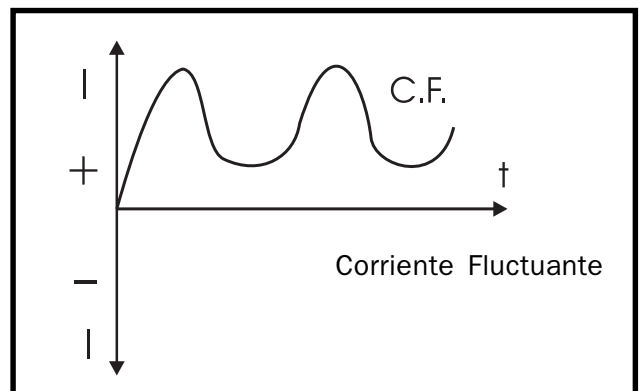
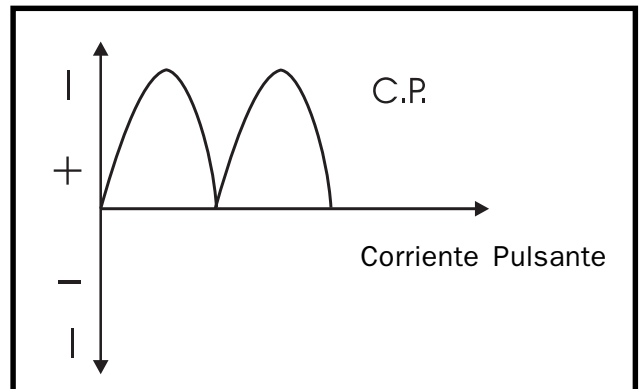
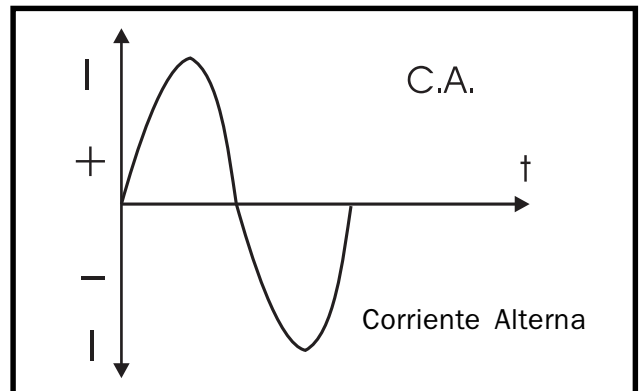
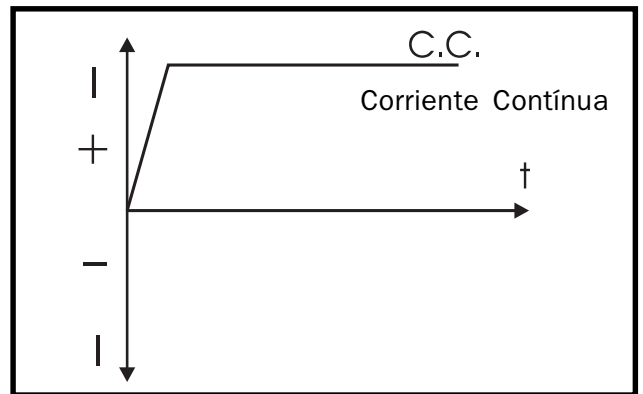
C) Corriente Pulsante (C.P.): es aquella corriente que varía de valor pero no de sentido en función de tiempo (llega a cero). Se obtiene de la rectificación de una C.A.

D) Corriente Fluctuante (C.F.): es aquella corriente que varía de valor pero no de sentido en función de tiempo (no llega a cero). Se obtiene de la suma de una C.C. más una C.A.

Efectos de la corriente eléctrica

La corriente eléctrica de origen a varios efectos, en otras palabras la energía eléctrica se puede transformar en otras formas de energía:

- 1º) Efecto magnético, en electroimanes.
- 2º) Efecto lumínico, en lámparas.
- 3º) Efecto térmico, en calentadores.
- 4º) Efecto mecánico, en motores.
- 5º) Efecto químico, en acumuladores.



Aplicación de la Ley de Ohm en un circuito serie

Se analiza el comportamiento de un circuito serie formado por tres resistores. Representado en la figura 1, se puede observar que la tensión entregada por la fuente es de 36 Volt y que las resistencias componentes de la serie tienen distinto valor. Con respecto a este tipo de circuito vale recordar:

- 1) Por tratarse de una disposición serie, la resistencia total resulta ser la suma de las parciales.
- 2) La intensidad circulante, cuyo valor queda determinado por la Ley de Ohm mantiene el sentido de circulación indicado en la figura 1.
- 3) La corriente tiene un solo camino a seguir, y su valor es constante en cualquier punto del circuito que se considere.

CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE

Como paso previo a la aplicación de la Ley de Ohm se calcula la resistencia total del circuito:

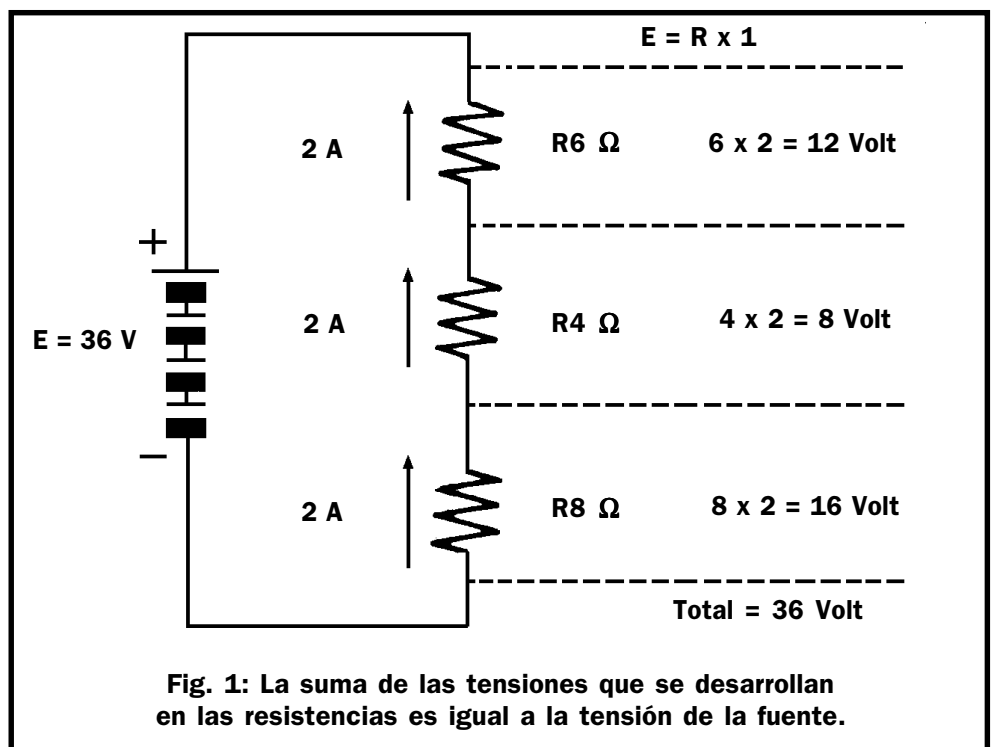
$$R_{\text{total}} = 6 + 4 + 8 = 18 \text{ ohm}$$

conocida la Resistencia total, se determina la Intensidad:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{36}{18} = 2 \text{ Amperes}$$

Tal como se indica en la figura, la fuente entrega al circuito una corriente de 2 Ampere, dicha corriente se desplaza simultáneamente por las tres resistencias. Esta circunstancia, permite afirmar que entre los extremos de cada resistor existe una tensión o ddp que es precisamente la que produce la circulación de electrones. Tal condición, puede expresarse señalando que la tensión de la fuente se «reparte» proporcionalmente al valor de cada resistencia, única forma de justificar la circulación de corriente en cada sector del circuito.

En la figura, frente a cada resistor se aplicó la Ley de Ohm para calcular la tensión que se desarrolla en cada sector; los resultados obtenidos permiten enunciar la segunda Regla de Kirchoff: (Figura 1)



POTENCIA ELÉCTRICA

El concepto de potencia eléctrica será explicado en dos etapas, la primera de ellas se refiere a la tensión y la segunda a la intensidad de corriente.

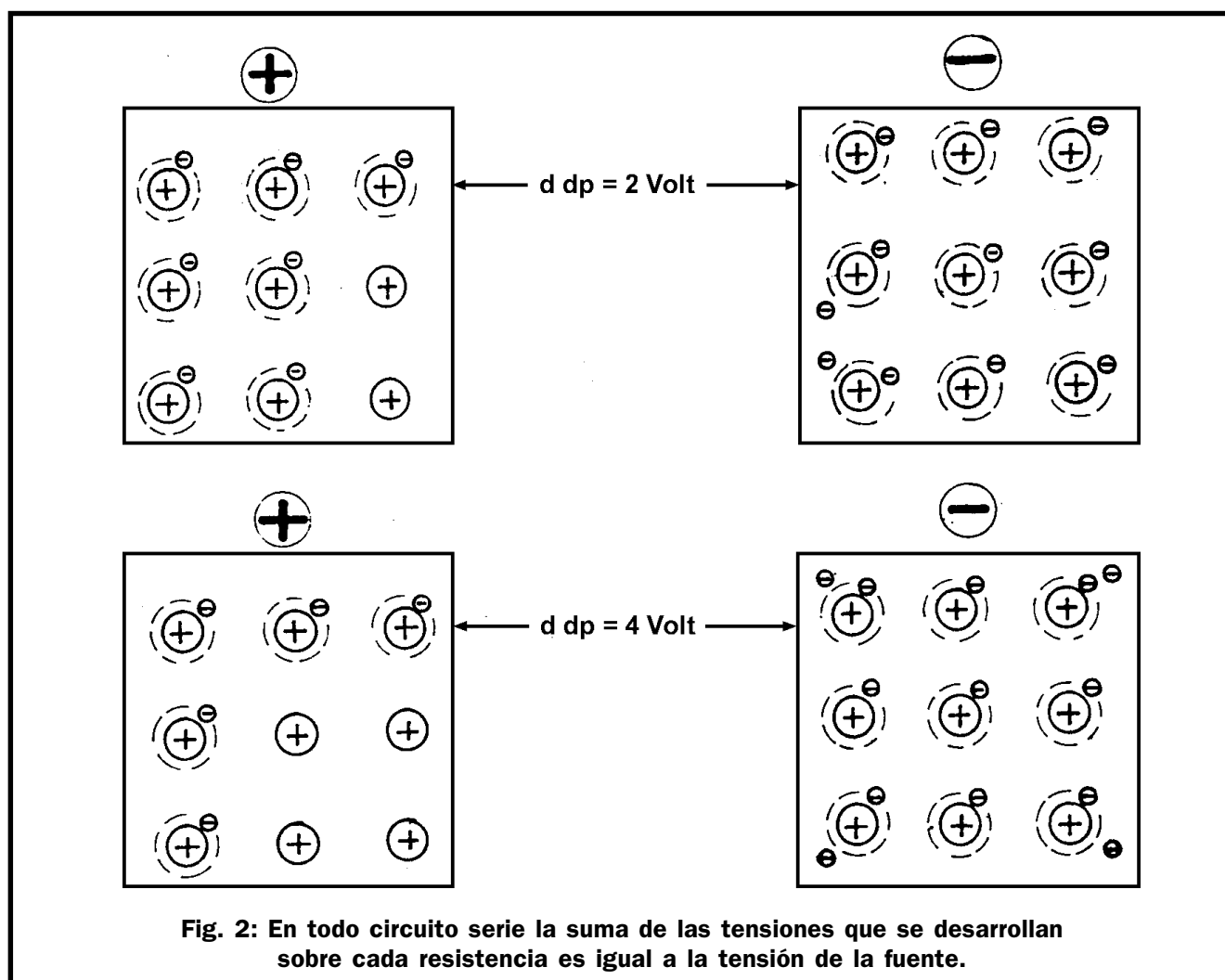
En la **figura 2** de la página, se representan en forma simplificada dos cuerpos que mantienen una diferencia de potencial. En la zona superior se supone que dicha ddp es de 2 volt, para lograr esa situación fue necesario quitar dos electrones al bloque izquierdo y agregarlos al bloque derecho. Realizar esta operación, representa un esfuerzo ya que los átomos tienden a la neutralidad eléctrica y es necesario aplicar algún tipo de fuerza para quitar o agregar electrones (el tipo de fuerza empleada no interesa por el momento).

Si se desea aumentar la diferencia de potencial entre los bloques por ejemplo a 4 Volt, es imprescindible quitar más electrones del bloque izquierdo e incorporararlos en el bloque derecho, lo que representa un esfuerzo adicional.

Conclusión:

Un aumento de voltaje requiere mayor esfuerzo de la causa que lo produce.

En la **figura 3** de la siguiente página, se representaron dos bloques metálicos que mantienen entre sí una diferencia de potencial, al conectar una lámpara circulará una corriente que desaparece al neutralizarse ambos bloques.



ELECTRONICA

Para mantener dicha corriente es necesario que la diferencia de potencial entre los bloques sea constante, lo que obliga a quitar al polo positivo todo electrón que llega desde la lámpara para agregarlo al polo negativo. Quitar electrones al bloque positivo demanda un esfuerzo ya que por tener distinto signo se atraen. Además, agregar electrones al bloque negativo también demanda un esfuerzo, porque las cargas negativas se rechazan. Deducimos que el sostenimiento de una corriente eléctrica representa un esfuerzo para la causa que la origina.

En la parte inferior de la **figura 3**, se muestran los mismos bloques con el agregado de una nueva lámpara. Son ahora dos las corrientes a sostener, es mayor la cantidad de electrones que en cada instante llegan al positivo y deben ser retornados al

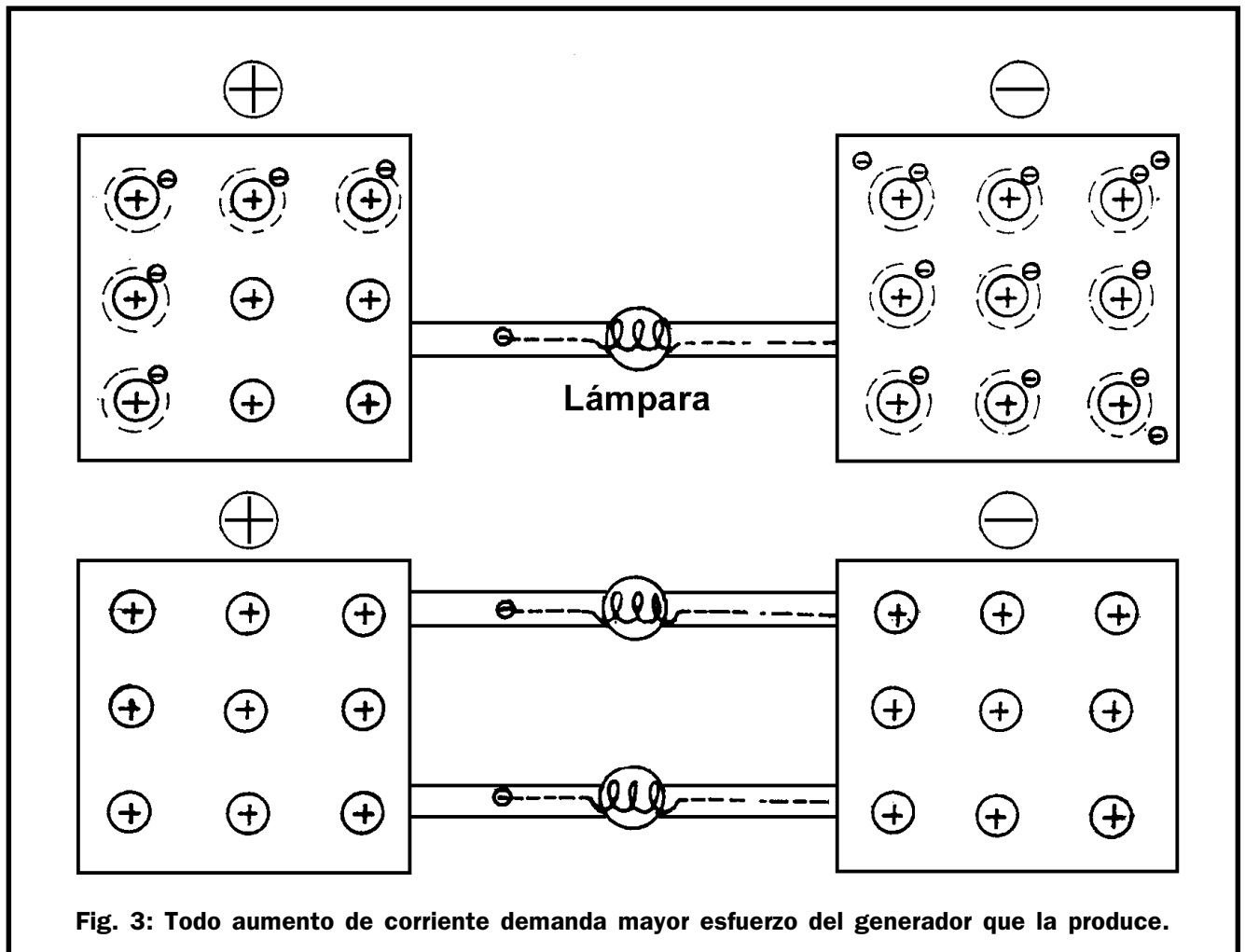
polo negativo para mantener la ddp.

Deducimos que el sostenimiento de una corriente mayor representa un esfuerzo también mayor de la causa que la origina.

De lo analizado en los esquemas de las anteriores figuras, se extrae la siguiente **Conclusión**:

Un aumento de tensión e intensidad de corriente demanda mayor esfuerzo de la causa (generador) que las origina.

Las causas que producen la ddp y generan corrientes pueden ser varias, las más utilizadas son las transformaciones químicas que se producen en el interior de pilas y baterías y los generadores rotativos (dínamos, alternadores, etc) que reciben energía mecánica y la convierten en eléctrica.



Conclusión:

La potencia eléctrica representa el esfuerzo necesario para mantener una tensión y sostener una corriente en un circuito.

FÓRMULA DE POTENCIA ELÉCTRICA

Ya que para lograr mayor tensión y mayor intensidad es necesario un esfuerzo también mayor, la fórmula que permite calcular la potencia que se desarrolla en un circuito es una simple multiplicación:

$$\text{Potencia eléctrica} = E \times I$$

Como otras magnitudes eléctricas la Potencia tiene una unidad, es el Watt, quien representa el esfuerzo necesario para producir un volt y provocar una corriente de un ampere.

Vale observar que la potencia eléctrica debe ser considerada en la unidad de tiempo porque en su magnitud interviene la intensidad de corriente, quien por definición representa cantidad de electrones (o Coulomb) por segundo.

La potencia en los circuitos resistivos

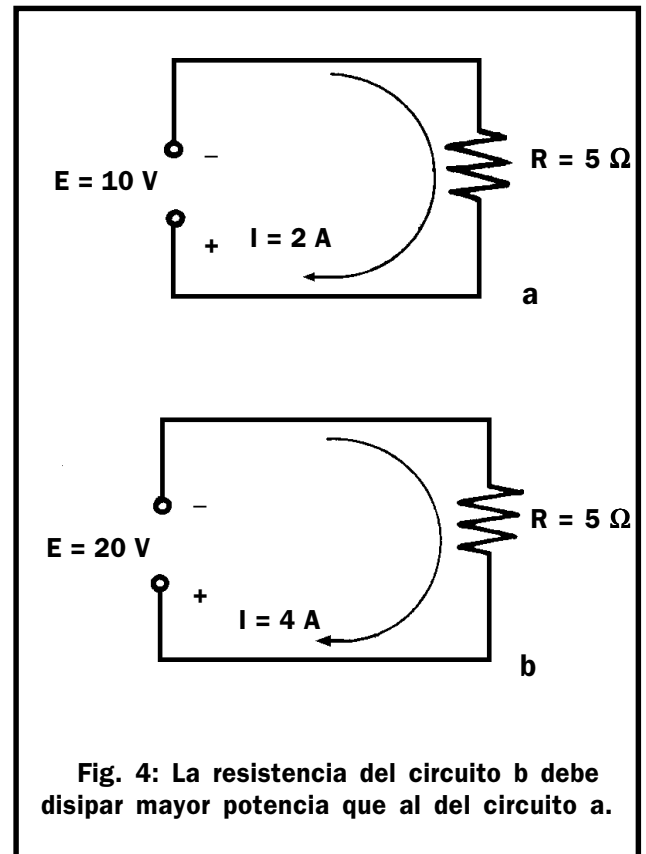
En los conductores metálicos y en los resistores toda la potencia entregada por la fuente se transforma en calor y si la temperatura toma valores suficientes, la energía se transforma parcialmente en luz.

mencionamos como excepción la irradiación de energía en forma de ondas, cuando la corriente en un conductor cambia su valor rápidamente, pero no es el caso que consideramos en esta oportunidad.

En el caso de los resistores, es necesario que entreguen al medio ambiente el calor que en ellos produce la potencia eléctrica, ya que de lo contrario su temperatura puede aumentar hasta alterar apreciablemente su valor o destruirlos.

Los resistores en la práctica

Consideremos los circuitos a y b de la figura 4; en ambos el valor de la resistencia es el mismo, 5



ohm, aunque la tensión aplicada es la mitad en el primero comparado con el segundo.

El cálculo de la Potencia desarrollada en cada circuito indica:

$$\text{Potencia en el circuito a} = E \times I = 10 \times 2 = 20 \text{ Watt}$$

$$\text{Potencia en el circuito b} = E \times I = 20 \times 4 = 80 \text{ Watt}$$

Los resultados indican que a pesar de tratarse de resistencias de igual valor, una de ellas debe disipar más potencia que la otra, de la comparación de ambos circuitos pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- 1) Si la intensidad de corriente se duplica, la potencia desarrollada crece cuatro veces.
- 2) Las dimensiones de la resistencia (sin importar su valor óhmico) deben ser las adecuadas a la potencia que debe disipar.

En la figura 5 se representan tres resistencias del mismo valor óhmico preparadas para disipar distintas potencias, en la práctica se acostumbra colocar resistores con una capacidad de disipación doble a la que resulta del cálculo. En el caso a de la figura 4, ya que la potencia calculada es 20 Watt, se puede utilizar un resistor de 5 μ - 40 Watt, lo que asegura una temperatura de trabajo reducida.

En los circuitos de radio y televisión se usan mayoritariamente resistores de baja disipación, cuando la misma no viene especificada se sobreentende que es de 1/2 Watt.

Los fusibles

Se supone una instalación domiciliaria elemental (fig 6) a la que se conectan dos lámparas que consumen 250 y 100 watt respectivamente. La intensidad de corriente que recorre dichas lámparas puede calcularse por medio de una fórmula derivada de la potencia eléctrica, ella es:

$$I = \frac{W}{E}$$

Aplicándolas a nuestro circuito resulta:
para la lámpara de 250 W:

$$I = \frac{W}{E} = \frac{250}{220} = 1,1 \text{ Ampere}$$

para la lámpara de 100 W:

$$I = \frac{W}{E} = \frac{100}{220} = 0,45 \text{ Amper}$$

Es evidente que la fuente entregará una corriente total igual a 1,1 + 0,45 = 1,55 ampere. Dicha corriente recorre los tramos de instalación que unen los polos de la línea con la lámpara de 250 Watt, por ello, en dichos tramos se disponen en serie conductores especiales llamados fusibles. Estos conductores (aleaciones de plomo) se funden, interrumpiendo el circuito si por ellos circula una co-

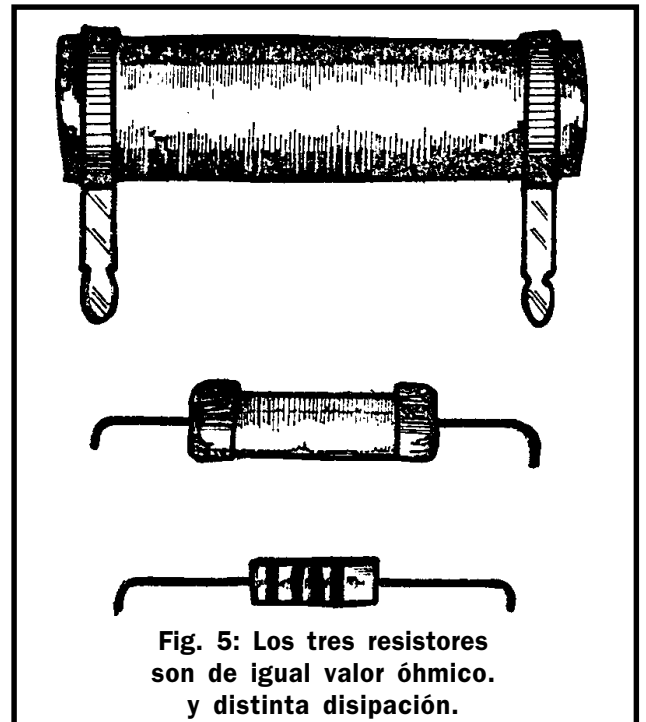


Fig. 5: Los tres resistores son de igual valor óhmico y distinta disipación.

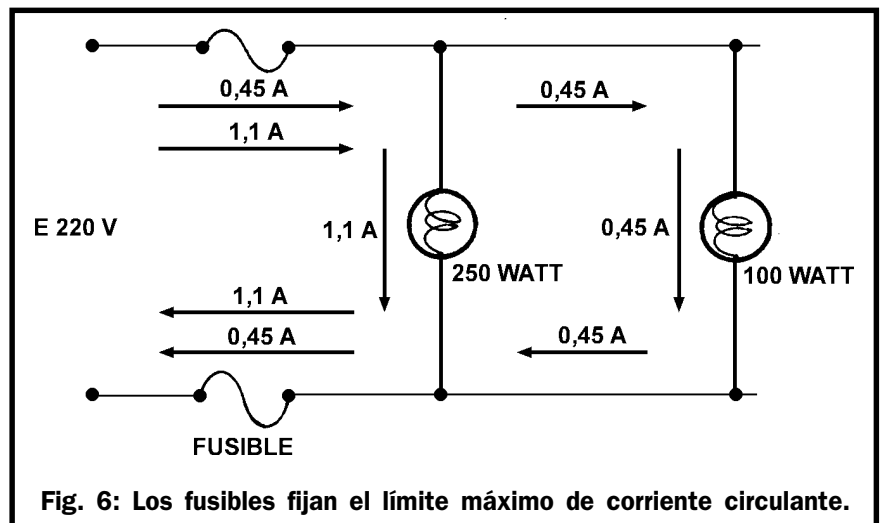


Fig. 6: Los fusibles fijan el límite máximo de corriente circulante.

riente superior para la que fueron preparados. En esta clase de circuitos, se estipula una tolerancia del 50 % en más para la elección de los fusibles con el fin de evitar que un leve aumento de corriente interrumpa la alimentación de la instalación.

CORTOCIRCUITOS

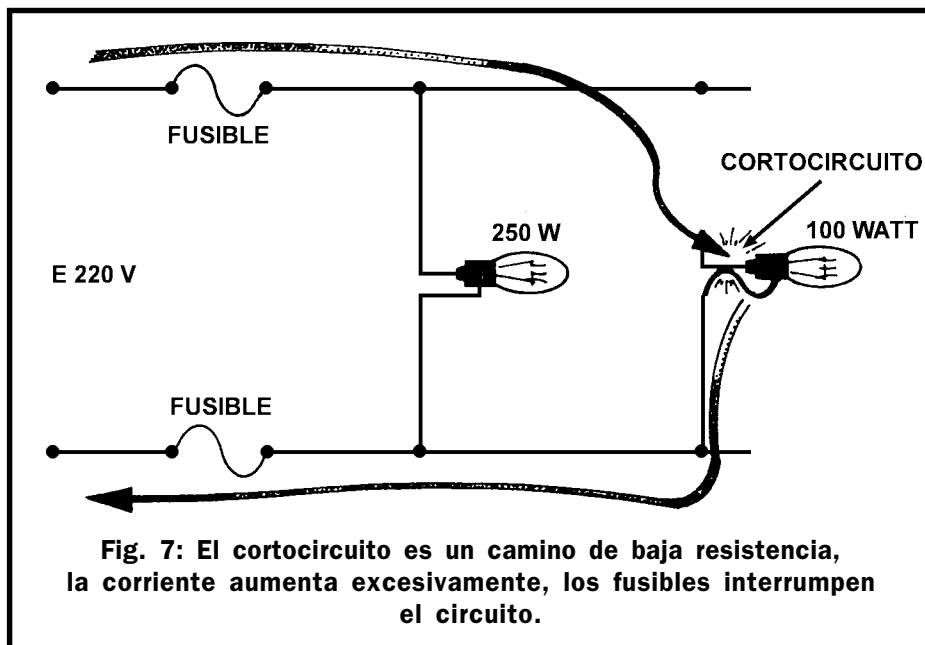
Se repite el esquema anterior en la figura, puede observarse que los conductores que alimentan a la lámpara de 100 Watt hacen contacto eléctrico entre sí, es decir, forman un cortocircuito.

En estas condiciones la corriente se ve limitada únicamente por la bajísima resistencia de los conductores, el amperaje es muy elevado y los fusibles calienten rápidamente, se funden e interrumpen la alimentación.

EL KILOWATT HORA

La potencia eléctrica se considera en la unidad de tiempo, es decir, el segundo. Si un artefacto consume 1.000 W, se entiende que lo hace durante cada segundo que permanece conectado.

Las compañías proveedoras de energía eléctrica, a los efectos de contabilizar la energía que venden, adoptan el criterio de llamar 1 Kilowatt hora a la potencia solicitada por un artefacto que consume 1000 Watt en cada uno de los segundos que forman una hora.



Magnetismo y Electromagnetismo

El magnetismo y el electromagnetismo comprenden una serie de fenómenos no explicados totalmente por la teoría. Ya sea la magnetita, como imán natural o los fabricados por el hombre, tienen la particularidad de atraer ciertos elementos, como el hierro, níquel, etc.

Si bien dicha fuerza de atracción es de origen relativamente desconocido, puede ser medida, al igual que otros fenómenos magnéticos, con gran precisión, lo que permite aplicarlos en la práctica.

POLOS DE UN IMÁN

Al acercar un extremo de una barra imantada a limaduras de hierro y repitiendo la operación el otro extremo, se obtiene el resultado que muestra la primera figura. La fuerza de atracción del imán se manifiesta en los extremos o polo, lo que no ocurre en la parte central, llamada zona neutra.

Al suspender un imán por su zona neutra, si éste puede orientarse libremente, uno de sus extremos señala siempre el polo norte geográfico y el otro extremo el polo sur, de esto deriva la denominación de los polos de los imanes.

Este comportamiento se justifica porque la tierra se comporta como un gigantesco imán, de él se deduce una propiedad muy interesante, el efecto de atracción y repulsión.

Atracción y repulsión

Al realizar las experiencias que muestra la última figura de la página, se comprueba que al acercar polos de igual nombre (dos norte o dos sur) se rechazan. Por el contrario, al enfrentar polos distintos, un norte y un sur, se atraen. Estas propiedades tienen gran aplicación, por ejemplo en los parlantes, donde sucesivas y rapidísimas atracciones y repulsiones magnéticas hacen vibrar un cono de papel especial con el fin de reproducir sonidos.

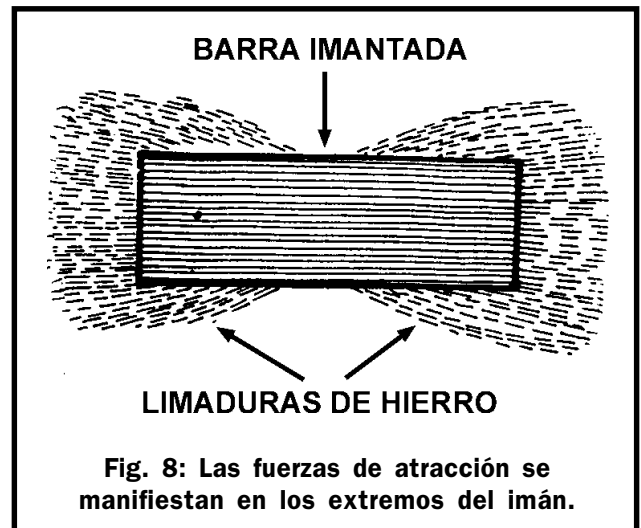


Fig. 8: Las fuerzas de atracción se manifiestan en los extremos del imán.

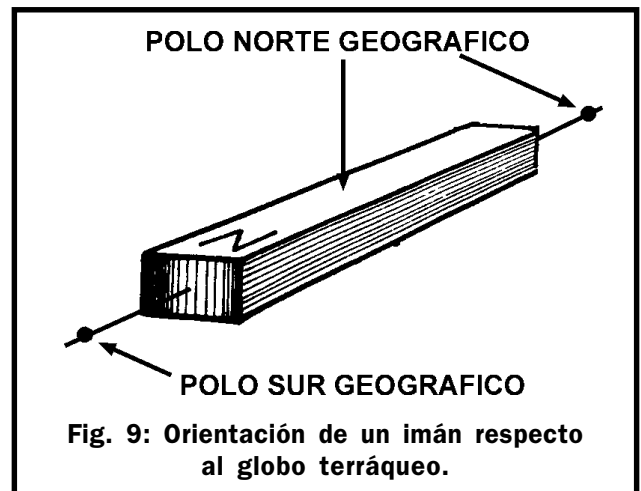


Fig. 9: Orientación de un imán respecto al globo terráqueo.

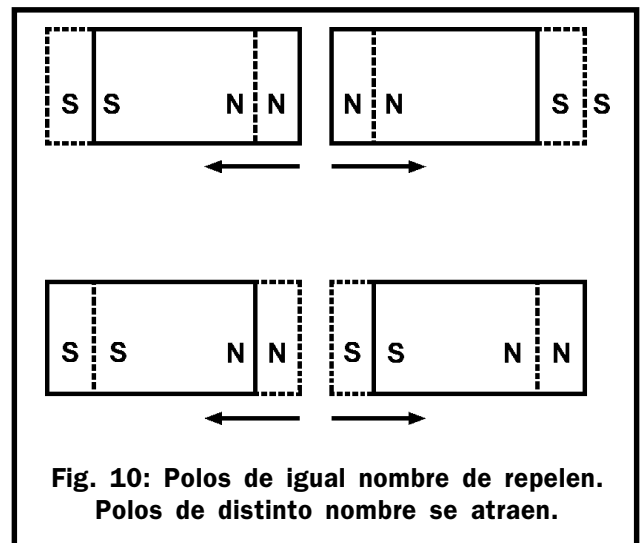


Fig. 10: Polos de igual nombre se repelen. Polos de distinto nombre se atraen.

CAMPO MAGNÉTICO

Se interpreta como campo magnético a la zona de influencia de un imán, puede representárselo en base a la experiencia que muestra en la primer figura. Un vidrio sobre un imán es recubierto con una fina capa de limaduras de hierro; por influencia del campo éstas se distribuyen siguiendo líneas bien definidas, llamadas líneas de fuerza.

En la siguiente figura, se muestran las distintas posiciones que adopta una brújula influenciada por el campo de un imán. La brújula (que es un imán suspendido por su zona neutra) es afectada por el campo, se orienta en la dirección de las líneas de fuerza, con el polo norte indicando el sentido de las mismas. Con respecto a la experiencia de la esta figura, señalamos dos aspectos importantes:

1) El sentido indicado para las líneas de fuerza es convencional, se considera que parten del polo norte y se dirigen al polo sur.

2) Para describir una línea de fuerza se necesitan dos polos magnéticos, uno norte y otro sur, ya que la experiencia demuestra que un polo magnético no puede existir aisladamente.

Intensidad de campo y flujo magnético

Estos conceptos tienen importancia en la comparación de campos magnéticos o bien, en el análisis de la variación de un campo.

Intensidad de campo: representa la cantidad de líneas de fuerza que comprende un cuadrado de 1 cm de lado, ubicado perpendicularmente respecto al campo. Esta condición se representa en la última figura, se dice que la intensidad de campo (H) es de tres Gauss.

Flujo magnético: es una generalización del concepto anterior, se representa en la primer figura de la siguiente página. Equivale a la cantidad total de líneas de fuerza que abarca una superficie cualquiera, perpendicular a las mismas. el flujo magnético suele indicarse con la letra griega (ϕ) y su unidad es el Maxwell.

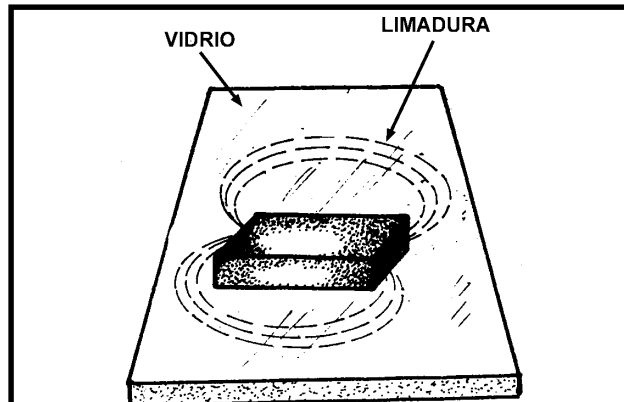


Fig. 11: Las limaduras de hierro se distribuyen siguiendo las líneas de fuerza.

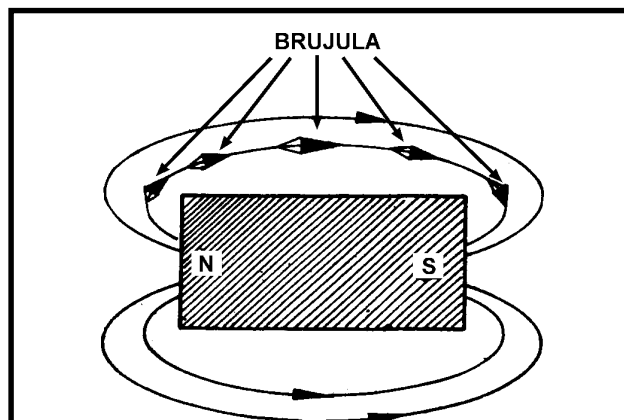


Fig. 12: Una brújula dispuesta dentro de un campo magnético, siempre se orienta en el sentido de las líneas de fuerza, con el polo norte indicando la dirección de las líneas.

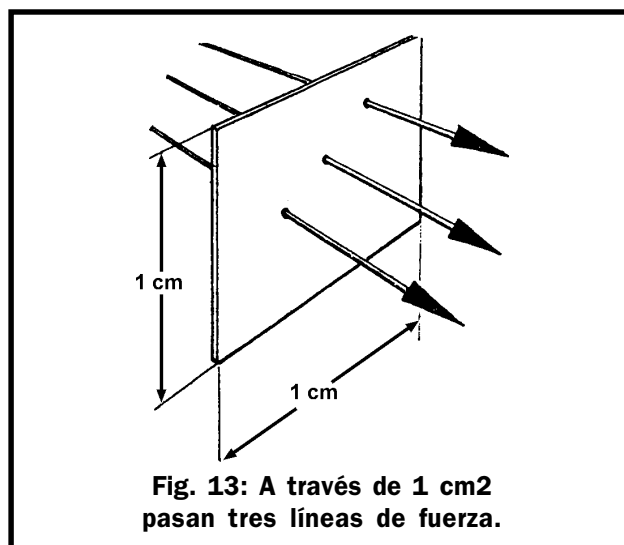


Fig. 13: A través de 1 cm² pasan tres líneas de fuerza.

Influencia de distintas sustancias colocadas en un campo magnético

La distribución de las líneas de fuerza de un campo depende del medio que las contiene, con fines prácticos consideramos tres situaciones distintas, tal como se indica en la figura 15.

Se suponen tres cubos de iguales dimensiones y sustancias distintas colocadas en un campo magnético. Observando la distribución de las líneas notamos que la madera no modifica el recorrido de las mismas.

El hierro tiende a concentrar las líneas de fuerza, se dice que presenta más "permeabilidad". Ocurre como si ofreciera menor oposición a la fuerza del campo. Las sustancias que así se comportan se llaman ferromagnéticas. Por el contrario, el bismuto presenta una cierta impermeabilidad a las líneas del campo obligándolas a desviarse, es una sustancia diamagnética.

INDUCCIÓN MAGNÉTICA

Por lo visto una sustancia puede permanecer indiferente, concentrar o desviar las líneas de campo. Si relacionamos la cantidad de líneas de fuerza que concentra una sustancia con respecto al vacío (o aire) obtenemos la permeabilidad (μ) quien representa el número de veces que un material es más conductor magnético que el aire.

Es muy importante tener en cuenta que la permeabilidad de una sustancia no es constante, en efecto, si el campo magnético que la rodea crece, la sustancia puede concentrar líneas de fuerza hasta cierto límite después del cual se la considera saturada. Este efecto cobra importancia en los transformadores donde suele representar un inconveniente.

ELECTROMAGNETISMO

Comprende el estudio de los fenómenos magnéticos producidos por la corriente eléctrica. Dichos

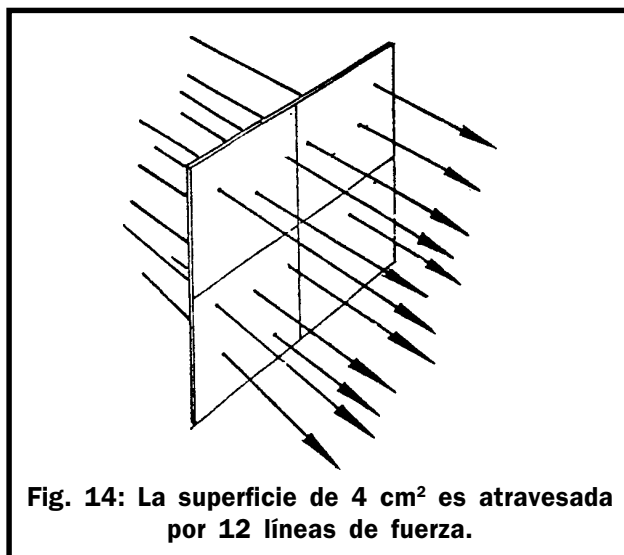


Fig. 14: La superficie de 4 cm² es atravesada por 12 líneas de fuerza.

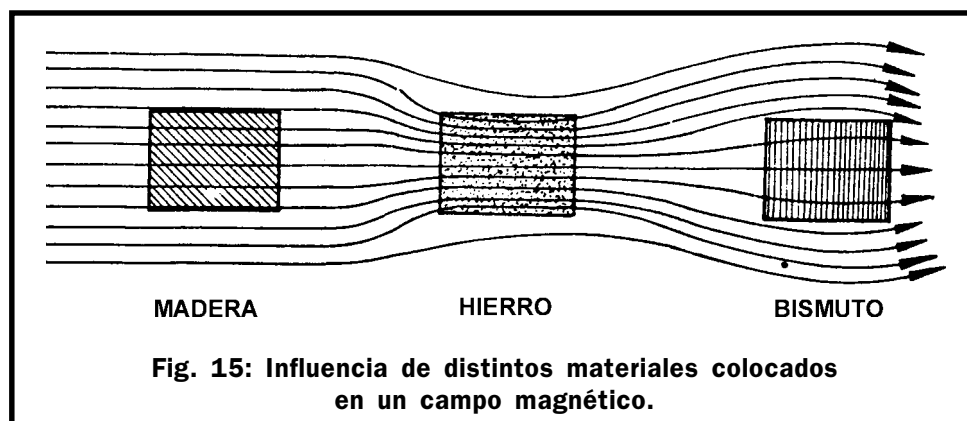


Fig. 15: Influencia de distintos materiales colocados en un campo magnético.

fenómenos no se diferencian en sus efectos de los provocados por imanes, pero permiten mayor adaptación a su utilización práctica. Variar el flujo de un imán, cambiar su polaridad, etc., son operaciones trabajosas que demandan un tiempo mucho mayor que el necesario para las diversas operaciones que realizan los circuitos electrónicos.

CAMPO MAGNÉTICO DE UN CONDUCTOR RECTO

Toda corriente eléctrica produce un campo magnético, cuando dicha corriente circula por un conductor recto al campo se dispone en la forma indicada en la figura de la siguiente página. En ella, se ha representado una sola línea de fuerza para simplificar la explicación; veamos que ocurre en dos situaciones distintas.

Llave interruptora abierta: no circula corriente, una brújula colocada cerca del circuito no manifiesta influencia alguna manteniendo su posición natural en dirección a los polos geográficos.

Llave interruptora cerrada: circula corriente, la brújula cambia de posición, siendo ésta un imán, esto puede ocurrir únicamente por la influencia de otro campo magnético. La existencia de este campo magnético se debe a la circulación de corriente, ya que estando la llave interruptora abierta la brújula no manifestó alteración alguna.

Distribución de las líneas magnéticas del campo

Tal como lo muestra la primer figura, al desplazar circularmente la brújula sobre un plano horizontal se obtienen las siguientes conclusiones:

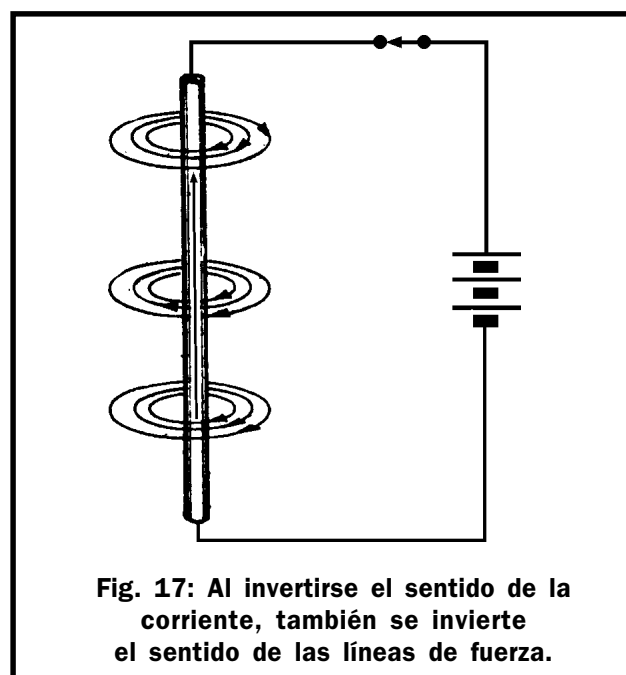
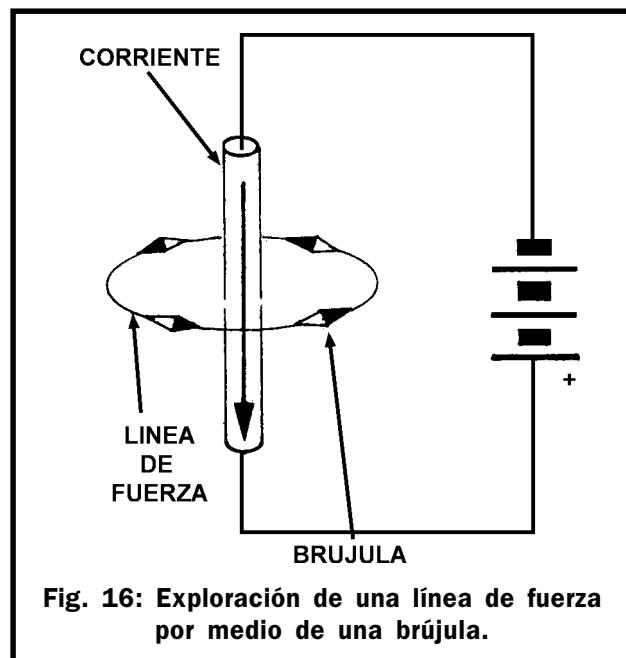
1) La brújula se “acomoda” al trayecto circular que se le impone lo que indica que las líneas de fuerza alrededor del conductor son circulares y están ubicadas en un plano perpendicular al mismo.

2) Durante toda la trayectoria la posición de los polos es la misma (aunque se cambie el sentido de rotación de la brújula).

En resumen: al circular corriente por el conductor se forma un campo magnético compuesto por líneas de fuerza circulares y concéntricas que toman como centro el mismo conductor.

Tal como lo indica la siguiente figura, al invertirse el sentido de la corriente también se invierte el sentido de las líneas de fuerza.

Además debe recordarse, que al aumentar la corriente circulante la cantidad de líneas que rodea al conductor se hace mayor, es decir, el campo magnético aumenta.

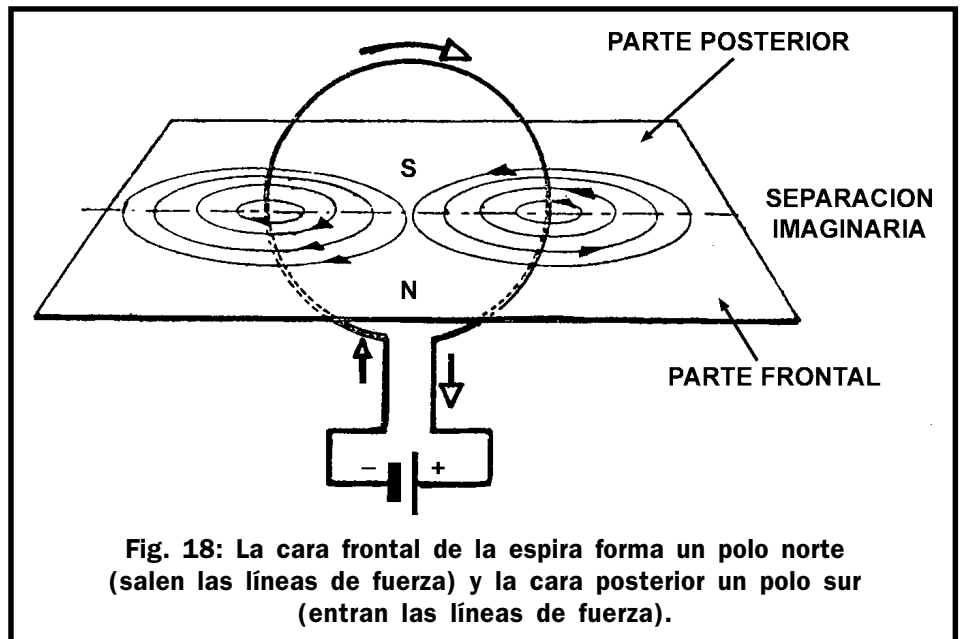


Campo magnético de una espira

Un conductor que adopta la forma indicada en la primera figura, se denomina espira. Al circular corriente se establece un campo magnético del que se representaron dos grupos de líneas ubicadas sobre un plano, para no complicar la explicación.

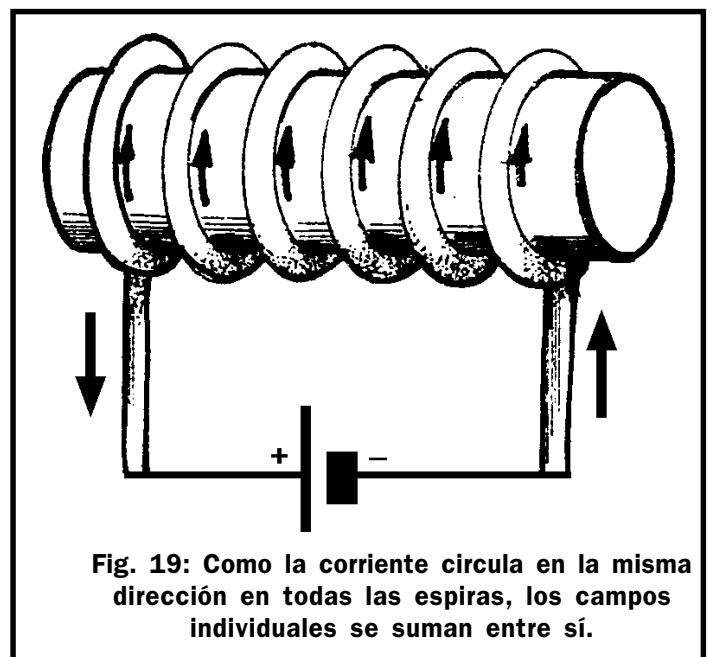
En la zona izquierda la corriente es ascendente, las líneas de fuerza guardan el sentido de giro de las agujas del reloj.

En el circuito de la figura, las líneas de fuerza "salen" del interior de la espira hacia el lector dirigiéndose hacia la parte posterior, esto permite comparar la espira con un imán cuyo polo norte se enfrenta al lector y el polo sur se encuentra en la parte posterior de la figura. Considerar a una espira como a un imán es la base para la interpretación de las bobinas.



Campo magnético de una bobina

Puede considerarse a una bobina como a una sucesión de espiras dispuestas una a continuación de la otra. En la siguiente figura, una fuente alimenta a una bobina, la corriente circulante mantiene el mismo sentido en cada espira, por lo tanto los campos de las espiras suman sus efectos, de forma tal que en un extremo de la bobina se encuentra un polo norte y en el opuesto un polo sur.



POLARIDAD MAGNÉTICA DE UNA BOBINA

Se la determina por la llamada "regla de la mano izquierda" que dice: se toma la bobina con la mano izquierda de modo que los dedos doblados indiquen el sentido de la corriente en las espiras, el pulgar extendido señala el polo norte de la bobina.

La figura, señala la aplicación de la regla de la mano izquierda y demuestra que la polaridad de la bobina depende del sentido de la corriente en las espiras sin interesar por donde llega y sale la corriente a la bobina.

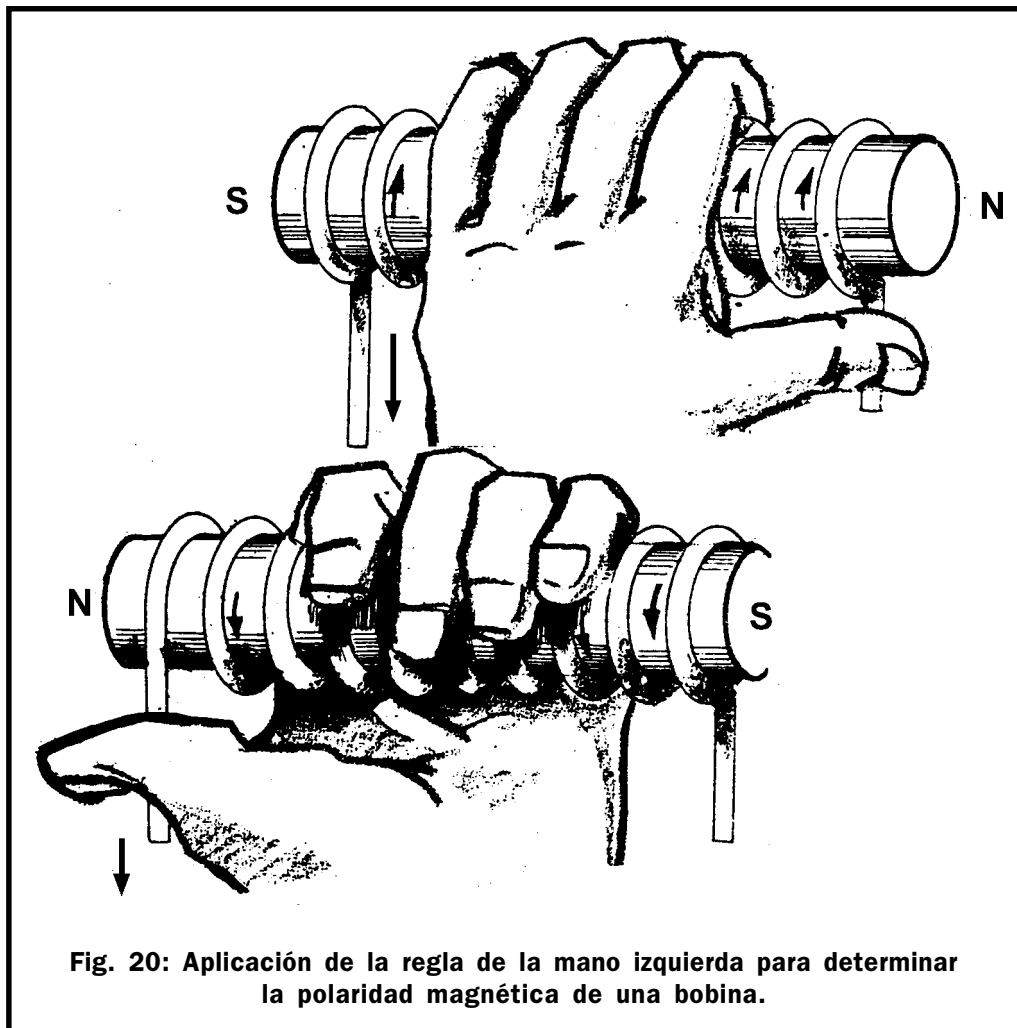


Fig. 20: Aplicación de la regla de la mano izquierda para determinar la polaridad magnética de una bobina.

Factores que determinan el flujo magnético de una bobina

El campo magnético de una bobina opta la disposición que muestra la figura inferior, las líneas de fuerza se cierran por el interior abarcando toda la longitud del arrollamiento.

El flujo magnético de una bobina depende de varios factores:

- 1) Intensidad de corriente. A mayor corriente el flujo es mayor.
- 2) Número de espiras. Para una misma corriente circulante, a mayor número de espiras el campo magnético crece.
- 3) Longitud de la bobina. Para igual número de espiras, a menor longitud de la bobina el campo magnético se hace mayor.
- 4) Sección de la bobina. Para igual número de espiras y corriente circulante una mayor sección permite un flujo magnético más intenso.

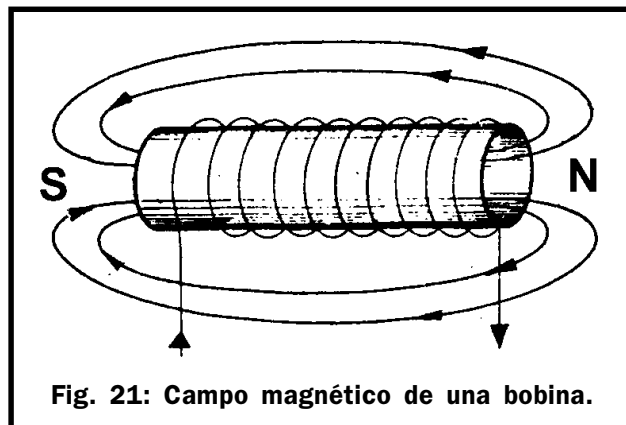


Fig. 21: Campo magnético de una bobina.

Tipo de núcleo

Al realizar una bobina sobre un tubo de cartón o plástico, se dice que el núcleo es de aire y el flujo magnético dependerá de los factores recién comentados. La situación se modifica si el arrollamiento se efectúa sobre un material ferromagnético.

Ya que las líneas de fuerza se cierran por el interior de la bobina el material ferromagnético que forma el núcleo se magnetiza y agrega su flujo al del arrollamiento, de forma que el flujo total es apreciablemente mayor.

Otros fenómenos electromagnéticos

Seguidamente trataremos fenómenos electromagnéticos que intervienen en la generación de corrientes alternas, en el funcionamiento de transformadores, sistemas de filtrado, etc.

Inducción electromagnética

Tal como se observa en la figura, todo conductor que se desplaza por un campo magnético cortando sus líneas de fuerza recibe una tensión inducida capaz de establecer una corriente, si dicho conductor pertenece a un circuito cerrado.

En el esquema de la figura 22 se observa que la corriente inducida cambia de sentido cuando el conductor invierte su recorrido dentro del campo, el cambio de sentido de la corriente es acusado por

el instrumento.

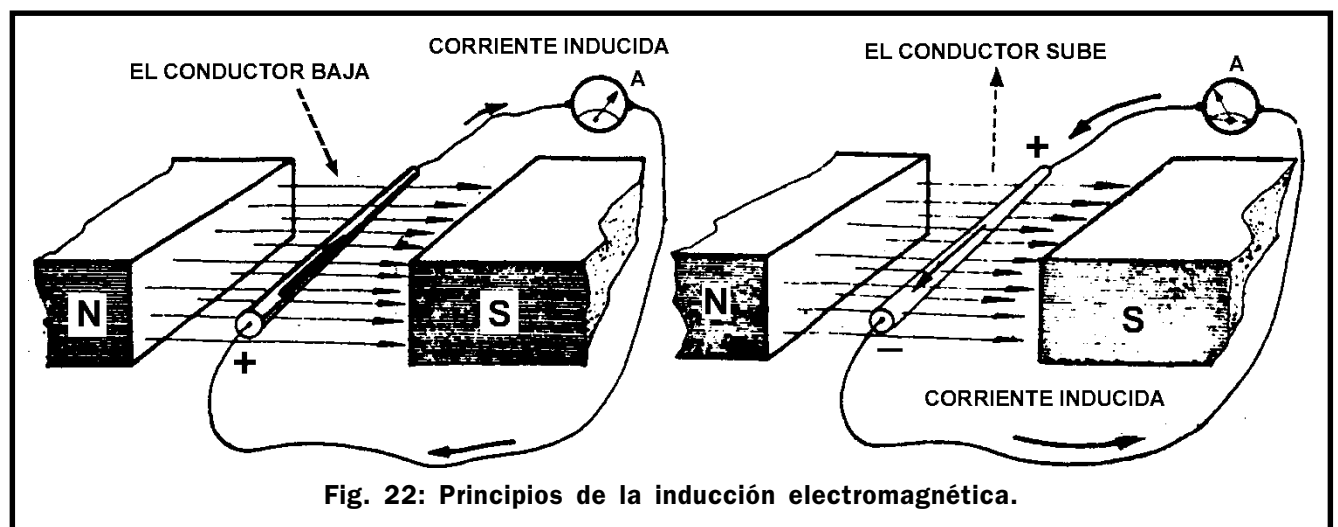
Vale destacar que igual resultado se obtienen si el conductor permanece fijo y el campo magnético se desplaza alternativamente, pero si no existe movimiento del conductor ni del campo, la corriente inducida desaparece.

Factores que determinan el valor de la tensión inducida

El valor de la tensión inducida depende de varios factores, por ejemplo aumentará si:

- 1) El campo magnético por donde se desplaza el conductor se hace mayor.
- 2) Si aumenta la longitud del conductor que se desplaza dentro del campo cortando sus líneas de fuerza.
- 3) Si la velocidad de desplazamiento del conductor aumenta.
- 4) Si el conductor corta perpendicularmente a las líneas de fuerza: ya que en caso de hacerlo en forma oblicua el promedio de líneas cortadas por segundo disminuye.

Lo anterior permite indicar que este es el principio en que se basan los generadores de corriente alternada. En nuestro circuito elemental, el generador está formado por el campo magnético y el conductor que se desplaza dentro del mismo; puede observarse que el extremo del conductor por donde "sale" la corriente está señalando con el signo - y que el extremo opuesto, donde la corriente "entra", lleva el signo +.



LEY DE LENZ

La figura de esta página, permitirá interpretar la Ley de Lenz en dos etapas. En la parte superior se observa una bobina conectada a un medidor de corriente muy sensible. Considerando que dicha bobina se encuentra fija, al aproximar el imán, sus líneas de fuerza cortan el arrollamiento induciéndole una corriente.

El sentido de la corriente inducida hace que la polaridad magnética de la bobina se oponga al desplazamiento del imán (dos polos norte se rechazan).

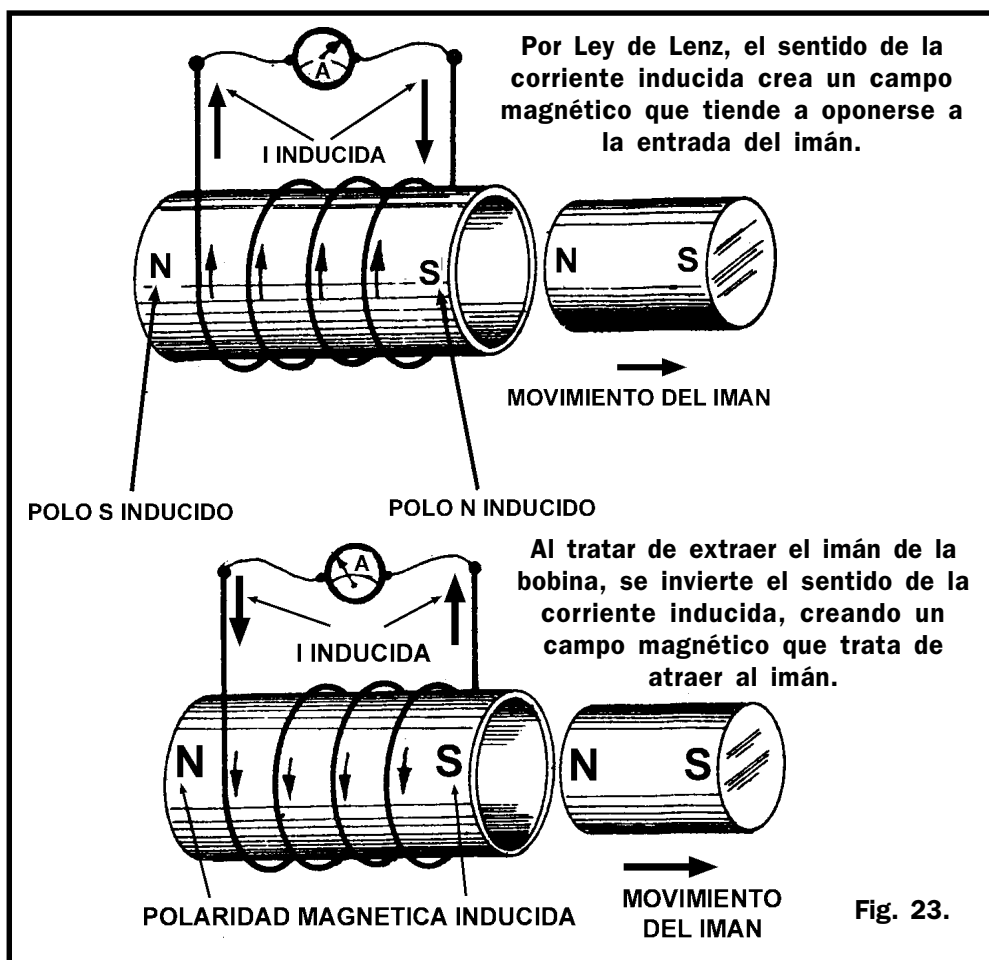
En la parte inferior de la figura, se observa que el imán se aleja del bobinado, nuevamente sus líneas de fuerza cortan al arrollamiento, pero en sentido contrario al ejemplo anterior.

Por ese motivo, la corriente inducida y la polaridad magnética de la bobina se invierten. Nuevamente la polaridad magnética de la bobina se opone al desplazamiento del imán, ya que el polo norte del imán y el polo sur de la bobina se atraen. El comportamiento del circuito analizado es lógico, ya que para producir una corriente inducida se debe realizar un determinado esfuerzo, que en este caso será el necesario para vencer la oposición que hace la bobina al desplazamiento del imán.

En forma general, la Ley de Lenz establece: toda corriente inducida genera un campo magnético que se opone a la causa que la genera.

Autoinducción

Se analizará la autoinducción tomando como base la figura de esta página. En el circuito se representó una bobina construida con un alambre



que presenta un ohm de resistencia, dicho valor ohmico se indica separadamente con el símbolo de un resistor.

Siendo la tensión aplicada 5 Volt, todo hace pensar que al cerrar la llave interruptora la corriente circulante alcanzará instantáneamente el valor que determina la Ley de Oh, es decir, 5 Ampere.

Pero no ocurre así, ya que los electrones responden con cierta lentitud a la presión eléctrica de la fuente que alimenta al circuito, demorando la corriente un cierto tiempo en alcanzar el valor de 5 Ampere.

Este comportamiento, denominado Inductancia, se

ñala la propiedad de las bobinas capaz de imponer una demora para que la corriente tome el valor que determina la Ley de Ohm.

Unidad de Inductancia

Es necesaria una unidad, que permita determinar el efecto de retardo que sufre una corriente, a los efectos de comparar la magnitud de dicho fenómeno en distintos bobinados.

Dicha unidad es el Henry, representa la condición de una bobina que al recibir un volt de tensión aplicada, impone un segundo de demora para que al corriente alcance el valor de un ampere.

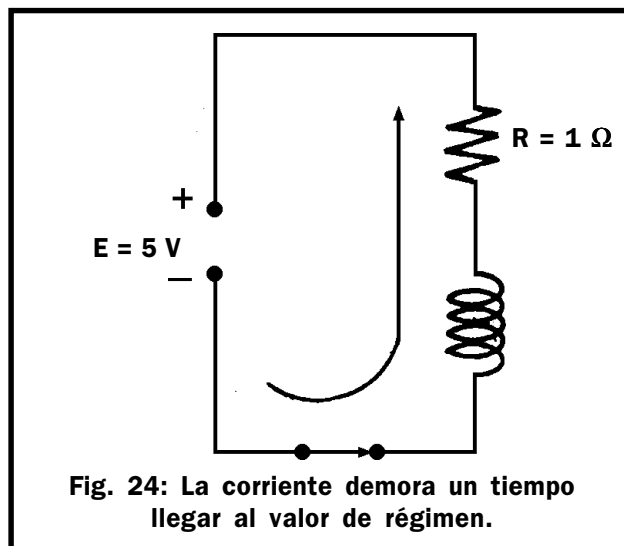


Fig. 24: La corriente demora un tiempo llegar al valor de régimen.

ENERGÍA, TRABAJO Y POTENCIA

Energía: se define como la capacidad para realizar un trabajo. Existen dos clasificaciones distintas de energía, energía cinética y energía potencial.

Energía cinética: Es la que tiene un cuerpo debido a su movimiento.

Energía potencial: Es la que tiene un cuerpo debido a su posición.

Puesto que la energía de un cuerpo es la capacidad para realizar trabajo, un cuerpo tiene tanta energía como trabajo puede realizar.

Trabajo: Un hombre o una máquina, realiza trabajo, cuando vence una resistencia a lo largo de un camino.

Trabajo mecánico: Siempre que se desplace un peso a determinada distancia, se está realizando trabajo. El trabajo realizado es el producto de la fuerza por la distancia.

El trabajo mecánico reconoce como unidad de medida el Kilográmetro (Kgmt) que corresponde al trabajo de levantar 1 kilo a un metro de altura.

$$TM = F \times h = \text{Kgmt}$$

Potencia mecánica: Se llama potencia de una máquina o de un hombre, al cociente entre el trabajo realizado y el tiempo empleado en realizarlo. Por lo tanto, la potencia es la rapidez con que se realiza un trabajo.

La unidad de potencia mecánica es el Kilo-grametro / segundo (Kgmts/s), en la práctica se emplea el HP que equivale a 75 Kgmts/s.

$$PM = F \times h/s = \text{Kgmts/s} = \text{HP}$$

Trabajo eléctrico: El concepto es muy similar al de trabajo mecánico. El trabajo eléctrico está dado por la tensión eléctrica necesaria para desplazar cargas eléctricas de un punto a otro.

La unidad de trabajo eléctrico es el Joule (j).

$$TE = \text{Volt} \times \text{Coulombio} = \text{Joule}$$

$$TE = V \times Q = J$$

Potencia eléctrica: es el cociente entre el trabajo eléctrico realizado y el tiempo empleado en realizarlo.

En electricidad, la potencia se mide en Watt (W).

Una máquina tiene una potencia de un W cuando realiza el trabajo de un Joule en cada segundo.

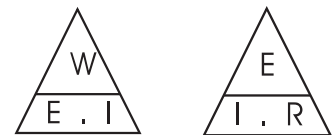
$$PE = V \times Q/s = W \quad (q/s = I)$$

En la práctica, para determinar la potencia eléctrica desarrollada en un circuito, se emplea la siguiente fórmula:

$$W = E \times I$$

$$E = W/I$$

$$I = W/E$$



Comparando la Ley de Ohm, con la expresión de la potencia eléctrica se obtienen las siguientes fórmulas:

$$W = I^2 \times R$$

$$(W = I \times I \times R)$$

$$W = E^2/R$$

$$(W = E \times E/R)$$

$$1 \text{ HP} = 736 \text{ W}$$

LEY DE JOULE

Cuando una corriente eléctrica atraviesa un conductor, este experimenta un aumento de temperatura. A este efecto se lo denomina efecto Joule. En la práctica, se toma como unidad de calor a la caloría pequeña.

Una caloría pequeña es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 cm³ (3, cúbico) de agua en 1° C.

Como el calor es una forma de energía, Joule encontró la equivalencia entre el calor y el trabajo eléctrico: 1 j = 0,00024 calorías.

Para determinar la cantidad de calor que se desarrolla en un circuito eléctrico, se emplea la siguiente fórmula:

$$q = 0,00024 \times I^2 \times R \times t$$

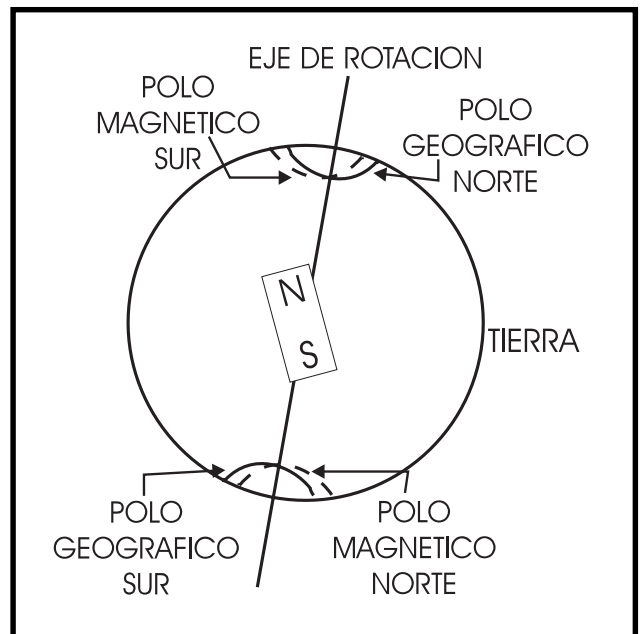
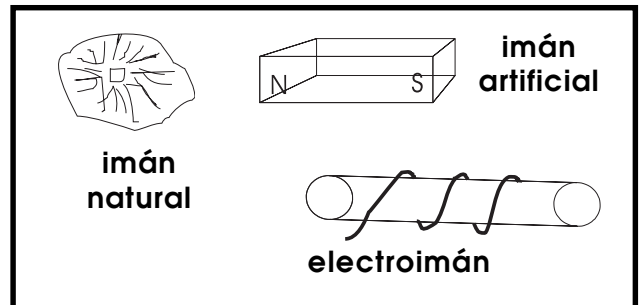
MAGNETISMO

A los cuerpos que tienen la propiedad de atraer ciertas sustancias o rechazarlas se los denomina imanes. Existen, fundamentalmente, tres tipos de imanes: naturales, artificiales y electroimanes.

Polos de un imán

Si tomamos un imán notaremos que la propiedad de atraer o rechazar sustancias magnéticas, se encuentra localizada en los extremos y nula en el centro. Estas partes del imán donde el poder de atracción o repulsión es mayor, se denominan polos magnéticos. Cuando se suspende un imán, se observa que este se orienta siempre en la misma dirección, aproximadamente norte y sur geográfico.

Al extremo del imán que señala el polo norte geográfico, se lo denomina Polo Norte Magnético y al opuesto, Polo Sur Magnético.



Líneas de fuerza

Son las líneas imaginarias a lo largo de las cuales actúan las fuerzas de atracción y repulsión.

Se dice que las líneas de fuerza salen por el polo norte y entran por el polo sur formando un circuito magnético cerrado.

Campo magnético

Se denomina campo magnético a toda la zona donde el imán ejerce su influencia sobre otros cuerpos magnéticos.

Atracción y repulsión

Polos de igual nombre se rechazan y polos de distinto nombre se atraen.

Flujo magnético

Es el número total de líneas de fuerza que salen por el polo norte y entran por el polo sur. Su unidad de medida es el Maxwell que equivale a una línea de fuerza.

Intensidad de campo magnético

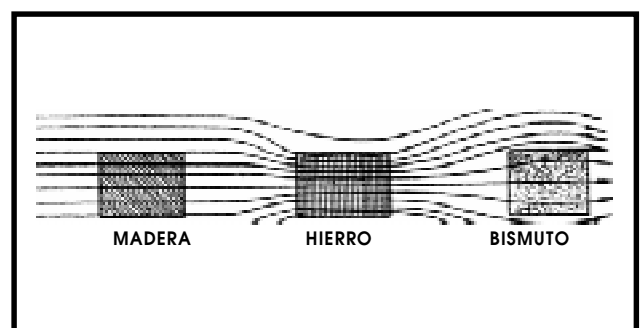
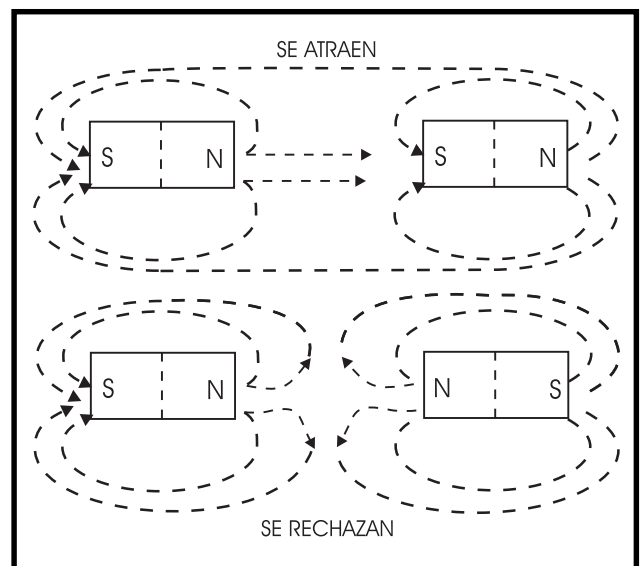
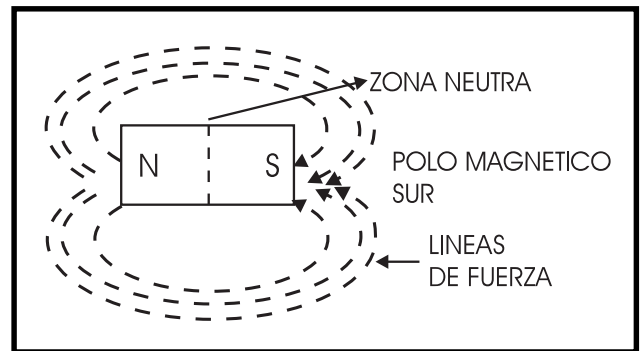
Es el número de líneas de fuerza por cm² de superficie, su unidad de medida es el Gauss o líneas/cm².

Permeabilidad magnética

Es la facilidad con que un material conduce las líneas de fuerza.

Su valor para el aire es 1,26 y su símbolo es la letra griega mu (μ), todos los materiales tienen un cierto μ (μ) y, de acuerdo a su valor, se los clasifica en:

- Diamagnéticos, con μ algo menor que la unidad.
- Paramagnéticos, con μ algo mayor que la unidad.
- Ferromagnéticos, con μ mucho mayor que la unidad.



ELECTROMAGNETISMO

El electromagnetismo se refiere al magnetismo resultante del paso de una corriente eléctrica. Siempre que por un conductor circule corriente eléctrica, se formará a su alrededor un campo magnético, este campo tiene forma circular concéntrica y será tanto mayor cuanto mayor sea la intensidad de la corriente circulante.

El sentido de las líneas de fuerza se determina por la regla de la mano izquierda: Se toma el conductor de manera tal que el pulgar indique el sentido de la corriente, los demás dedos indicarán el sentido de las líneas de fuerza.

Campo magnético en una espira

Al disponer un conductor en forma de espira se observa que de una de las caras salen las líneas de fuerza y por la cara opuesta entran.

La cara de la espira por donde salen las líneas de fuerza, será el polo norte y por donde entran, el polo sur, por lo tanto podemos considerar a la espira como un imán.

Campo magnético en una bobina

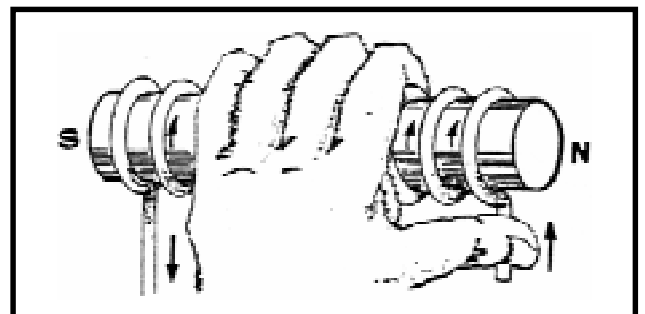
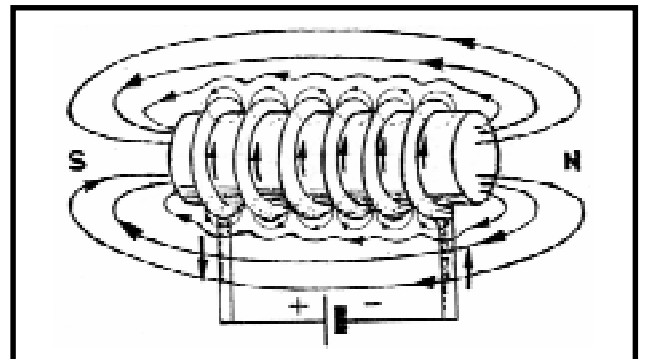
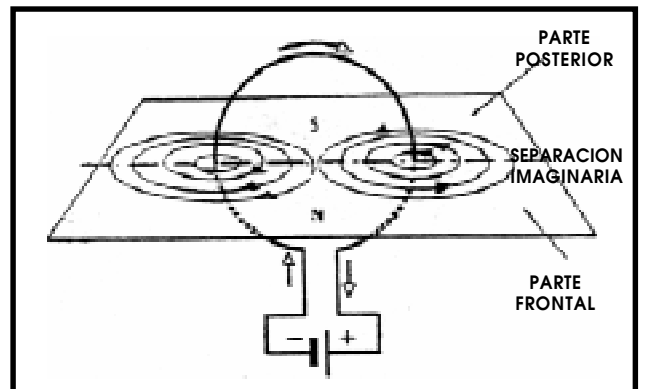
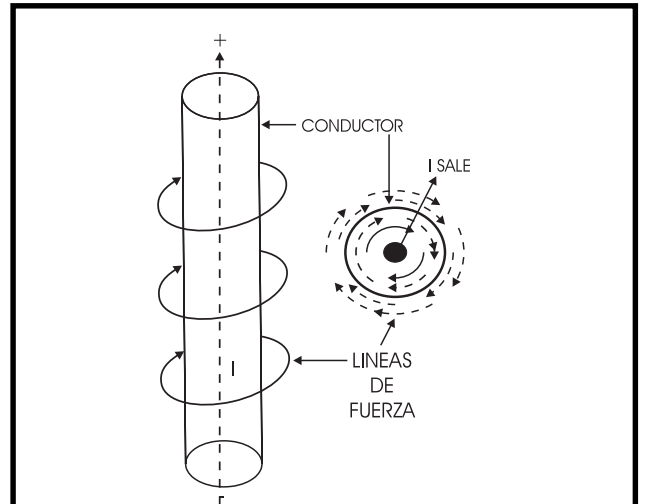
En una bobina podemos considerar que las espiras se encuentran paralelas entre sí, de esta manera, los campos magnéticos de cada una de ellas se sumarán, dando como resultado un campo magnético total con sus correspondientes polos magnéticos norte y sur.

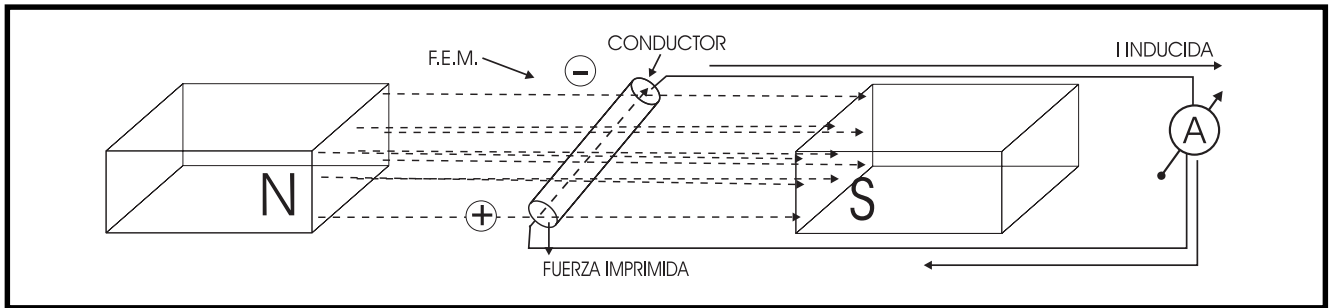
Para determinar los polos magnéticos de una bobina, se aplica la regla de la mano izquierda: se toma la bobina de manera tal que los dedos indiquen el sentido de la corriente y el pulgar extendido formando ángulo recto con los demás dedos indicará el polo norte magnético.

INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Se define como inducción de una F.E.M. (fuerza electro motriz) en un conductor que atraviesa o es atravesado por un campo magnético.

Siempre que un conductor o varios conductores se desplazan dentro de un campo magnético de manera tal que corten líneas de fuerza, se obtendrá en los conductores una F.E.M. Si el conductor en que se induce la F.E.M. forma un circuito cerrado





do, se obtendrá una corriente inducida. La polaridad de la F.E.M. depende del sentido de movimiento del conductor dentro del campo magnético; para determinar el sentido de la corriente inducida se aplica la regla de la mano izquierda: colocando la mano de modo que las líneas del campo magnético penetren por su palma y que el pulgar indique el sentido de la fuerza imprimida los otros dedos extendidos indicarán el sentido de la corriente inducida.

LEY DE LENZ

La ley de Lenz es la que gobierna el sentido de las corrientes inducidas y dice lo siguiente: las corrientes inducidas tienen sentido tal que la acción de sus campos magnéticos resultantes se oponen siempre a las causas que las producen.

En el ejemplo dado se observa, que al penetrar el imán en el extremo de la espira, se obtiene un polo magnético de igual nombre que por lo tanto rechaza el imán.

