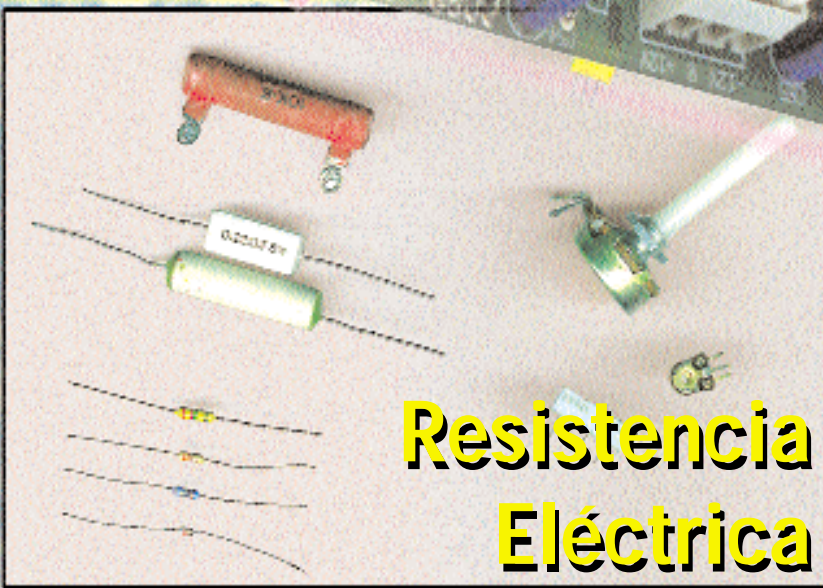


El Mundo de la Electrónica

TV
AUDIO
VIDEO
COMPUTADORAS



Resistencia Eléctrica

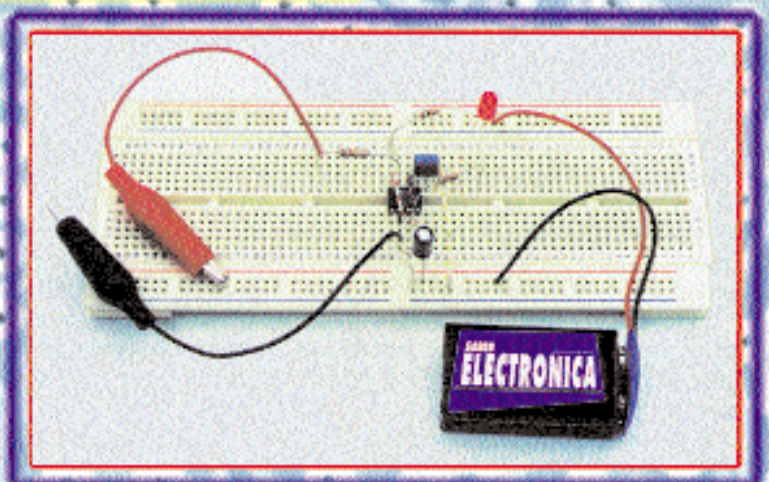
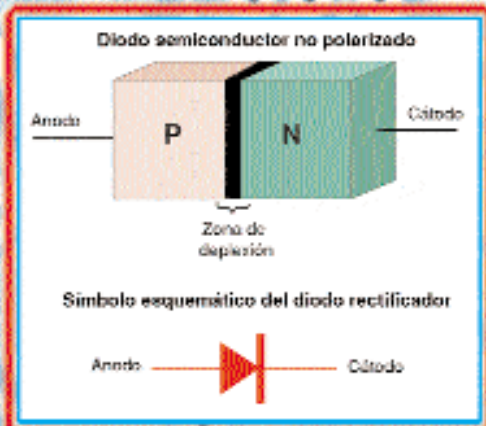
ES UNA EDICION ESPECIAL DE

SABER

EDICION ARGENTINA

ELECTRONICA

Diodos Semiconductores



MICROPROCESADORES

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 3

RESISTENCIA ELECTRICA

La resistencia eléctrica	35
Unidad de resistencia	35
La ley de Ohm	36
Resistividad	37
Circuito eléctrico	38
Otra vez la ley de Ohm	39
Cálculo de la corriente	40
Cálculo de la resistencia	40
Cálculo de la tensión	41
Los resistores en la práctica	41
La ley de Joule.....	42
Unidades de potencia, energía y calor.....	43
Calor específico de los materiales.....	44

DIODOS SEMICONDUCTORES

Introducción	44
Diodos semiconductores	45
Diodo rectificador	46
Diodo zéner	47
Diodo de corriente constante	47
Diodo de recuperación en escalón,	47
Diodo invertido	47
Diodo túnel.....	47
Diodo varicap	48
Diodo varistor	48
Diodo emisor de luz.....	48

Cupón Nº 3

Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo \$5

Nombre: _____
para hacer el canje, fotocopie este cupón y
entréguelo con otros dos.

Capítulo 3

Resistencia Eléctrica

LA RESISTENCIA ELÉCTRICA

La cantidad de agua que sale de un caño, como se muestra en la figura 1, depende de la altura del tanque (comparable a la "presión" o tensión) y del espesor del caño. La analogía eléctrica de este fenómeno se estudiará enseguida.

Pensando en la analogía con un depósito de agua, vemos que el flujo por el caño depende en gran parte del espesor del mismo. En un caño más grueso el agua encuentra menor "resistencia" y puede fluir con más facilidad. El resultado es un flujo mucho más intenso y por consiguiente una cantidad mayor de agua. con la electricidad ocurre lo mismo.

Si tenemos una fuente cualquiera de energía eléctrica capaz de proporcionar cargas en cantidades limitadas, que a la vez hace de tanque, la unión con un cable conductor entre los polos de la fuente hace que la corriente pueda fluir y eso nos lleva a un comportamiento semejante al del tanque de agua (figura 2).

La intensidad de la corriente que va a fluir, es decir, el número de "amperes" no depende sólo de la tensión de la fuente sino también de las características del conductor. Estudiamos que los materiales se comportan de modo diferente en relación a la transmisión de cargas. No existen conductores perfectos. Y además, el cable conductor puede ser fino o grueso, largo o corto.

Si el cable fuera fino y largo, de material mal conductor de la electricidad, el flujo será muy pequeño. La corriente encontrará una gran "resistencia" u "oposición" a su circulación. Si el cable fuera de un buen material conductor, corto y grueso, la oposición al pasaje de corriente será mínima y la corriente intensa (figura 3).

El efecto general de un cable de un cuerpo cualquiera que es recorrido por una corriente se denomi-

na **Resistencia Eléctrica**.

Podemos definir la resistencia eléctrica como:

"Una oposición al pasaje de la corriente."

La resistencia eléctrica de un conductor depende de diversos factores, como la naturaleza del material de que está hecho el conductor y del formato (longitud, espesor, etc.).

Unidad de resistencia

Si conectamos un conductor a un generador (pila) u otra fuente de energía que establezca una tensión de 1V y verificamos que es un recorrido por una corriente de 1A (1 amper) de intensidad, podemos decidir entonces que el conductor presenta una resistencia de 1 ohm (Ω).

El ohm, abreviado Ω , es la unidad de resistencia. La letra griega omega mayúscula se utiliza para la abreviatura (figura 4).

Podemos, como en el caso de la corriente y la tensión, usar múltiplos y submúltiplos del ohm para representar resistencias grandes y chicas. Es más común el uso de múltiplos.

Es así que si tuviéramos una resistencia de 2.200 ohms, podemos, en lugar de ese número, escribir 2k2 ó 2,2k, donde k significa "kilo" o 1.000 ohm. Vea que podemos usarlo al final del número o en lugar de la coma decimal.

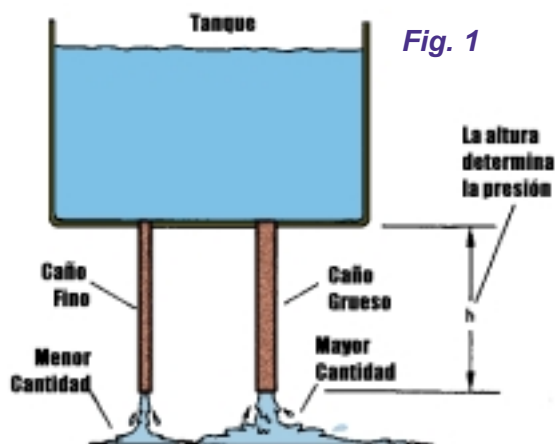


Fig. 1

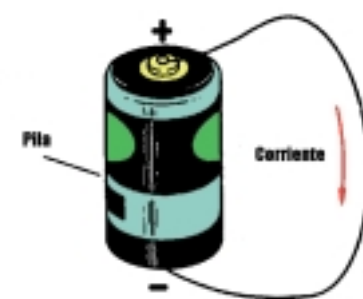
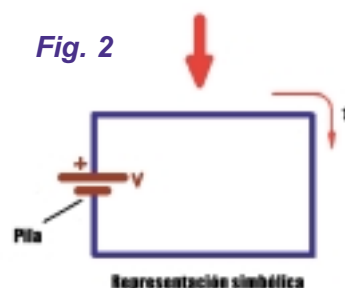


Fig. 2



Del mismo modo, si tuviéramos una resistencia de 1.500.000 ohm podemos escribir 1M5 ó 1,5M Ω donde M significa "Mega" o millones de ohm.

Vea en este caso que también la

Fig. 3



Fig. 4

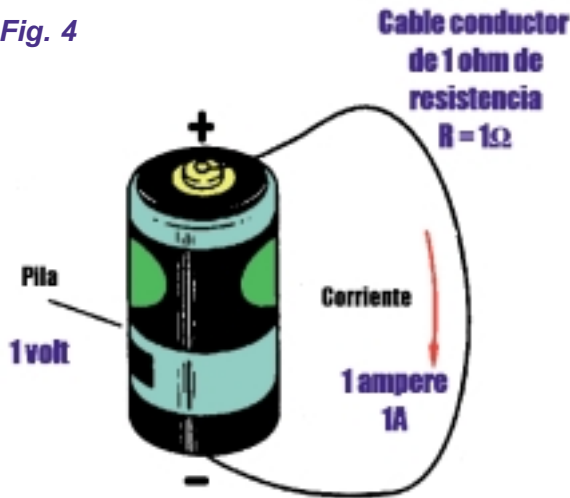
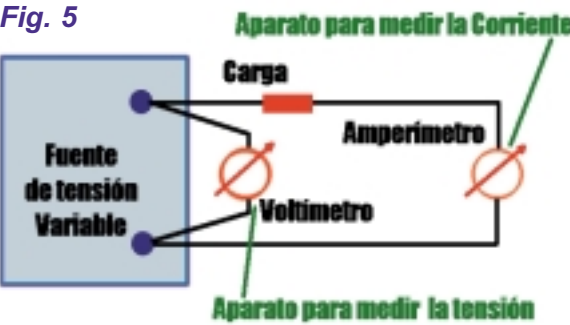


Fig. 5



letra M puede usarse al final del número o en lugar de la coma decimal.

1/0,2 = 5
5/1,0 = 5
8/1,6 = 5

LA LEY DE OHM

Una de las leyes más importantes de la electricidad es la Ley de Ohm. Para enunciarla, conectemos a la fuente de energía eléctrica que establezca tensiones diferentes, un cable conductor que presente cierta resistencia y midamos las corrientes correspondientes, comprobaremos que se dan determinadas situaciones que permitirán verificar esta importante ley (figura 5). Lo que hacemos entonces es aplicar al conductor diferentes tensiones y anotar las corrientes correspondientes. Si tenemos una tensión de 0V la corriente será nula. Si tenemos una tensión de 1V, la corriente será de 0,2A. Si tenemos una tensión de 2V, la corriente será de 0,4A. Podemos ir anotando sucesivamente las tensiones y las corrientes

correspondientes para este conductor determinado y formar una tabla:

Tensi n Corriente

(V).....(A)	
0.....0	
1.....0,2	
2.....0,4	
3.....0,6	
4.....0,8	
5.....1,0	
6.....1,2	
7.....1,4	
8.....1,6	
9.....1,8	
10.....2,0	

sión (V) por la corriente (I). (En las fórmulas representamos las tensiones por E o V y las corrientes por I). Podemos establecer la importante fórmula que expresa la Ley de Ohm:

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

Para calcular la resistencia de un conductor (o de otro elemento cualquiera) basta dividir la tensión entre sus extremos por la corriente que circula en el elemento. De la fórmula obtenemos otras dos:

$$V = R \times I \quad (2)$$
$$I = V/R(3)$$

Analizando la tabla sacamos dos conclusiones importantes:

1) Dividiendo la tensión por cualquier valor de la corriente obtenemos siempre el mismo número:

La primera nos permite calcular la "ca da de tensi n en un cable" o cuántos volt cae la tensión a lo largo de un conductor en función de su resistencia. La segunda nos da la corriente, cuando conocemos la tensión y la resistencia de un conductor.

2) Graficando los valores de las tensiones y corrientes de un conductor obtenemos la representación siguiente (figura 6). Unidos los puntos obtenemos una recta inclinada. Esta recta es la "cur va características de una resistencia". Si se tienen dos conductores con otras resistencias, podemos hacer los gráficos y obtener "curvas" con inclinaciones diferentes (figura 7).

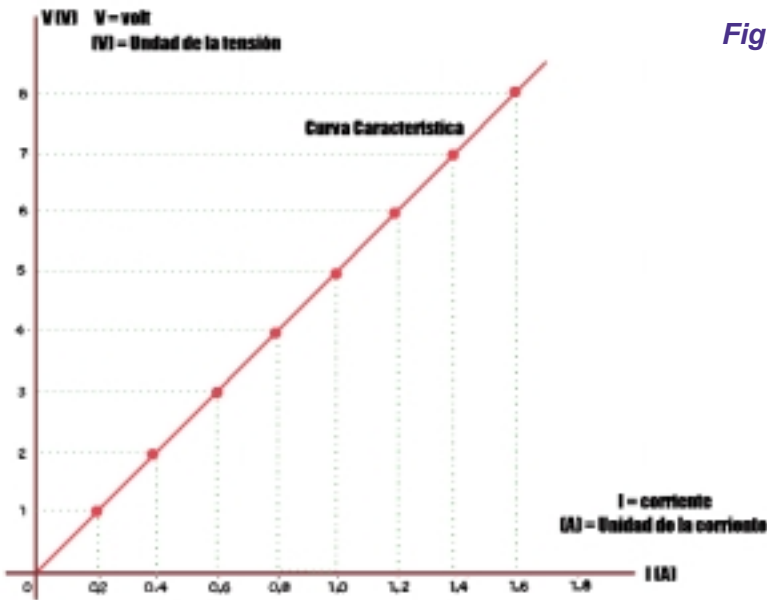


Fig. 6

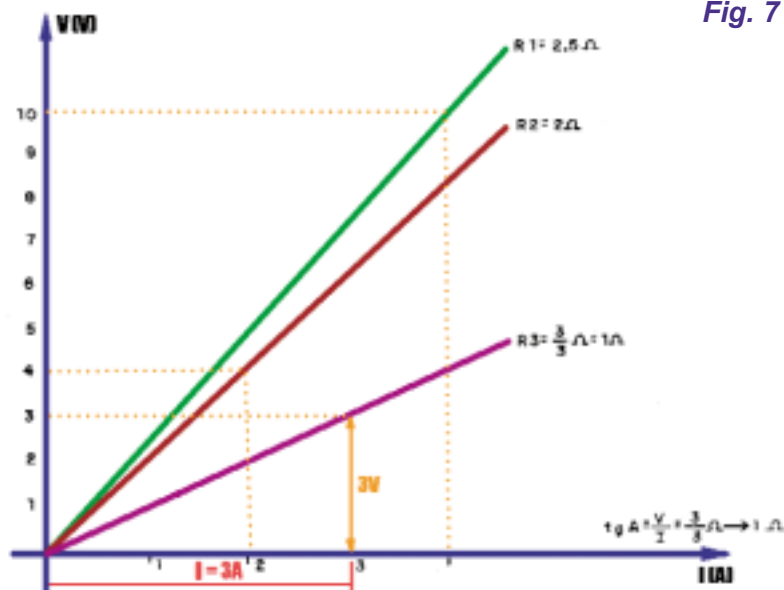


Fig. 7

mensiones del cuerpo final que formará, sea un cable, una barra, una esfera, etc.

La resistividad se representa con la letra griega ρ (ro) y al final de esta lección se dará una tabla comparativa de resistividades de los metales comunes. Vemos entonces que, respecto de las resistividades, al del aluminio es de:

$$0,028 \text{ ohm. mm}^2/\text{m}$$

y la del cobre es bastante menor:

$$0,017 \text{ ohm.mm}^2/\text{m}$$

¿Qué significan esos valores?

Significa que si hacemos un cable (alambre) de cobre de 1 m de longitud y 1 mm² de sección, tendrá una resistencia de 0,0175 ohm.

La sección recta es el área del corte transversal del alambre como muestra la figura 11.

La inclinación de la "curva" se mide por la tangente (tg) del ángulo.

Esa tangente es justamente el valor dado de la tensión por la corriente correspondiente, como muestra la figura 8. La tangente del ángulo A (tgA) corresponde entonces a la resistencia del conductor.

Es importante que recuerde que:

- El cociente de la tensión y la corriente en un conductor es su resistencia.

- En un conductor la corriente es directamente proporcional a la tensión.

- La "curva característica" de un conductor que presente una cierta resistencia, es una recta.

jando de lado la longitud y el espesor, podemos analizar los diversos materiales en función de una magnitud que caracteriza a los conductores de la electricidad.

Es así que decimos que el cobre es mejor conductor que el aluminio, en el sentido de que si preparáramos un cable de cobre y otro de aluminio, de la misma longitud y espesor, el cable de cobre presentará menor resistencia (figura 10).

Existe entonces una magnitud, la "resistividad" que caracteriza el material de que está hecho el conductor eléctrico y que no depende de las di-

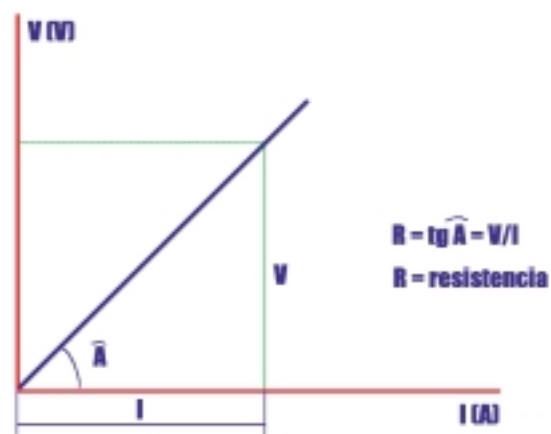


Fig. 8

Relaciones trigonométricas

$$\begin{aligned} \text{Sen } \hat{A} &= h/a \\ \text{cos } \hat{A} &= c/a \\ \text{tg } \hat{A} &= h/c \end{aligned}$$

Curvas de Dipolos no Lineales

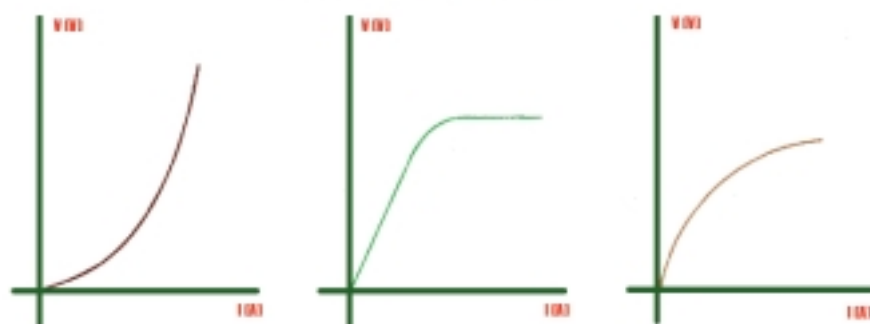


Fig. 9

RESISTIVIDAD

Como vimos la resistencia de un conductor depende de tres factores: longitud, espesor y tipo de material. De-

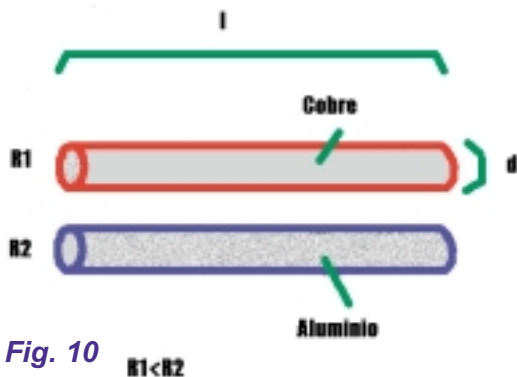


Fig. 10 $R1 < R2$

como buen o mal conductor de la electricidad.

¿Qué es lo que realmente causa la resistencia de un material, un metal, por ejemplo?

—La oposición al pasaje de la corriente eléctrica por el material, o sea que la resistencia depende de la cantidad de electrones libres que el material posee, además de la existencia de fuerzas que pueden alterar su movimiento.

En un metal, por ejemplo, la cantidad de electrones libres depende, en parte, de su temperatura, pero la misma temperatura hace que la agitación de las partículas aumente, esto dificulta el movimiento de las cargas. Entonces, tenemos para los metales una característica importante: como la agitación de las partículas (átomos) predomina en relación a la liberación de las cargas, la resistividad aumenta con la temperatura.

Para los metales puros, el coeficiente de temperatura, o sea la manera en que aumenta la resistividad, está cerca del coeficiente de expansión térmica de los gases que es $1/273 = 0,00367$.

¿Qué significa decir que la corriente es directamente proporcional a la tensión, en el caso de la Ley de Ohm?

— Tiene mucha importancia entender ese significado pues aparece en muchas leyes físicas relativas a la electricidad. Decir que una corriente es directamente proporcional a la tensión significa que a cualquier aumento o disminución de la tensión (causa) corresponde en relación directa un aumento o disminución de corriente. En el caso de aumentar la tensión el 20%, la corriente aumentará en la misma proporción. En la relación de proporción directa, las magnitudes que intervienen aparecen

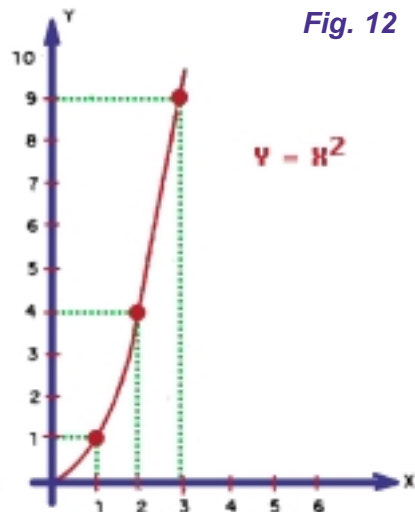


Fig. 12

Vea que tenemos alambres con corte circular y también con corte cuadrado. Si sus superficies fueran iguales, en el cálculo son equivalentes.

La fórmula que permite calcular la resistencia de un cable de metal cualquiera, conociendo su resistividad, es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \quad (4)$$

Donde:

ρ es la resistividad en ohms. mm²/m
 L es la longitud del cable en metros
 S es la superficie de la sección transversal en mm²

Si el cable fuera de sección circular, la superficie puede calcularse en función del diámetro mediante la fórmula siguiente:

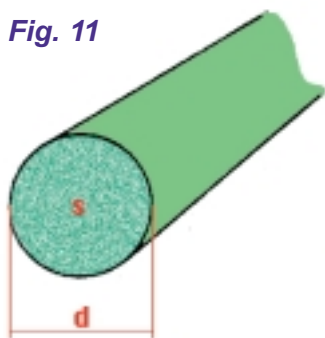
$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde:

D es el diámetro del cable en mm.

La resistividad es una magnitud inherente al material, que lo caracteriza

Fig. 11



$$S = \frac{\pi d^2}{4}$$

$S = \text{area}$
 $d = \text{diámetro}$

siempre con el exponente "1".

En este caso, la tensión y la corriente en la Ley de Ohm no están elevadas al cuadrado ni a otro exponente como sucede en otros tipos de relación.

En la relación $X = Y^2$, por ejemplo, existe una relación de proporción directa al cuadrado. Puede decirse en este caso que **"X es directamente proporcional al cuadrado de Y"**.

Vea que todos los valores están en el numerador.

En la relación $X = 1/Y^2$ puede decirse que X es inversamente proporcional al cuadrado de Y, pues Y está al cuadrado y en el denominador.

En la figura 12 se muestran curvas que representan relaciones directamente proporcionales al cuadrado e inversamente proporcionales al cuadrado. Ahora bien, ¿siempre que haya una tensión y un cable va a circular corriente?

La respuesta es NO. Para que circule corriente y se verifique la Ley de Ohm, debe existir un circuito cerrado; por ello, veamos que nos dice la Ley de Ohm desde otro enfoque.

CIRCUITO ELÉCTRICO

La aplicación de cargas eléctricas con signo contrario a los extremos de un conductor no es suficiente para lograr una corriente eléctrica constante, pues solo se lograría la circulación, por un momento, de flujo de corriente eléctrica, hasta que las cargas de los extremos se hayan neutralizado, tal como se muestra en la figura 13.

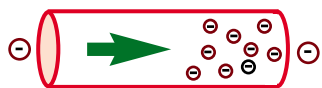


Fig. 13

AL APLICAR CARGAS ELÉCTRICAS A UN CONDUCTOR, SE PRODUCE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA QUE DESAPARECE CUANDO SE NEUTRALIZAN DICHAS CARGAS

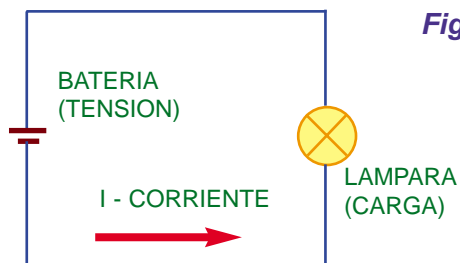
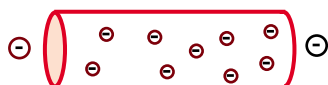


Fig. 14

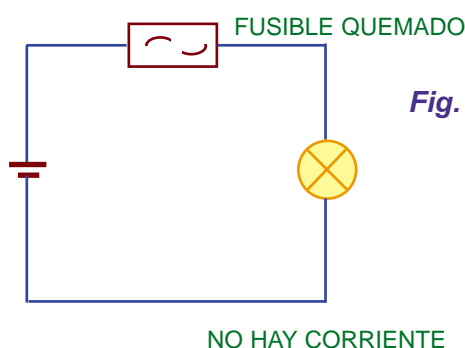


Fig. 15

Para que en un conductor haya corriente eléctrica, los electrones libres deberán moverse constantemente en una misma dirección, lo que se consigue por medio de una fuente de energía para aplicar las cargas de signo contrario a los extremos del conductor; las cargas negativas serán atraídas por las cargas positivas del otro extremo. Por cada electrón que dé la fuente al conductor por el lado negativo, existirá otro en el lado positivo; entonces la corriente fluirá de manera constante mientras se mantengan aplicadas al conductor las cargas eléctricas de la fuente de energía, por tanto, se llama circuito cerrado o completo (figura 14).

Un claro ejemplo de fuentes de energía eléctrica son las baterías y las pilas. Para que haya flujo constante de corriente, el circuito deberá estar cerrado o completo. Ahora, si

corriente continua, la resistencia es lo único que se opone al paso de la corriente y determina su valor. Si el valor de la resistencia fuera muy pequeño, la corriente a través del circuito sería demasiado grande. Por lo tanto, el cortocircuito es la condición de resistencia muy baja entre los terminales de una fuente de tensión. Se dice que un circuito está en corto cuando la resistencia es tan baja que el exceso de corriente puede perjudicar los componentes del circuito; los fusibles y los tipos de interruptores automáticos protegen los circuitos contra el peligro de los cortocircuitos.

OTRA VEZ LA LEY DE OHM

Sabiendo que la corriente que fluye por un circuito cerrado depende de la tensión aplicada y de la resis-

tencia de la carga, podemos hacer las siguientes observaciones: Recordemos que una fuente de tensión origina una corriente eléctrica en un circuito cerrado, y que la resistencia del circuito se opone a ella; por lo tanto, hay una estrecha relación entre la tensión, la corriente y la resistencia, lo que fue descubierto por el físico alemán OHM, quien después de varios experimentos hizo estas comprobaciones:

tencia de la carga, podemos hacer las siguientes observaciones:

Recordemos que una fuente de tensión origina una corriente eléctrica en un circuito cerrado, y que la resistencia del circuito se opone a ella; por lo tanto, hay una estrecha relación entre la tensión, la corriente y la resistencia, lo que fue descubierto por el físico alemán OHM, quien después de varios experimentos hizo estas comprobaciones:

a) Si la resistencia del circuito se mantiene constante y se aumenta la tensión, la corriente aumenta.

b) Si en el mismo circuito se disminuye la tensión, la corriente disminuye proporcionalmente.

Ohm, de lo anterior, dedujo que: **"la corriente, en cualquier circuito, es directamente proporcional a la tensión aplicada"**.

Y además:

c) Si la tensión de la fuente se mantiene constante y se cambia la resistencia del circuito por otra mayor, la corriente disminuye.

d) Si en el mismo circuito la resistencia disminuye, el valor de la corriente aumenta.

OHM dedujo: "la corriente es inversamente proporcional a la resistencia del circuito".

La relación entre corriente, tensión y resistencia constituye la ley fundamental de la electricidad y se conoce como **"LEY DE OHM"**, que se resume así:

"en todo circuito eléctrico, la corriente es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del circuito".

Matemáticamente se expresa así:

$$I = \frac{V}{R}$$

que nos muestra que la corriente en un circuito es igual al valor de la tensión dividido por el valor de la resistencia. Hay también otras dos fórm-

Fig. 16 R

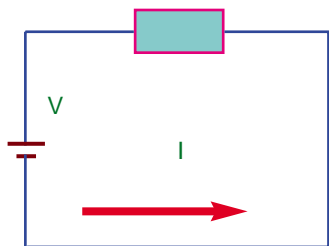
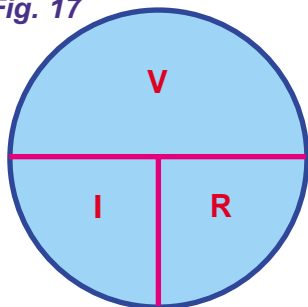


Fig. 17



mulas útiles de la ley de Ohm y son:

$$R = \frac{V}{I}$$

que nos muestra que la corriente es igual a la tensión dividida por la corriente y

$$V = I \cdot R$$

que nos muestra que la tensión es igual a la corriente multiplicada por la resistencia (figura 16).

Recordemos siempre las 3 fórmulas de la Ley de Ohm, ya que son muy importantes, y las usaremos frecuentemente. Al comienzo es imprescindible tener el gráfico de la figura 17 a la vista, pues ahí tenemos las formas de la ley de Ohm. Si necesitamos calcular I , la tapamos y nos queda V/R ; si queremos calcular R , tapamos y nos queda V/I ; y si necesitamos calcular V , tapamos y nos queda $I \cdot R$.

CÁLCULO DE LA CORRIENTE

Si necesitamos calcular cualquiera de los 3 factores intervinientes en un circuito eléctrico, es mejor estar seguros, en primer término, de cuál es el factor que se desconoce, —la incógnita— y después elegir la ecuación apropiada para resolver el problema, tal como se muestra en la figura 18. Se debe encontrar el valor

de la corriente que circulará en el circuito de la figura, formado por: una fuente de energía de 200V, una resistencia de 40Ω y un fusible que soporta 6A máximo.

¿Se excederá la capacidad del fusible al cerrar el interruptor?

El primer paso será el de determinar el valor de la corriente que circulará por el circuito cuando se cierre el interruptor.

Usaremos la ecuación:

$$I = \frac{V}{R}$$

entonces:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{200V}{40\Omega} = 5A$$

Teniendo como resultado que si la corriente es solamente de 5A, la capacidad del fusible no será sobrepasada y éste no se quemará; pero, pensemos qué pasará si se usa una resistencia de 10Ω en el circuito.

Hagamos el mismo cálculo usando la misma ecuación:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{200V}{10\Omega} = 20A$$

La corriente de 20 amperes resultante excederá la capacidad del fusible, que es solamente de 6 amperes, y éste se fundirá al cerrar el interruptor (figura 19).

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA

Si queremos calcular el valor de la resistencia necesaria para producir una cierta cantidad de corriente en un circuito con una tensión dada, usaremos la segunda ecuación de la ley de Ohm:

$$R = \frac{V}{I}$$

En el circuito de la figura 20 fluye una corriente de 5 amperes cuando

Fig. 18 FUSIBLE DE 6A

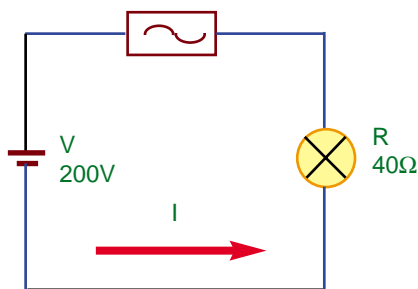
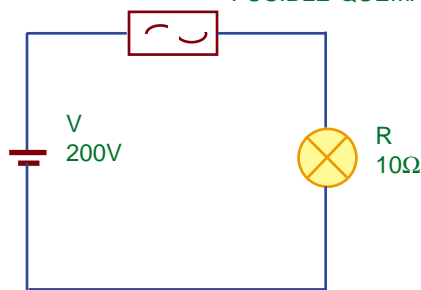


Fig. 19

FUSIBLE QUEMADO



NO HAY CORRIENTE

Fig. 20

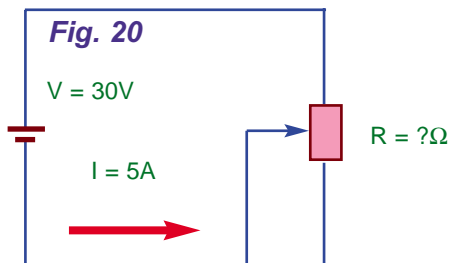
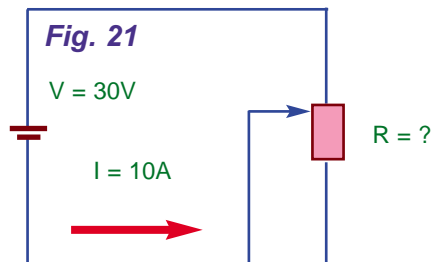


Fig. 21



el reostato se ajusta a la mitad de su valor.

¿Cuál será el valor de la resistencia del circuito si la batería es de 30 volt?

$$R = \frac{V}{I} = \frac{30V}{5A} = 6\Omega$$

La figura 21 nos muestra que la corriente por el circuito es de 10A; *¿cuál será en este caso el valor de la resistencia?*

Usamos otra vez la misma ecuación para resolver el problema.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{30V}{10A} = 3\Omega$$

Entonces queda expuesto que, para duplicar el valor de la corriente, debe disminuirse la resistencia a la mitad.

CÁLCULO DE LA TENSIÓN:

La tensión de un circuito puede calcularse por la tercera fórmula de la ley de Ohm: $V = I R$

El foquito del circuito señalado en el diagrama de la figura 22 tiene una resistencia de 200Ω y al cerrar el interruptor circula por él una corriente de 1 ampere;

¿Cuál será la tensión de la batería?

Aquí la incógnita es la tensión; luego, la ecuación a usar será:

$$V = IR$$

$$V = I \cdot R = 1A \times 200\Omega = 200V$$

Después de estar encendido durante algunas horas, por el circuito del foco solamente circulan 0,5 ampere. La batería se agotó, *¿cuál será la tensión que ahora entrega el circuito?* (figura 23).

$$V = I R = 0,5A \cdot 200\Omega = 100V$$

La corriente disminuyó a la mitad porque la tensión se redujo a la mitad de su valor.

LOS RESISTORES EN LA PRÁCTICA

En las aplicaciones prácticas puede resultar necesario ofrecer una cierta oposición al pasaje de la corriente. Eso puede hacerse con finalidades diversas, como por ejemplo: reducir la intensidad de una corriente muy intensa para un fin determinado, transformar la energía eléctrica en calor y también reducir la tensión que se aplique a un elemento de un aparato. En electrónica encontramos, entonces, el uso de dispositivos cuya finalidad es justamente ofrecer una oposición al pasaje de una corriente, o sea que presentan "resistencia eléctrica". Estos dispositivos se denominan "resistores".

Los resistores son, de todos los componentes electrónicos, los más comunes y aparecen en gran cantidad en los aparatos. El funcionamiento de los resistores es uno de los temas de esta lección.

El otro tema se refiere a lo que sucede con la energía eléctrica en los resistores. El efecto térmico que estudiamos anteriormente es el más importante manifestado por los resistores y su tratamiento es fundamental en los proyectos de aparatos. La importante ley que rige la transformación de energía eléctrica en calor, en los resistores, es la Ley de Joule, que también se trata en este capítulo.

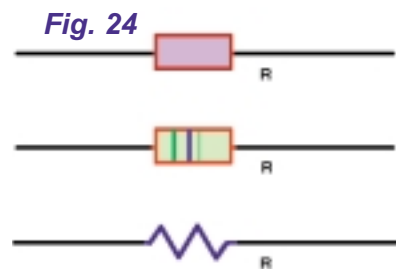
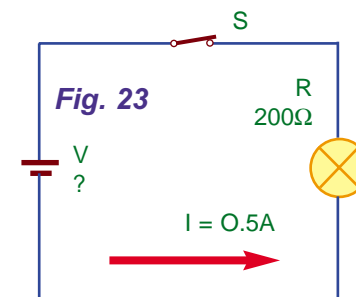
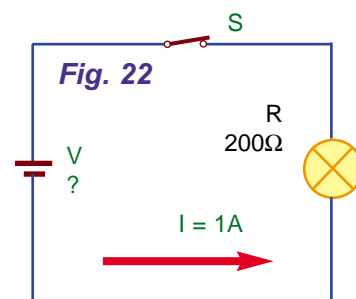
Los resistores son bipolos que siguen la Ley de Ohm, o sea, dispositivos en los que dentro de una banda determinada de tensiones, la corriente es directamente proporcional, lo que significa una resistencia constante.

En la figura 24 mostramos los tres símbolos más comunes que se usan en la representación de resistores.

En los diagramas en que se representan muchos resistores, éstos se identifican con la letra "R" seguida del número de orden 1, 2, 3, etc. que indica la posición del componente en el circuito. Junto con la identificación del resistor puede citarse su valor en las unidades que ya conocemos, como el ohm y sus múltiplos (kilohm y megahom).

En la figura 25 se ven algunos tipos de resistores (cuya construcción se tratará en la próxima lección).

En verdad, los conductores pueden considerarse como resistores de valores muy bajos, ya que no existen conductores perfectos. Solamente cuando necesitamos resistencia por encima de un cierto valor es que hacemos uso de componentes específicos. Una resistencia de fracción de



ohm puede obtenerse cortando un trozo de conductor de largo y espesor determinados. Para una resistencia mayor, digamos 1.000Ω o 100.000Ω , necesitamos ya un componente específico pues el cable empleado para eso tendría una longitud prácticamente imposible. Es así que el material usado en la construcción de los resistores depende fundamentalmente de la resistencia que deseamos que presente.

La Ley de Joule

La energía eléctrica puede convertirse en energía térmica, o sea en

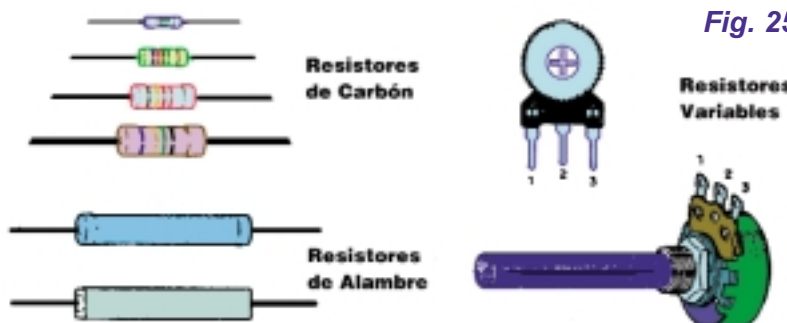


Fig. 26

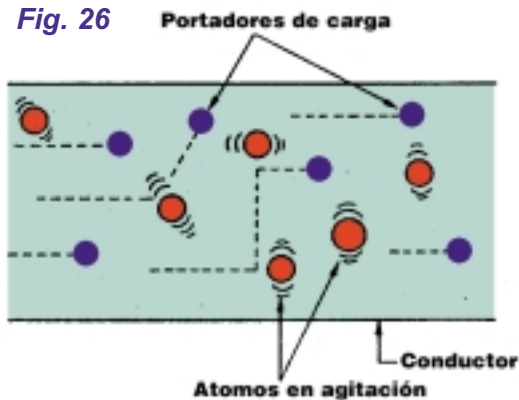


Fig. 27



calor es una forma de energía mientras que la temperatura indica el estado de agitación de las partículas de un cuerpo.

Cuando calentamos un cuerpo, aumenta la agitación de sus partículas y eso significa que la temperatura sube. Pero si tenemos dos porciones diferentes de agua, vemos que una necesita más tiempo que la otra para calentarse a la misma temperatura. Esto significa que la cantidad de energía térmica que debemos entregar a una es mucho mayor que la otra, o sea que precisa mayor cantidad de calor (figura 27).

Es así que después de calentadas, las dos cantidades de agua, aun con la misma temperatura, representan distin-

tas cantidades de calor. El efecto térmico de la corriente eléctrica, que fue tema de lecciones anteriores, mostró al lector que su utilidad práctica es muy grande, por la cantidad de aparatos que podemos construir.

Pero, *¿cuál es el origen del efecto térmico?*

Cuando una corriente eléctrica encuentra oposición a su pasaje, el "esfuerzo" que tiene que efectuar para poder pasar se convierte en calor.

Los portadores de carga que forman la corriente eléctrica "chocan" con los átomos del material conductor y aumentan su agitación y, por consiguiente, su temperatura (figura 26). Podemos sacar en conclusión que en todo medio que presenta una cierta resistencia al pasaje de una corriente, siempre hay producción de calor. En un resistor, todo esfuerzo que se gasta para que pase la corriente se transforma en calor.

Recuerde

—En los resistores, la energía eléctrica se convierte en calor (energía térmica).

Por supuesto que el lector no debe confundir calor con temperatura. El

lante. Llamando P a la potencia, I a la intensidad de la corriente y V a la tensión entre sus extremos, podemos escribir la expresión matemática de la Ley de Joule:

$$P = V \times I$$

Eso quiere decir que, para calcular la potencia que se convierte en calor en un resistor, debemos multiplicar la corriente por la tensión en el resistor y el resultado se obtendrá en watt (si la corriente estuviera dada en amperes y la tensión en volt, ¡claro!).

Ejemplo: en un resistor conectado a una fuente de energía de 10V, circula una corriente de 2A.

¿Cuál es la potencia convertida en calor?

$$I = 2A$$

$$V = 10V$$

Por lo tanto:

$$P = I \times V$$

$$P = 2 \times 10$$

$$P = 20 \text{ watt}$$

El resistor convierte en calor una potencia de 20 watt.

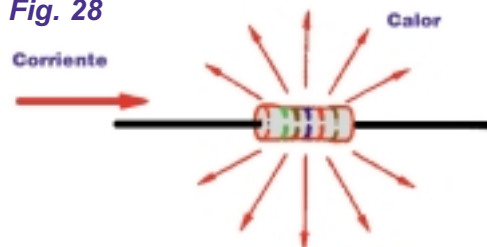
Ahora, como la circulación de la corriente en un resistor está regida por la **Ley de Ohm**, podemos calcular también la potencia en función de la resistencia. Partiendo de la relación $R = V/I$ podemos llegar a dos nuevas expresiones de la **Ley de Joule**.

$$P = V^2 / R$$

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

La primera se usará cuando queramos calcular la potencia en función de la tensión y la resistencia, en cambio, la segunda, cuando queramos calcular la potencia a partir de la resistencia y la corriente.

Fig. 28



Toda energía se convierte en calor

Fig. 29

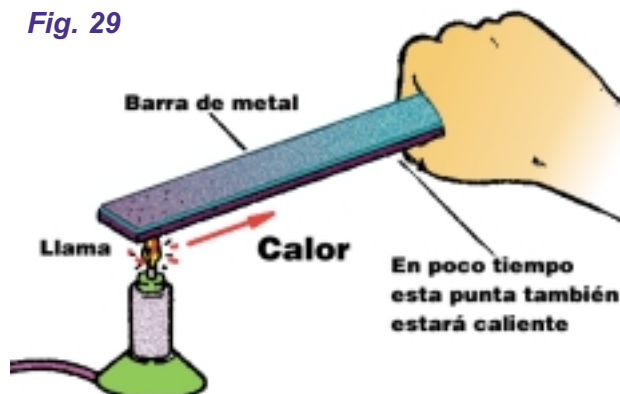


Fig. 31

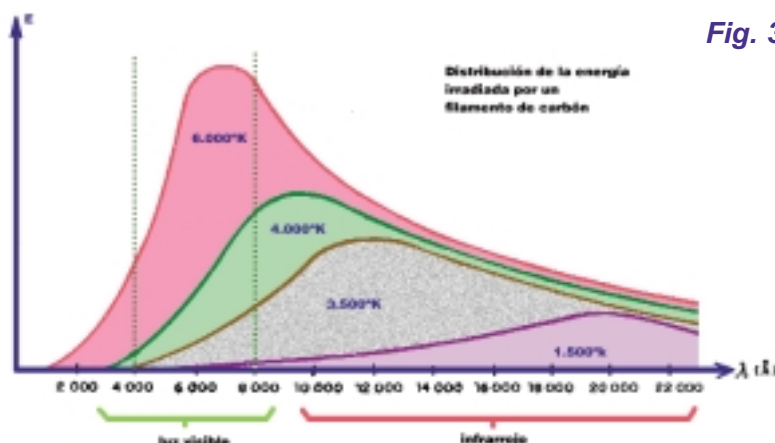
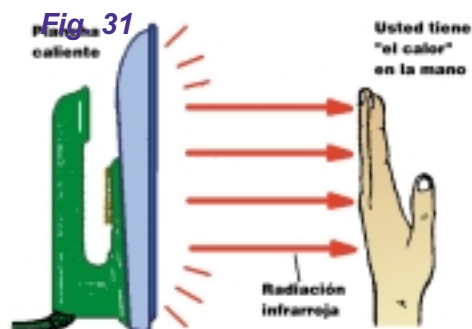


Fig. 30

UN POCO DE TERMODINAMICA

El calor generado en los circuitos electrónico, en vista de la **Ley de Joule**, no puede quedar en los circuitos. Es importante saber cómo puede **"disiparse"** el calor o sea cómo puede transferirse al medio ambiente para asegurar la estabilidad térmica del conjunto, para evitar que la temperatura se eleve por encima de los límites que pueden soportar las piezas. Las maneras por las que se propaga el calor deben formar parte, entonces, de nuestro curso, por la importancia que tienen en este caso. Hay tres formas de propagación del calor:

1. Conducción: esta forma se parece mucho a la electricidad. Del mismo modo que los portadores pueden "saltar" de átomo en átomo, el calor producido por la agitación de las partículas puede transmitirse de átomo a átomo de un cuerpo (figura 29).

Como ocurre con la electricidad, también hay buenos y malos conductores de calor.

Los metales son buenos conductores de calor. Si se toma un cuchillo

por el mango y se calienta la punta al fuego, en poco tiempo, por conducción, el mango también estará caliente.

2. Radiación: todos los cuerpos que estén por encima del cero absoluto (-273°C) tienen sus partículas en estado de vibración continua. Esa vibración hace que los electrones salten a niveles diferentes de energía y en esos saltos, emiten radiación electromagnética (figura 30).

Si la temperatura del cuerpo fuera inferior a 1.500°K , la mayoría de los saltos de los electrones se producen entre niveles tales que la emisión de radiación se efectúa en el espectro infrarrojo (entre 8.000\AA y 40.000\AA)

No podemos ver esta radiación, pero la sentimos cuando acercamos la mano a una plancha caliente (figura 31). El hecho es que esta radiación significa que el **"calor"** está siendo irradiado al espacio en forma de ondas que se propagan **¡a 300.000 kilómetros por segundo!**

Los cuerpos pintados de negro irradian mejor el calor que los claros.

3. Convección: finalmente tenemos la irradiación de calor por con-

vección, que ocurre porque el agua y el aire calentados son más livianos que el agua o el aire fríos.

Los globos llenos de aire caliente ascienden por esta razón. Cuando el aire toca un cuerpo caliente, se calienta, se hace más liviano y ascendiendo forma corrientes de convección que pueden **"llevar" el calor lejos.**

UNIDADES DE POTENCIA, ENERGÍA Y CALOR

No debemos confundir de manera alguna, las tres magnitudes que hemos citado en esta lección: **potencia, energía y calor.**

La potencia es el centro de nuestra atención pero debemos empezar por la energía.

Decimos que un resorte contiene energía porque puede realizar un trabajo, o sea, puede mover alguna cosa, puede accionar algo, o ejercer una fuerza durante un cierto tiempo (figura 32).

Un cuerpo cargado, que pueda producir una corriente eléctrica, también posee energía que puede usarse para establecer una corriente en un conductor o en un resistor.

En los dos casos, la energía disponible se mide en **joule (J)**.

El efecto que pueda tener la energía, depende de la cantidad que se gaste en un segundo. Un resistor puede "gastar" energía más o menos rápidamente, precisará más o menos energía en cada segundo. Esa **"velocidad"** con que la energía se gasta, es la potencia. Un motor de mayor potencia "consume" más combustible (o más rápidamente) que un motor de menor potencia. Esa potencia se mide en **watt (W)**.

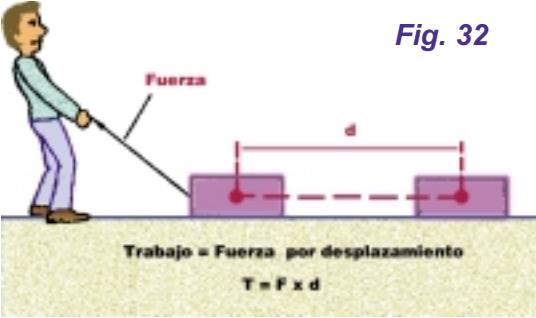


Fig. 32

Por otra parte, para indicar la energía que se gasta en el calentamiento de los cuerpos, existe una unidad propia que es la caloría (cal), (figura 33).

1 caloría = 4,18 joule, o:
1 joule = 0,24 cal

Q es la cantidad de calor en calorías
m es la masa del cuerpo en gramos
Δt es la variación de temperatura que ocurre

El calor que puede transferirse de un cuerpo a otro por conducción, radiación o convección.



Fig. 33

Hay una fórmula que permite establecer el calentamiento de un cuerpo (si no hay cambio de estado, esto es, fusión o ebullición) en función de su capacidad térmica:

$$Q = c \times m \times \Delta t$$

CALOR ESPECÍFICO DE LOS MATERIALES

La tabla 4 da el calor específico de diversas sustancias, medido a 20°C. Por lo tanto, se trata de la cantidad de calorías que se necesitan para elevar en un grado centígrado la temperatura de 1 gramo de la sustancia que se encontraba a 20°C.

Por último, en la tabla 5 se da la conductividad térmica de algunos materiales.

1 watt = 1 joule por segundo

Tabla 5

Sustancia	Conductividad térmica (kcal/m . h . °C)
Aluminio	180
Hierro	54
Cobre	335
Oro	269
Mercurio	25
Plata	360
Acero	39
Amianto	0,135
Concreto	0,1 a 0,3
Baquelita	0,25
Vidrio	0,64
Granito	1,89
Hielo	1,9
Papel	0,12

Tabla 4

Sustancia	Calor específico (X cal/g.°C)	Punto de fusión (°C)
Acetona	0,52	-94,3
Aluminio	0,21	658,7
Benceno	0,407	5,5
Bronce	0,0917	900
Cobre	0,094	1.083
Alcohol etílico	0,58	-114
Glicerina	0,58	-20
Oro	0,032	1.063
Agua	1	0
Hierro	0,119	1.530
Plomo	0,03	327
Mercurio	0,033	-38,9
Níquel	0,11	1.452
Plata	0,056	960

Diodos Semiconductores

INTRODUCCIÓN

Un semiconductor es un material (generalmente silicio o germanio) cuyas características de conducción eléctrica han sido modificadas. Para esto, como sabemos, ha sido combinado, sin formar un compuesto químico, con otros elementos.

A este proceso de combinación se le llama dopado. Por medio de éste, se consiguen básicamente dos tipos de materiales: tipo N, en los que se

registra un exceso relativo de electrones dentro del material, y tipo P, en los que se presenta un déficit de electrones (figura 1). Los dispositivos electrónicos se forman con diferen-

tes combinaciones de materiales tipo P y N, y las características eléctricas de cada uno de ellos están determinadas por la intensidad del dopado de las secciones de los semi-

Cuando a un material semiconductor se introducen impurezas (por ejemplo aluminio), sus características eléctricas son modificadas y entonces se genera un déficit relativo en su estructura.



Cuando se introducen impurezas de fósforo en un cristal semiconductor, se aumenta el número de electrones relativo



Fig. 1

Diodo semiconductor no polarizado

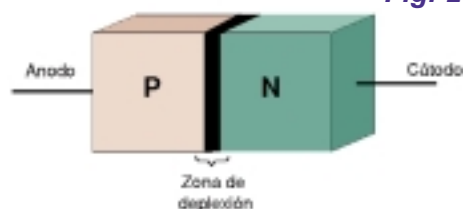


Fig. 2

Símbolo esquemático del diodo rectificador



Desplazamiento de los electrones en un diodo en polarización directa

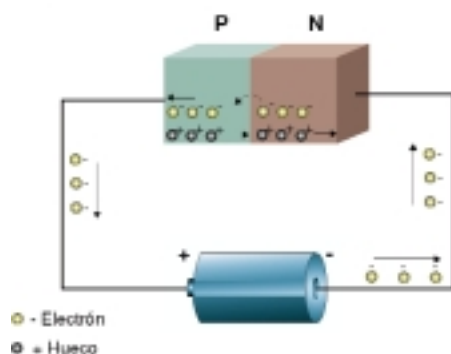


Fig. 3

conductores, así como por el tamaño y organización física de los materiales. Gracias a esto es posible fabricar, por ejemplo, un transistor para corrientes pequeñas y otro para corrientes elevadas, aunque la forma básica de los dos sea la misma.

Diodos semiconductores

Los diodos realizan una gran variedad de funciones; entre ellas, la rectificación de señales de corriente alterna en fuentes de poder y en radios de AM, reguladores de voltaje, formadores de onda, duplicadores de voltaje, selectores de frecuencia, detectores de FM, disparadores, indicadores luminosos, detectores de haz, generadores láser, etc. Las aplicaciones de los diodos son muchas y muy variadas; de ahí la importancia de conocerlos más a fondo.

Los diodos semiconductores son dispositivos conformados por dos secciones de material semiconductor, una tipo P y la otra tipo N. Su nombre proviene de la contracción de las palabras **dos electrones**, en inglés. En la actualidad, la palabra **diodo** se utiliza de manera más

amplia para definir a muchos dispositivos semiconductores que únicamente tienen dos terminales de conexión; esto, a pesar de que su formación interna sea de más de dos secciones de material semiconductor. A la sección P de un diodo se le conoce con el nombre de **anodo**, y a la sección N con el de **cátodo**.

En un diodo, su sección N tiene impurezas que le permiten tener un exceso de electrones libres en su estructura; así, dicha sección se hace de cierta forma negativa. Y como en su sección P las impurezas provocan un déficit de electrones libres, la misma se torna positiva. Cuando no hay una tensión aplicada en las secciones del diodo, se desarrolla un fenómeno interesante en la unión P-N: los electrones libres de la sección N se recombinan (se unen) con los huecos cercanos a la unión de la sección

P. A esta recombinación en la unión del diodo, se le denomina **dipolo**. La formación de dipolos en la zona de unión, hace que en esa parte se registre un déficit de portadores; por eso se le llama **zona de deplexión** (figura 2).

Cada dipolo tiene un campo eléctrico entre los iones positivo y negativo. Los electrones son repelidos por este campo, cuando tratan de cruzar la zona de deplexión para recombinarse con huecos más alejados del otro lado. Con cada recombinación aumenta el campo eléctrico, hasta que se logra el equilibrio; es decir, se detiene el paso de electrones del semiconductor tipo N hacia el tipo P. El campo eléctrico formado por los iones, se denomina **barrera de potencial**; para los diodos de germanio, es de 0,2 volt; para los diodos de silicio, es de 0,7 volt.

Si se conecta una fuente de potencial eléctrico (por ejemplo, una pila o batería) a las terminales del diodo, de forma que el polo positivo de la fuente coincida con la sección P del diodo y el polo negativo con la sección N, se dice que el diodo está en polarización directa. Pe-

ro cuando el polo positivo se conecta a la sección N del diodo y el polo negativo a la sección P, entonces el diodo está polarizado de manera inversa.

Cuando el diodo se encuentra en polarización directa, los electrones libres de la sección N y los huecos de la sección P son repelidos hacia la unión P-N debido al voltaje aplicado por la fuente externa. Si el voltaje de polarización es más grande que el valor de la barrera de potencial, entonces un electrón de la sección N cruzará a través de la unión para recombinarse con un hueco en la sección P. El desplazamiento de los electrones hacia la unión, genera iones positivos dentro de la sección N, los cuales atraen a los electrones del conductor externo hacia el interior del cristal. Una vez dentro, los electrones pueden desplazarse también hacia la unión para recombinarse con los huecos de la sección P, mismos que se convierten en electrones de valencia y son atraídos por el polo positivo del conductor externo; entonces salen del cristal (semiconductor P), y de ahí se dirigen hacia la batería (figura 3).

El hecho de que un electrón de valencia en la sección P se mueva hacia el extremo izquierdo, es equivalente a que un hueco se desplace hacia la unión. Este proceso de flujo de corriente en el diodo se mantiene, en tanto exista la polarización directa con el valor de voltaje mayor a la barrera de potencial.

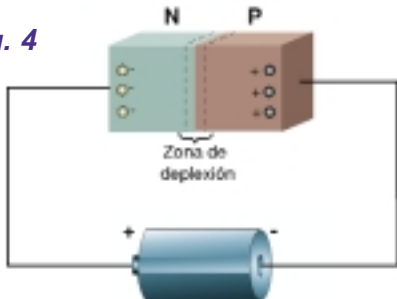
Si el diodo está polarizado de manera inversa, los huecos de la sección P son atraídos hacia el polo negativo de la batería y los electrones de la sección N son atraídos hacia el polo positivo. Puesto que huecos y electrones se alejan de la unión, la zona de deplexión crece de acuerdo con el valor del voltaje inverso aplicado a las terminales del diodo. Por tanto, la zona de deplexión deja de aumentar cuando tiene una diferencia de potencial igual al valor de la tensión inversa aplicada. Con la zona de deplexión aumentada, no circula entonces corriente eléctrica; la razón es que el dispositivo, en cierta forma, aumentó al máximo su resistencia eléctrica interna (figura 4).

Aunque de manera práctica con-

Resistencia Eléctrica

Cuando un diodo se polariza de manera inversa, no circula corriente eléctrica a través de él, y la barrera de potencial en la zona de deplexión se hace muy grande.

Fig. 4



sideremos que no hay flujo de corriente eléctrica a través del diodo en polarización inversa, realmente sí se genera un pequeño flujo de corriente eléctrica inversa. El calor del ambiente, hace que de manera espontánea se generen pares **hueco-electrón** suficientes para mantener un diminuto flujo de corriente eléctrica. A la corriente eléctrica inversa también se le conoce como **corriente de portadores minoritarios**. Hay otra corriente que se genera de manera paralela a la corriente inversa, y es la eléctrica superficial de fugas; ésta es producida por impurezas en la superficie del cristal e imperfecciones en su estructura interna.

Los diodos tienen un valor de voltaje inverso máximo, que puede ser aplicado en sus terminales sin ser destruido. Este valor depende de la construcción interna del diodo. Para cada diodo, el fabricante especifica el valor de tensión inversa.

Para efectos prácticos, se considera al diodo como si fuera perfecto; es decir, en polarización directa porque así no presenta resistencia eléctrica (permite el paso libre de la corriente); en polarización inversa tiene una resistencia infinita, y por eso no permite el paso de la corriente eléctrica. En la práctica se utilizan las dos formas de polarizar al diodo y se aplican tensiones y corrientes diversas, de manera que el diodo funcione dentro de diferentes puntos de operación, según sea la función que de él se desea.

Si a un diodo en polarización inversa se le aumenta continuamente el valor del voltaje aplicado, se llegará al punto de ruptura; entonces el diodo conducirá de manera repentina y descontrolada la corriente eléctrica.

ca. En polarización inversa hay una diminuta corriente de fuga; pero cuando el valor de la tensión inversa aumenta, los electrones de la corriente de fuga incrementan su energía; y cuando los electrones adquieren energía suficientemente grande, chocan contra los átomos del material y así se liberan los electrones de éstos, que a su vez se suman a la corriente eléctrica de fuga.

Este proceso se sucede en cadena; de modo que si un electrón libera a dos, éstos liberarán a otros dos y así sucesivamente; por eso es que la corriente crece muy rápido.

Mediante una gráfica se puede representar el comportamiento del diodo en términos de **corriente y tensión**. El fabricante de semiconductores proporciona una curva característica para cada tipo de diodo; en ella se representan las variaciones de corriente, dependientes de la tensión aplicada en sentido directo e inverso.

En la figura 5, se muestra la gráfica representativa de un diodo semiconductor.

El eje horizontal representa la tensión aplicada al diodo (hacia la izquierda se indica la tensión en polarización inversa, y hacia la derecha el voltaje en polarización directa); el eje vertical, representa la corriente que circula a través del diodo (hacia arriba indica corriente en sentido directo, y hacia abajo corriente en sentido inverso). La gráfica se divide en dos partes: la zona de polarización directa y la de polarización inversa.

En la zona de polarización directa, se observa que no hay conducción a través del diodo antes de que se alcance la tensión de umbral de la barrera de potencial. Una vez que el voltaje es mayor que este valor, la conducción de la corriente aumenta a pequeñas variaciones de voltaje.

En la zona de polarización inversa, el diodo se mantiene sin conducir hasta que se llega a la tensión de ruptura en donde la corriente en sentido inverso a través de él, se hace muy grande.

DIODOS RECTIFICADORES

Un diodo rectificador es uno de los dispositivos de la familia de los diodos más sencillos. El nombre **diodo rectificador** procede de su aplicación, la cual consiste en separar los ciclos positivos de una señal de corriente alterna.

Si se aplica al diodo una tensión de corriente alterna durante los medios ciclos positivos, se polariza en forma directa; de esta manera, permite el paso de la corriente eléctrica. Pero durante los medios ciclos negativos, el diodo se polariza de manera inversa; con ello, evita el paso de la corriente en tal sentido.

Durante la fabricación de los diodos rectificadores, se consideran tres factores: la frecuencia máxima en que realizan correctamente su función, la corriente máxima en que pueden conducir en sentido directo y las tensiones directa e inversa máximas que soportarán.

Una de las aplicaciones clásicas de los diodos rectificadores, es en las fuentes de alimentación; aquí, convierten una señal de corriente alterna en otra de corriente directa (lo estudiaremos en el capítulo 5).

Existen diodos denominados **MEGAHERTZ** que son un conjunto de rectificadores ultrarrápidos, diseñados para proveer gran eficiencia en la conmutación de señales de muy alta frecuencia en fuentes de poder; no obstante, también se utilizan como correctores de factor en circuitos de potencia.

Los **SCANSWITCH**, son rectificadores ultrarrápidos que ofrecen alto rendimiento cuando son utilizados en monitores de muy alta resolución y en estaciones de trabajo en donde se requiere de un tiempo de recuperación muy corto y de tensiones de polarización de 1.200 a 1.500V.

En el mercado de semiconductores han aparecido un nuevo tipo de diodos conocidos como **SWITCHMODE**. Se trata de rectificadores Schottky de potencia, para alta frecuencia y baja tensión; estas características se logran gracias a la unión de silicio y metal. A diferencia de las uniones clásicas de **silicio — silicio**, este tipo de diodos pueden conmutar en tiempos menores a 10 nanosegundos y se construyen para rangos

de corriente que van desde 0,5 a 600 amper y con tensiones inversas de hasta 200V.

DIODOS ZENER

Un diodo zéner es básicamente un diodo de unión, pero construido especialmente para trabajar en la zona de ruptura de la tensión de polarización inversa; por eso algunas veces se le conoce con el nombre de **diodo de avalancha**. Su principal aplicación es como regulador de tensión; es decir, como circuito que mantiene la tensión de salida casi constante, independientemente de las variaciones que se presenten en la línea de entrada o del consumo de corriente de las cargas conectadas en la salida del circuito.

El diodo zéner tiene la propiedad de mantener constante la tensión aplicada, aun cuando la corriente sufra cambios. Para que el diodo zéner pueda realizar esta función, debe polarizarse de manera inversa. Generalmente, la tensión de polarización del diodo es mayor que la tensión de ruptura; además, se coloca una resistencia limitadora en serie con él; de no ser así, conduciría de manera descontrolada hasta llegar al punto de su destrucción (figura 6).

En muchas aplicaciones de regulación de tensión, el diodo zéner no es el dispositivo que controla de manera directa la tensión de salida de un circuito; sólo sirve de referencia para un circuito más complejo; es decir, el zéner mantiene un valor de tensión constante en sus terminales. Esta tensión se compara mediante un circuito **amplificador** a transistores o con circuitos integrados con una tensión de salida. El resultado de la comparación permite definir la acción a efectuar: aumentar o disminuir la corriente de salida, a fin de mantener constante la tensión de salida. Es importante hacer notar que los diodos zéner se construyen especialmente para que controlen sólo un valor de tensión de salida; por eso es que se compran en términos de la tensión de regulación (zéner de 12V x 1 ampere, por ejemplo).



Fig. 6

DIODOS DE CORRIENTE CONSTANTE

Estos diodos funcionan de manera inversa a los diodos zéner. En vez de mantener constante la tensión en sus terminales, estos diodos mantienen constante el consumo de corriente; por eso se les conoce como **"diodos reguladores de corriente"**. Son dispositivos que mantienen entonces constante el consumo de corriente, independientemente de las variaciones de tensión.

El diodo 1N5305 es regulador de corriente con un valor de corriente de 2 miliampers y un rango de tensión aplicable de 2 a 100V.

DIODOS DE RECUPERACIÓN EN ESCALÓN

El diodo de recuperación de escalón tiene un dopado especial, ya que la densidad de los portadores disminuye cuanto más cerca está de la unión de las secciones de semiconductor. Esta distribución poco común de portadores, genera un fenómeno conocido como **desplome en inversa**.

Si se aplica una tensión de corriente alterna en las terminales del dispositivo durante los semiciclos positivos de la onda de corriente alterna, el diodo se comporta igual que un diodo rectificador común. Pero durante los semiciclos negativos, la corriente inversa aparece sólo durante un tiempo muy corto, reduciéndose repentinamente hasta cero.

La corriente de desplome de un diodo de recuperación de escalón, está plagada de frecuencias armónicas; éstas pueden ser filtradas, para obtener una señal senoidal de una frecuencia más alta. Esta es la razón por la que los diodos de recu-

Los diodos de recuperación de escalón son utilizados como circuitos multiplicadores de frecuencia.

Fig. 7



peración son ampliamente utilizados como multiplicadores de frecuencia; es decir, para circuitos en donde la frecuencia de salida es un múltiplo de la frecuencia de entrada (figura 7).

DIODOS INVERTIDOS

Los diodos zéner tienen tensiones de ruptura superiores a los 1,8V. Si se incrementa el nivel de dopado del diodo se logra que el efecto zéner de regulación ocurra cerca de los 0V. La conducción en polarización directa se logra a partir de los 0,7V; pero la conducción inversa (punto de ruptura) se inicia a partir de los -0,1volts. A los diodos que tienen esta característica se les conoce con el nombre de **diodos invertidos**, ya que conducen mejor en polarización inversa que en polarización directa. Se los usa para amplificar señales débiles cuyas amplitudes pico a pico se encuentran entre 0,1 y 0,7V.

DIODOS T NEL

Si durante su construcción a un diodo invertido se le aumenta el nivel de dopado, se puede lograr que su punto de ruptura ocurra muy cerca de los 0V. Los diodos construidos de esta manera, se conocen como **diodos t nel**. Estos dispositivos presentan una característica de resistencia negativa; esto es, si aumenta la tensión aplicada en los terminales del dispositivo, se produce una disminución de la corriente (por lo menos en una buena parte de la curva ca-

Resistencia Eléctrica

racterística del diodo). Este fenómeno de resistencia negativa es útil para aplicaciones en circuitos de alta frecuencia como los osciladores, los cuales pueden generar una señal senoidal a partir de la energía que entrega la fuente de alimentación.

DIODO VARICAP

Es un dispositivo semiconductor que puede controlar su valor de capacidad en términos de la tensión aplicada en polarización inversa. Esto es, cuando el diodo se polariza inversamente no circula corriente eléctrica a través de la unión; la zona de **deplexión** actúa como el dieléctrico de un capacitor y las secciones de semiconductor P y N del diodo hacen las veces de las placas de un capacitor. La capacidad que alcanza el capacitor que se forma, es del orden de los pico o nanofaradios. Cuando varía la tensión de polarización inversa aplicada al diodo, aumenta o disminuye de igual forma la zona de deplexión. En un diodo, esto equivale a acercar o alejar las placas de un capacitor (ampliaremos en el capítulo 4).

Los diodos varicap se controlan mediante la tensión que se les aplica; por lo que el cambio de capacidad se puede hacer mediante otro circuito de control, ya sea digital o analógico. Las aplicaciones de los varicap son la mayoría de las veces en circuitos resonantes, los cuales permiten seleccionar una señal de una frecuencia específica, de entre muchas señales de diferentes valores (vea en la figura 8 los símbolos de algunos diodos semiconductores).

DIODOS VARISTORES

Los relámpagos que se producen durante una tormenta eléctrica, los motores eléctricos y los fallos comunes en la red de alimentación comercial, inducen picos de alta ten-

sión o variaciones en la forma de onda, en el voltaje de línea que llega a las casas. A tales picos y variaciones, se

les conoce con el nombre de **transitorios**.

La continua presencia de transitorios en la red, poco a poco causa la destrucción de los circuitos que contienen los aparatos electrónicos; por eso es que para prolongar la vida de éstos, es necesario adecuar ciertas protecciones.

Uno de los dispositivos empleados para estabilizar la línea, es el varistor; también es conocido como **supresor de transitorios**. Este dispositivo equivale a dos diodos zéner conectados en paralelo, pero con sus polaridades invertidas y con un valor de tensión de ruptura muy alto.

Los varistores son construidos para diferentes valores de tensión de ruptura; por ejemplo, un varistor con un voltaje de ruptura de 320V conectado a la línea comercial de 220V, se mantendrá como un dispositivo inactivo hasta que en sus extremos se presente un transitorio con un voltaje igual o superior a los 320V; entonces el dispositivo, disparándose, conduce (su resistencia interna se hace casi cero) y reduce el efecto dañino del transitorio en el circuito. En suma, el varistor como dispositivo de protección recorta a todos los transitorios que se presenten en la línea; con ello, se evitan daños a los circuitos posteriores.

DIODOS EMISORES DE LUZ

Cuando un diodo semiconductor se polariza de manera directa, los electrones pasan de la sección N del mismo, atraviesan la unión y salen a

Símbolos de algunos diodos semiconductores



Fig. 8

la sección P. En la unión se efectúa la recombinación, en donde los electrones se unen a los huecos. Al unirse, se libera energía mediante la emisión de un fotón (energía electromagnética). Esta emisión de energía, que en un diodo normal es pequeña, puede aumentar mediante la utilización de materiales como el galio, el arsénico y el fósforo en lugar del silicio o el germanio. Así, los diodos diseñados especialmente para emitir luz son conocidos como LED.

El color de la luz emitida depende del intervalo de energía del material; por ejemplo, el fosfato de galio arsenídico (GaAsP) emite luz de color rojo y el fosfato de galio (GaP) emite luz de color verde. Los LED pueden emitir radiaciones desde el infrarrojo hasta la luz visible. Es importante resaltar que los LED se polarizan de manera directa y soportan una tensión máxima al cual emiten la mayor radiación. Si se sobrepasa este valor, el LED puede dañarse.

Las aplicaciones de los LED son muchas; entre ellas, las siguientes: indicadores luminosos, *displays* alfanuméricos, transmisores para fibras ópticas, optoacopladores, en control remoto de videos, televisores o conexión de computadoras.

En el mercado de semiconductores han aparecido versiones más complejas de LED; por ejemplo, el LED bicolor es un dispositivo de tres terminales dentro del cual se han incluido dos diodos en colores diferentes. Otro modelo de LED, es el tipo Flasher; al ser polarizado, enciende de manera intermitente.

**El Mundo de la
Electrónica**

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, quien cuenta con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio D. Vallejo y Oscar Montoya Figueroa