

LECCION 3

TEORIA: LECCION N° 3

Los efectos de la Corriente Eléctrica

El desplazamiento de las cargas eléctricas por un medio determinado, o sea la circulación de la corriente eléctrica, puede ser responsable de diversos efectos. La energía comprendida en el movimiento de las cargas puede sufrir transformaciones y emplearse para producir trabajo. Se dice que una fuerza realiza un trabajo cuando puede usarse para alterar el estado de un cuerpo. Cuando elevamos un cuerpo de un nivel a otro, alterando así su estado (energía potencial), estamos realizando un trabajo; lo mismo sucede cuando comprimimos un resorte o calentamos un cuerpo. Veremos también en esta lección de qué modo los diversos efectos de la corriente eléctrica pueden usarse en aplicaciones prácticas, en la construcción de algunos dispositivos.

Coordinación: Horacio D. Vallejo

El efecto térmico de la corriente

Según estudiamos, existen materiales conductores y aislantes. Pero no existen ni conductores perfectos ni aislantes perfectos. En el caso del conductor, siempre existe una pequeña "dificultad" para el paso de la corriente eléctrica, de manera que para lograrlo, las cargas se ven obligadas a gastar una cierta cantidad de energía.

Se puede "medir" la energía disponible en el circuito por su tensión en relación a una referencia.

Es así que si conectamos un conductor entre los polos de una pila, veremos que circula una corriente que está determinada por sus características.

El hecho es que para pasar por este conductor, como muestra la figura 1, habrá que gastar energía, lo que significa que en cada pun-

to el potencial "cae" hasta alcanzar el mínimo cuando se ha completado el recorrido.

¿Adónde va la energía gastada en este caso?

Un conductor como el indicado convierte la energía eléctrica en calor.

El "**esfuerzo**" de las cargas para pasar por el conductor provoca la agitación de sus átomos, lo que se traduce, en función del efecto,

LOS EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

como calor.

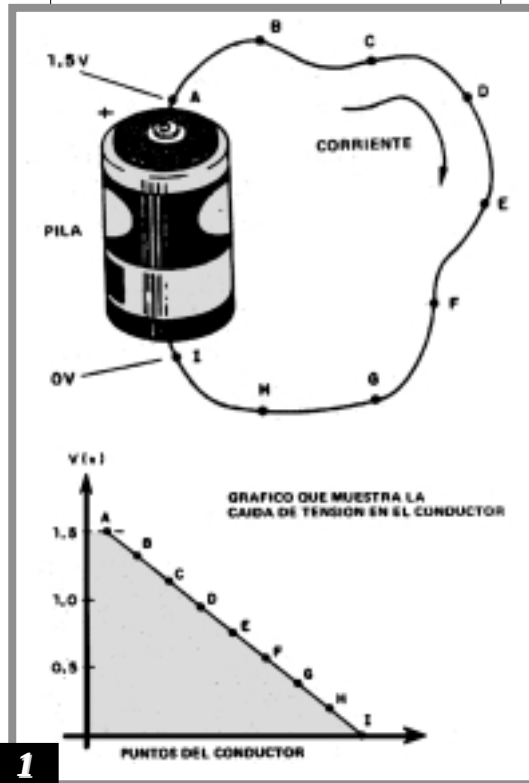
Un cuerpo con "**poca agitación**" de sus átomos está a una temperatura más baja que el que tenga "**mucha agitación**".

La cantidad de "calor" generado en un conductor por el pasaje de corriente depende de dos factores: de la tensión existente entre los extremos y de la corriente circulante. (La corriente depende de un tercer factor que se estudiará más adelante.)

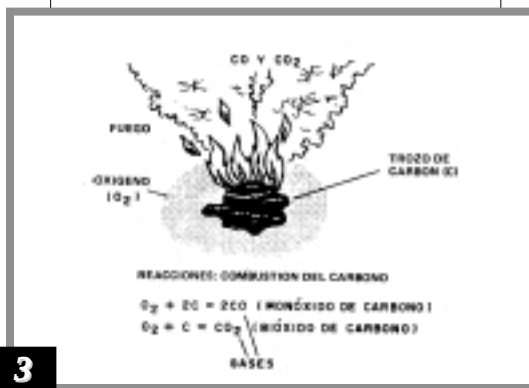
Aplicaciones prácticas:

Podemos aprovechar este efecto térmico de la corriente para construir diversos dispositivos. Podemos citar "**los calefones eléctricos**", que se usan en lugares donde no llega el gas natural, las canillas eléctricas y los calefactores de ambientes.

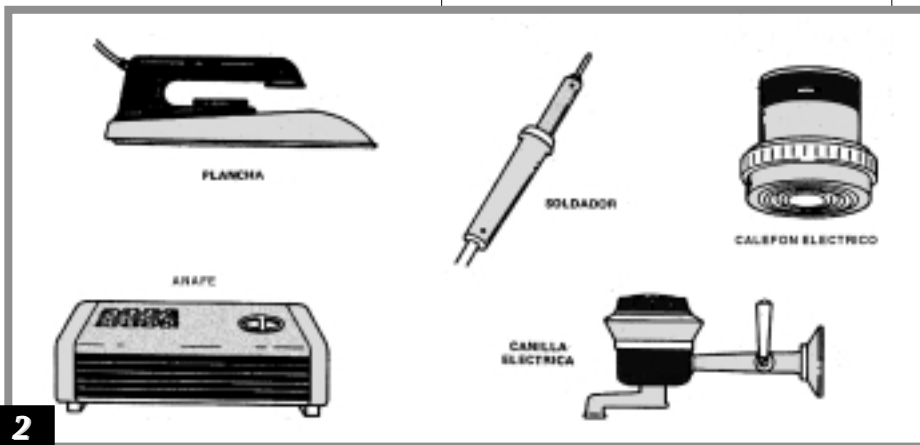
En éstos hay un cable de nicromo (aleación de níquel y cromo) que, al ser recorrido por la corriente, se calienta bastante y produce el calor que nos proporcionan esos aparatos (figura 2).



1



3



2

Se usa nicromo para dificultar el pasaje de la corriente, ya que facilita la producción de calor y porque resiste temperaturas altas.

El efecto térmico de la corriente consiste en la transformación de energía eléctrica en calor.

El efecto luminoso

Si se calienta un cuerpo a temperatura muy alta, puede emitir luz visible. Si se calienta una barra de hierro, llega hasta el punto en que se pone "**incandescente**" y emite luz rojiza. Si se calienta más, la luz se vuelve blanca.

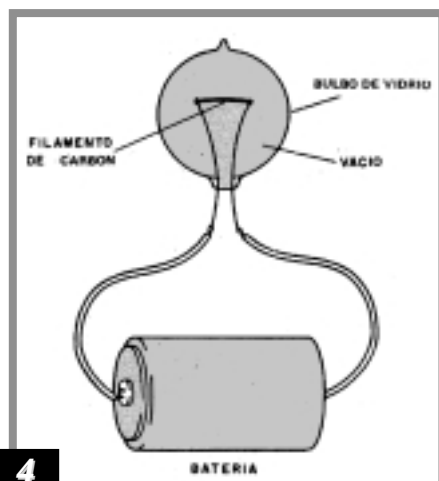
Al aire libre resulta muy difícil calentar un cuerpo a temperatura muy alta sin que resulte destruido. Lo que ocurre es que llega un punto en que el oxígeno de la atmósfera "ataca" el material y reacciona con él para producir nuevas sustancias. Decimos que el cuerpo "**se quema**".

La combustión de un cuerpo no es más que la reacción del oxígeno del aire con la materia del cuerpo (figura 3).

Si deseamos usar un trozo de metal calentado por una corriente, para producir luz, debemos evitar la acción del oxígeno ambiente.

Thomas Alva Edison pensó en eso al encerrar en un bulbo de vidrio la primera lámpara incandescente.

LOS EFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA



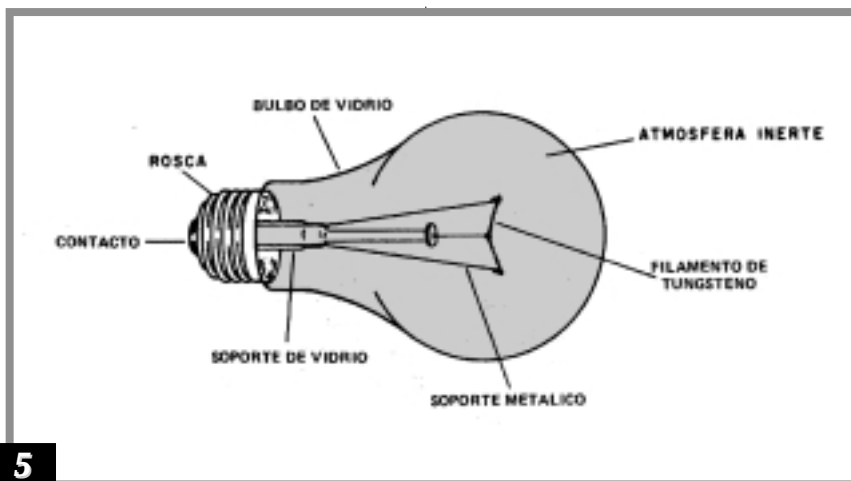
4

Edison quitó todo el aire del bulbo para que no pudiera atacar el filamento de carbono que utilizó (figura 4).

Las lámparas modernas poseen un filamento de un metal que soporta temperaturas muy elevadas, que es el tungsteno y también tiene la atmósfera del interior del bulbo sustituida por gases inertes, o sea gases que no atacan el metal.

Ahora no se hace más el vacío, como hacía Edison al quitar todo el aire, porque de esa manera se tiene una presión exterior muy grande contra una presión muy baja (casi nula) interior. Cualquier golpe o esfuerzo mecánico podía producir la "explosión" de la lámpara (figura 5).

La lámpara incandescente, como se la llama, "se quema" por diversos motivos: uno de ellos es la entrada gradual de aire, que lleva el oxígeno que ataca lentamente el filamento hasta que se rompe. Otra causa es la evaporación gradual del metal del filamento que se va "afinando" hasta que se parte. Por lo tanto, una lámpara común tiene una "vida útil" limitada.



5

Se debe tener presente que:
— **En la lámpara incandescente, el pasaje de corriente por el filamento lo calienta y produce luz.**

— **En el interior de la lámpara no puede haber oxígeno.**

Pero no sólo haciendo pasar una corriente por un metal podemos producir luz.

Cuando estudiamos las manifestaciones naturales de la electricidad, vimos que una de ellas era una enorme fuente de luz. Nos referimos al rayo. Una descarga eléctrica muy intensa puede hacer que el aire se vuelva "**luminoso**" y hacer que emita luz.

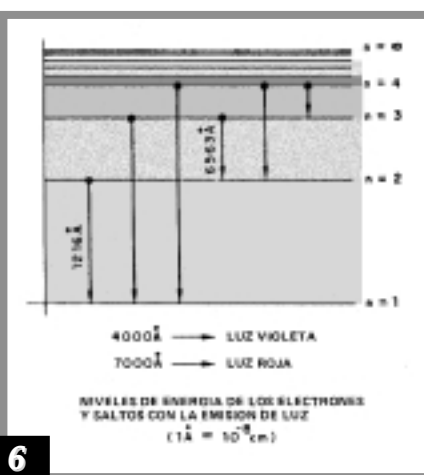
Podemos obtener el mismo fenómeno en otros gases para lo que basta que estén en ciertas condiciones de presión. Si colocamos en un tubo gases como el argón, el xenón, etc. (gases nobles), podemos tener los mismos efectos.

La aplicación de una tensión elevada en el tubo hace que se arranquen los electrones de las capas más externas de los átomos y cuando vuelven a su estado

normal, se emite luz. Decimos que los gases se ionizan y, conduciendo la corriente en ese proceso, emiten luz (figura 6).

Es lo que ocurre con las lámparas de neón y las lámparas fluorescentes (figura 7).

En las lámparas de neón se produce luz anaranjada, característica del gas, mientras que en las lámparas fluorescentes, en realidad la luz emitida es "invisible", es decir: la mayor parte del espectro que no vemos, que es la ultravioleta. Una fina capa de tinte especial se pasa por la cara interior del tubo para que la luz ultravioleta incidente se convierta en luz visible.



6



7

La ionización de los gases es acompañada por la emisión de luz.

Un poco de física y de cálculos

El grado de agitación de las partículas de un cuerpo nos da una magnitud que se llama temperatura. Cuanto más agitadas estén las partículas de un cuerpo, mayor será su temperatura.

Para medir la temperatura utilizamos los instrumentos denominados termómetros, de los cuales, el más común es el de mercurio, mostrado en la figura 8. Este se basa en la dilatación del metal (mercurio) que es lineal (o aproximadamente) en la franja en que se usa.

La escala de temperatura que usamos es la de **grados Celsius o centígrada**, en la que se fijan dos puntos (fusión del hielo y ebullición del agua) que corresponden a 0° y 100° .

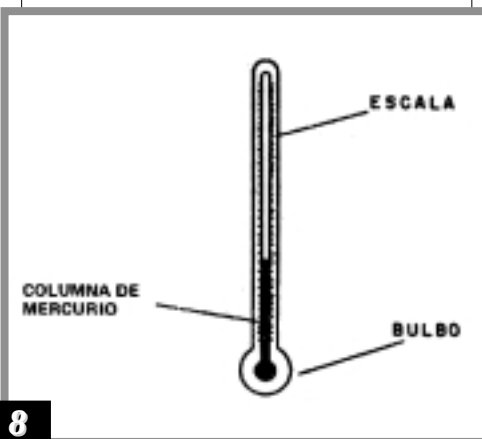
Pero para la física, ésta

no es una escala ideal. Cero grados no corresponde al punto en que cesa la agitación de las partículas de un cuerpo.

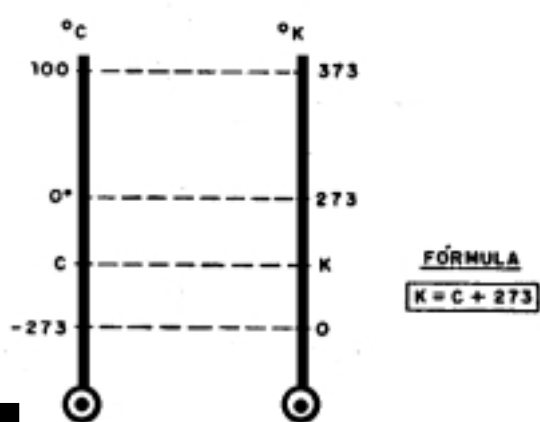
La temperatura a que eso ocurre corresponde a -273°C . A esa temperatura no existe agitación de las partículas del cuerpo. ¡Es el frío "absoluto" pues no existe movimiento más lento de agitación que la "detención"!

Una escala mejor para la física sería aquéllas que tuviera el cero grados en ese punto.

Esa escala existe y es la de los grados Kelvin ($^{\circ}\text{K}$). El 0°K corresponde a -273°C y el 0°C corresponde a 273°K . En la figura 9 mostramos las dos escalas comparadas.



8



9

Para convertir una temperatura en grados centígrados a grados Kelvin basta sumar "273". Por ejemplo, 100°C corresponden a 373°K .

Para convertir grados Kelvin (o absolutos) en centígrados (o Celsius) basta restar 273. Por ejemplo, 300°K corresponden a 27°C .

Existen otras escalas importantes usadas para medir temperaturas y una de ellas es la de los grados Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$). En esta escala, el punto de ebullición del agua corresponde a 212° y el de fusión del hielo a 32° (figura 10).

Para convertir una temperatura, de $^{\circ}\text{C}$ en $^{\circ}\text{F}$ se puede establecer una fórmula (1), tal como se muestra en la misma figura.

— La temperatura es el grado de agitación de las partículas de un cuerpo.

Puede preguntarse lo siguiente: ¿Por qué las lámparas incandescentes suelen quemarse generalmente cuando las encendemos?

Este es un hecho interesante, que tal vez hayan notado muchos lectores. Usted ya se dio cuenta de que en la mayor parte de los casos las lámparas se queman en el momento exacto en que usted acciona el interruptor para encenderlas. No es una simple casualidad. En ese momento el filamento está frío y por consiguiente contraído. Si estuviera gastado o con cualquier problema, en el momento en que se establece

LOS EFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA

la corriente el impacto es mayor y, por lo tanto, la probabilidad de que se rompa también es mayor.

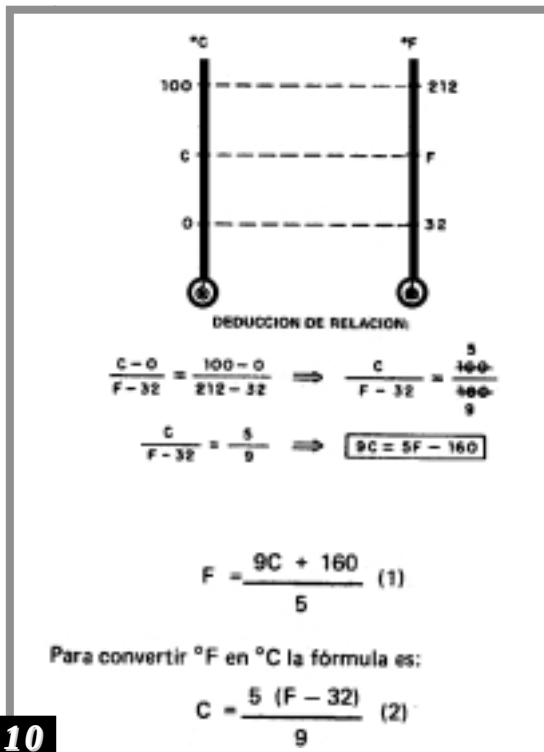
¿Qué es lo que realmente se quema?

—La combustión es la reacción entre el oxígeno y otro elemento (o sustancia). El oxígeno "**oxida**" y este fenómeno puede acompañarse con la producción de luz y calor, formando entonces una llama. Para que haya combustión es preciso un combustible (sustancia que se quema) y un comburente (oxígeno).

En una atmósfera en que no exista oxígeno, no puede haber combustión.

¿Existe el cero absoluto de temperatura?

—Si la temperatura está dada por la agitación de las moléculas de



10

un cuerpo, si no hubiera materia no habría temperatura. Se puede decir entonces que en el espacio vacío, donde haya vacío absoluto, la temperatura será el cero absoluto porque no existe materia. Pero en los

laboratorios se han alcanzado temperaturas próximas al cero absoluto. A esa temperatura tan baja ocurren cosas interesantes en los materiales. El oxígeno se convierte en sólido y los metales se hacen conductores perfectos que se llaman "**superconductores**". En la tabla 1 tenemos el nombre y la composición de algunas aleaciones usadas en la fabricación de elementos de calefacción de aparatos eléctricos y su temperatura máxima de operación. En la tabla 2 damos los puntos de fusión de algunos metales.

El efecto químico de la corriente

Estudiamos que determinadas sustancias, cuando se disuelven en agua, pueden originar cargas capaces de transportar electricidad. Esos conductores, denominados **soluciones iónicas**, como el agua y la sal, al conducir la co-

Tabla 1

Constantan (58,8% Cu; 40% Ni; 1,2% Mn).....	500°C
Fechrál (80% Fe; 14% Cr; 6% Al)	900°C
Plata alemana (65% Cu; 20% Zn; 15% ni)	150-200°C
Manganina (85% Cu; 12% Mn; 3% Ni)Niquelina (54% Cu; 20% Zn; 26% Ni).....	150-200°C
Nicromo (67% Ni; 15% Cr; 16% Fe; 1,5% Mn)	1.000°C
Reostan (84% Cu; 12% mn; 4% Zn).....	150-200°C

Tabla 2

Aluminio	658,7°C
Bronce	900°C
Hierro	1.100 a 1.200°C
Cobre	1.083°C
Oro	1.063°C
Plomo	327°C
Mercurio	-38,9°C
Níquel	1.452°C
Plata	960,5°C
Acero	1.300 a 1.400°C
Estaño	231,9°C

LOS EFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA

riente eléctrica manifiestan ciertos fenómenos producidos.

Debemos entonces distinguir dos tipos de fenómenos: los físicos y los químicos.

Se dice que ocurre un fenómeno físico cuando no se altera la naturaleza de la materia que lo manifiesta. Cuando calentamos un pedazo de hierro tenemos un fenómeno físico, pues tanto frío como caliente, el material es hierro.

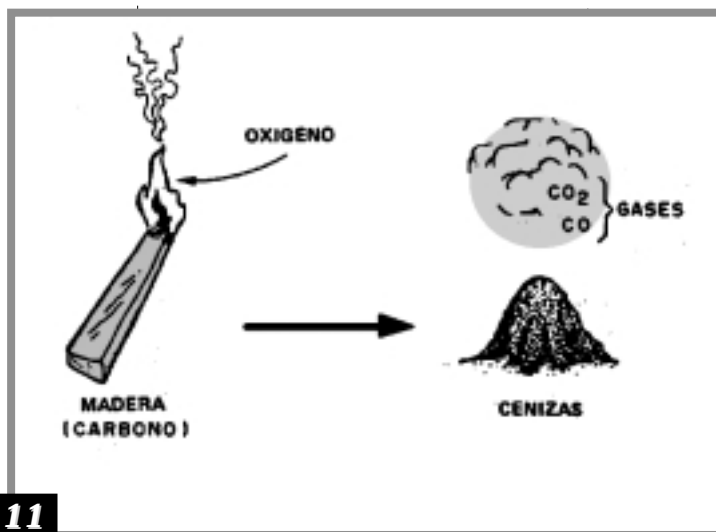
En un fenómeno químico se produce la alteración de la naturaleza de la materia. Cuando algo se quema, por ejemplo, antes tenemos madera y después tenemos cenizas y gases de naturaleza completamente diferente (figura 11).

¿Qué tipo de alteración puede ocurrir cuando una corriente eléctrica pasa por una solución conductora?

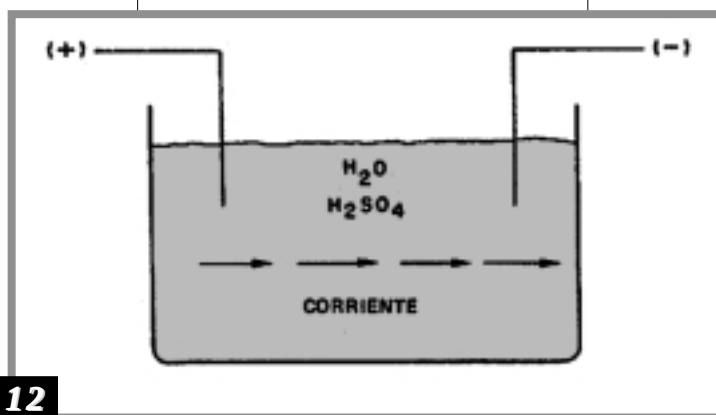
Podemos tomar como ejemplo el caso más importante que es la electrolisis del agua.

Si agregamos al agua pura un poco de ácido sulfúrico (H_2SO_4) el agua se vuelve conductora (figura 12).

Conectando dos cables a esa solución de manera que mediante una batería podamos hacer circular corriente, notaremos que



11

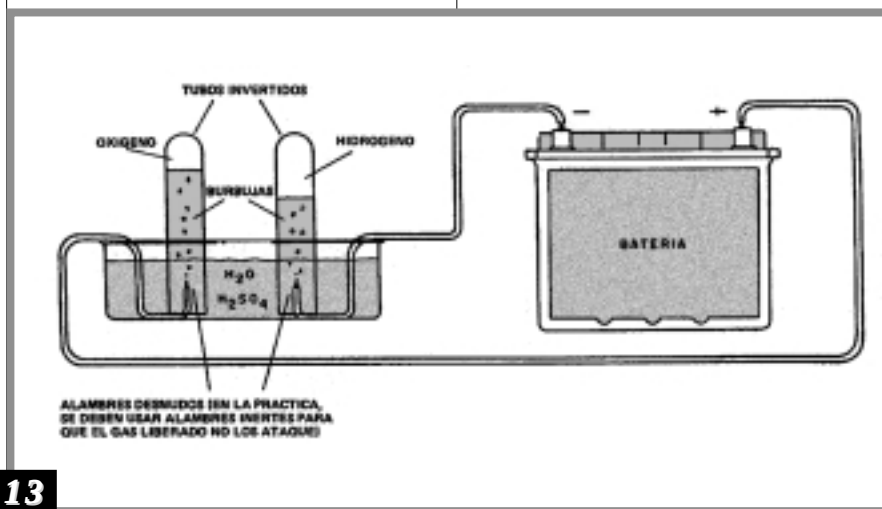


12

ocurre un fenómeno de naturaleza química.

En los extremos pelados de los cables aparecen burbujas de gas

Lo que ocurre entonces, cuando pasa la corriente eléctrica, es la separación de los elementos que forman el agua, o sea la descom-



13

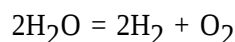
que se desprenden. Podemos recoger las burbujas en tubos invertidos como muestra la figura 13. Analizando los gases recogidos, veremos que en un tubo tenemos hidrógeno (H_2) y en el otro, oxígeno (O_2).

¿De dónde sale el gas?
Por la proporción de los gases que recogemos vemos que tenemos doble volumen de hidrógeno respecto del volumen de oxígeno.

¿Qué sustancia tiene en su composición el hidrógeno y el oxígeno en la proporción de 2 a 1 que no sea el agua?

LOS EFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA

posición del agua según la ecuación química:



En la electrólisis del agua ocurre la separación de sus componentes. El ácido sulfúrico permanece inalterado y sirve sólo para movilizar las cargas que forman la corriente.

Otro fenómeno en que se manifiesta el efecto químico de la corriente es la galvanoplastia.

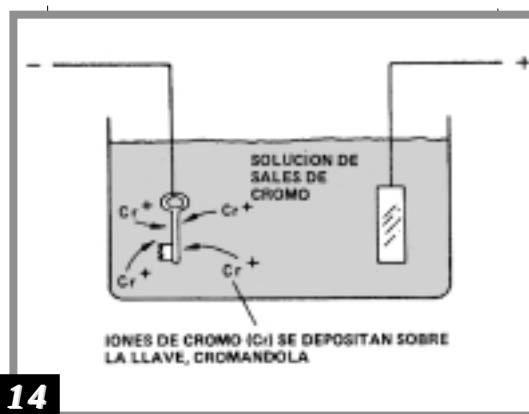
En la figura 14 se muestra de qué modo una corriente eléctrica puede usarse para depositar una fina película de metal sobre un cuerpo unido al polo negativo de una batería.

La solución que se emplee depende del material (metal) que se quiere depositar, como por ejemplo el níquel (caso del niquelado) o el cromo (para el cromado) o el oro (para el dorado), etc.

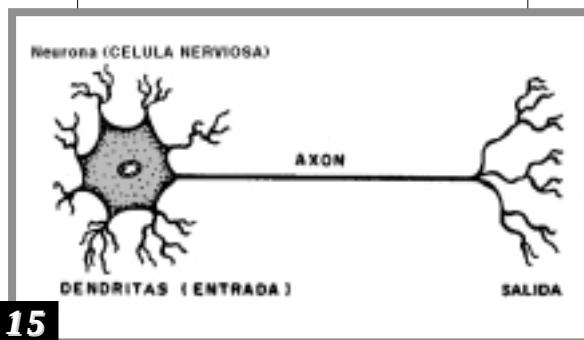
El efecto fisiológico

Podemos decir que nuestro cuerpo es una solución conductora. En él existe un medio acuoso con muchas sales minerales disueltas.

Por otra parte, nuestro sistema nervioso funciona sobre la base de corrientes eléctricas que llegan al cerebro y partiendo de él, traen y llevan informaciones.



14



15



16

Las células nerviosas, cuyo aspecto se muestra en la figura 15, son las que conducen los impulsos nerviosos.

Los impulsos entran por terminaciones denominadas dendritas y salen por una terminación llamada axón. Una verdadera red de células de este tipo informa al cerebro sobre todo lo que pasa en nuestro

cuerpo. son nuestros sensores eléctricos.

Podemos tomar un caso imaginario para describir el funcionamiento del sistema nervioso:

Supongamos que, sin darse cuenta, usted apoya la mano sobre un cigarrillo encendido (figura 16).

El calor generado, que puede quemarle la piel, es detectado por una terminación nerviosa que se encarga de transmitir al cerebro una señal de peligro. Esta señal pasa por una serie de nervios hasta llegar al cerebro que es la "**central de procesamiento**" de las informaciones, así llega al departamento "**competente**" que deberá tomar la decisión sobre la acción a seguir en ese caso.

Es evidente que la decisión es la de retirar la mano de ahí. Los impulsos de retorno ordenan contraer los músculos que mueven el brazo y la mano para retirarla del lugar y entonces se realiza la acción.

En la práctica todo eso toma solamente 0,1 segundo.

Vemos entonces que corrientes eléctricas llevan y traen las informaciones que hacen funcionar nuestro organismo.

Por supuesto que las corrientes que "vienen de afuera" pueden interferir fácilmente con el funcionamiento de nuestro organismo y causar sensaciones desagradables, dolores y muerte.

LOS EFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA

Es el caso del shock eléctrico. Cuando usted toca un cable, una corriente puede circular a través del cuerpo, en procura, normalmente, de llegar a tierra que se encuentra a un potencial más bajo (figura 17).

Diversos factores determinan la intensidad de la corriente como, por ejemplo, el hecho de que la piel esté húmeda o no.

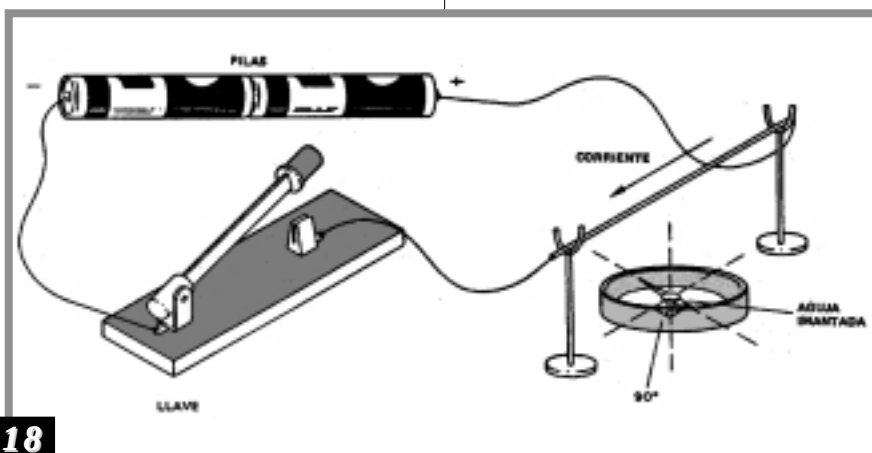
Si la corriente fuera débil, la sensación es un hormigueo desagradable, que estimula el sistema nervioso. Si fuera muy fuerte puede producir dolor, quemaduras y lo que es peor: la muerte.



Una corriente muy intensa puede paralizar el sistema nervioso causando la muerte.

Un hecho importante que puede suceder es la parálisis de la persona en el momento del shock. La persona no puede moverse y tiene la sensación de estar "**pegada**" al cable y al aparato que produce el shock. Por otra parte, puede haber un fuerte estímulo que actuando sobre los músculos hace que éstos se contraigan o distiendan y arrojen lejos a la persona. El individuo dirá entonces que fue rechazado violentamente por la electricidad, cuando en realidad fue el estímulo que produjo la distensión de sus músculos.

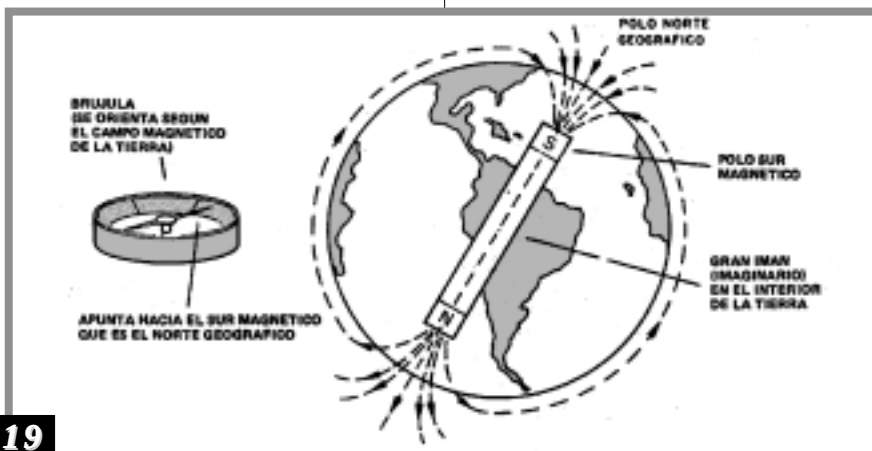
La intensidad de la corriente que puede causar la muerte puede obtenerse con facilidad a partir de las tensiones disponibles en la red local de alimentación y en muchos aparatos electrónicos. Debe tenerse sumo cuidado cuando se manejan esas fuentes de energía.



El efecto magnético

Un profesor dinamarqués de la escuela secundaria llamado **Hans Christian Oersted** observó que colocando una aguja imantada cerca de un cable conductor, cuando se establecía la corriente en el conductor, la aguja se desplazaba hasta tomar una posición perpendicular al cable, como se muestra en la figura 18.

Como deben saber los lectores, las agujas imantadas procuran adoptar una posición determinada, según el campo magnético te-



LOS EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

restre, dando origen a la brújula (figura 19).

El movimiento de la aguja imantada sólo revela que las corrientes eléctricas producen campos magnéticos y también facilita el establecimiento exacto de la orientación de este campo, o sea su modo de acción.

Como en el caso de los campos eléctricos podemos representar los campos magnéticos por líneas de fuerza. En un imán, como se muestra en la figura 20, esas líneas salen del polo norte (N) y llegan al polo sur (S).

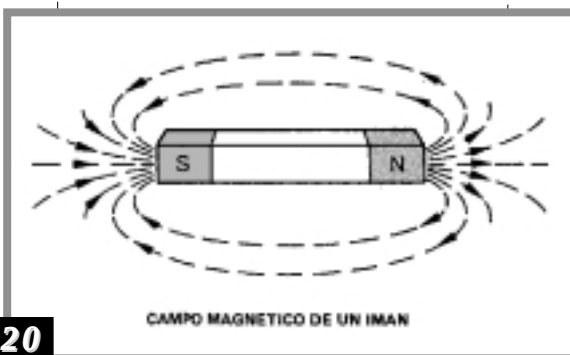
Para la corriente eléctrica que fluye en el conductor, verificamos que las líneas de fuerza lo rodean como muestra la figura 21.

Representando con una flecha la corriente que fluye del positivo hacia el negativo, tenemos una regla que permite determinar cómo se manifiesta el campo.

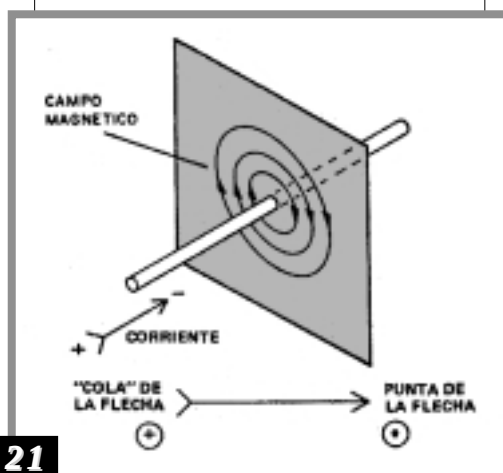
Con la flecha que entra en la hoja (corriente entrante), las líneas son concéntricas, con orientación en el sentido horario (sentido de las agujas del reloj).

Para la corriente que sale, las líneas se orientan en el sentido antihorario (figura 22).

El hecho importante es que, disponiendo de manera determinada conductores recorridos por corrientes de formas determinadas, podemos obtener campos magnéticos muy fuertes, útiles en la construcción de diversos dispositivos.



20



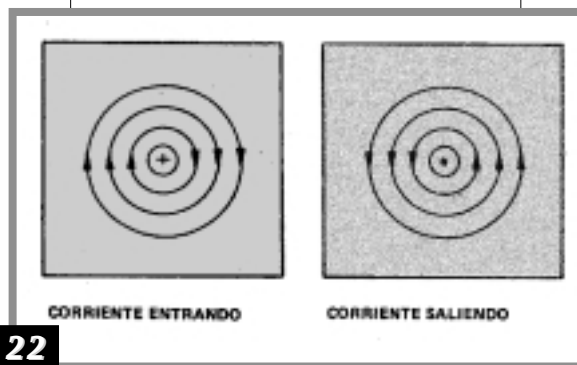
21

En la figura 23 mostramos algunos aparatos que funcionan aprovechando el efecto magnético de la corriente eléctrica.

Debe tener en cuenta que:

Una corriente eléctrica siempre genera un campo magnético.

Esto es importante pues nos indica que este fenómeno es el único que se manifiesta siempre.



22

Basta que haya corriente, no importa dónde ni cómo para que exista un campo magnético asociado.

Cálculos importantes

Es muy importante saber cómo suceden las cosas en términos eléctricos pero mucho más importante para el proyectista es saber calcular a qué intensidad de corriente ocurre el fenómeno. Para el efecto químico de la corriente existen dos leyes que nos permiten determinar la cantidad de sustancia liberada o depositada por una corriente eléctrica. Son las **Leyes de Faraday** para electrólisis y la **galvanoplastia**.

Primera Ley de Faraday

Esta ley establece que la masa de sustancia liberada en un electrodo durante una electrólisis, es proporcional a la cantidad de cargas eléctricas (Q) que pasan por el electrolito (que es la sustancia conductora o sea la solución formada por el agua y una sustancia que se disocia en iones).

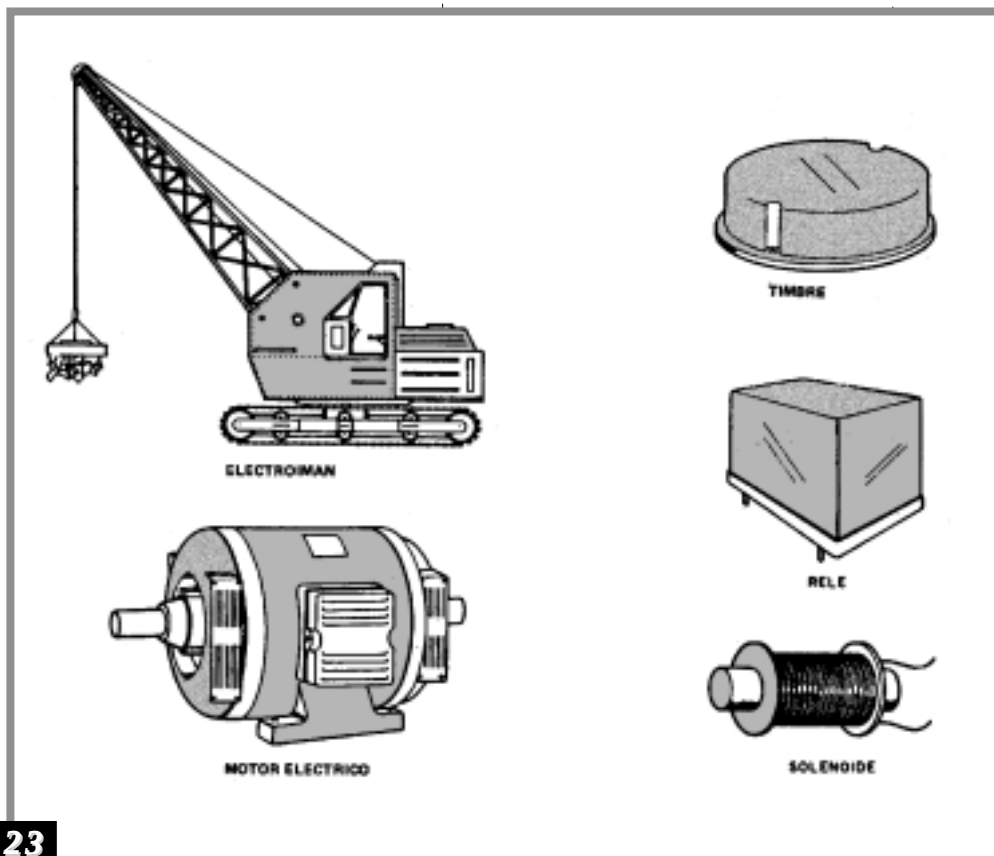
La fórmula es:

$$m = K \cdot Q \quad (3)$$

Donde:

m es la masa de sustancia

LOS EFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA



Z es la valencia.

Vamos a dar un ejemplo de la aplicación de esta fórmula.

Ejemplo

¿Cuál es la cantidad de oxígeno liberada en una electrólisis en que una corriente de 2A circula durante 1 minuto?

En este caso comenzamos a calcular la cantidad total de carga. Para eso multiplicamos la corriente por el tiempo:

$$Q = I \cdot t$$

$$Q = 2 \cdot 60$$

$$Q = 120 \text{ Coulomb}$$

Después, recordando que para el oxígeno $Z = 2$ y $A = 16$, aplicamos la

23

liberada,

Q es la cantidad de cargas en Coulombs que pasa por la solución,

K es el equivalente electroquímico de la sustancia que se calcula mediante la segunda Ley de Faraday.

La Segunda Ley de Faraday

La segunda ley establece que el equivalente electroquímico de una sustancia (**k**) es proporcional al equivalente químico que es la relación entre el peso atómico y la valencia o A/Z .

La constante **c** que aparece en la fórmula tiene siempre el mismo valor.

Esa constante está dada por la

relación $C = 1/F$ en la que **F** es la cantidad de carga que al pasar por la solución libera un equivalente de la sustancia deseada. Esa cantidad **F** equivale a 96.500 Coulombs y se llama "Faraday".

Así ya podemos escribir la fórmula final para calcular la cantidad **m** de sustancia liberada:

$$m = \frac{Q \cdot A}{96.500 \cdot Z}$$

Donde:

Q es la cantidad de cargas que pasa por la solución,

A es el peso atómico de la sustancia liberada,

fórmula:

$$m = \frac{Q \cdot A}{96.500 \cdot Z}$$

$$m = \frac{120 \cdot 16}{96.500 \cdot 2}$$

Tabla 3

Ion	K	Ion	K
H ⁺	0,0104	CO ₃ ⁻⁻	0,3108
O ⁻⁻	0,829	Cu ⁺⁺	0,3297
Al ⁺⁺⁺	0,936	Zn ⁺⁺	0,3387
OH ⁻	0,1762	Cl ⁻	0,3672
Fe ⁺⁺⁺	0,1930	SO ₄ ⁻⁻	0,4975
Ca ⁺⁺	0,2077	NO ₃ ⁻	0,642
Na ⁺	0,2388	Cu ⁺	0,6590
Fe ⁺⁺	0,2895	Ag ⁺	1,118

LOS EFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA

$$m = 1.920/293.000$$

$$m = 0,00655 \text{ g}$$

Como el lector puede percibir, la cantidad liberada, en peso, no es de las mayores.

Una pregunta muy común

"Lo que mata en un shock eléctrico, ¿es la corriente o la tensión?"

—Según ya vimos, la tensión es la causa y la corriente un factor. No hay corriente, por lo tanto, no hay shock, sin que haya tensión.

La corriente es realmente la que mata pues es la que produce

el efecto que estudiamos, pero sólo existe si hay tensión.

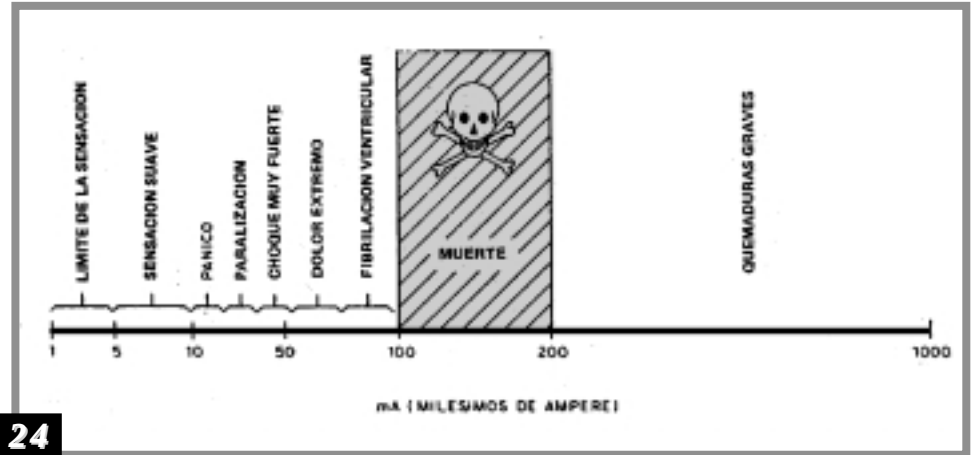
Información útil

En la tabla 3 damos los equivalentes químicos de algunos iones y

el factor K de la 1ª Ley de Faraday.

(Los signos + y - indican la carga y la valencia, es decir el número de cargas elementales transportadas por cada ion.)

Por último, en la figura 24 tenemos los efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano. ***



24