

Curso Electrónica Básica -1

Tensión, corriente y resistencia

Profesor: Ing. José Antonio Arce Flores - CIPET
Para: TecnoCiencia Electrónica
<http://www.tecnociencia-es.com>

CONTENIDO:

Tensión: Diferencia de potencial
Fuentes de diferencia de potencial
Energía potencial
Definición de potencial: Voltaje
El Signo de la fuente de voltaje CD
Intensidad (Corriente)
Amperio
Dirección de la corriente
Corriente alterna
Resistencia de un conductor
Resistencia de un alambre Mil-circular
Tipos de resistencias
Resistencias fijas
Resistencia variable
Conductancia

Tensión (Diferencia de Potencial)

Cuando las cargas se trasladan de una sustancia a otra, se induce entre ambas una diferencia de potencial o voltaje. Por ejemplo, la acción de caminar sobre la alfombra de lana puede producir una diferencia de potencial de hasta mil voltios.

Fuentes de Diferencia de Potencial

Al separarse las cargas se produce una diferencia de potencial. Veamos un ejemplo real, la batería. Las cargas en una batería se separan mediante una reacción química. Podemos describir este concepto utilizando una batería de foco, como se ilustra en la Fig. 1.2. El electrodo interno está hecho de una barra de carbón, y el exterior lo conforma la cubierta de zinc. La reacción química entre la mezcla de NH_4Cl , MnO_2 y el zinc, producirá electrones libres. De esta forma, la cubierta externa de zinc transporta electrones (negativos) y la barra de carbón tendrá cargas positivas. Esta reacción de la batería dará un suministro continuo de energía para el foco o el motor.



(a) Estructura básica de una batería de 1.5 V

(b) Batería tamaño C

Fig. 1.2 - Batería de Carbón - Zinc

Energía Potencial

En mecánica, la energía potencial de un objeto depende de su posición. Por ejemplo, se levanta con una cuerda una bolsa con arena y luego se le deja caer. La bolsa realizará un trabajo al caer, debido a su energía potencial. El trabajo es equivalente al producto de la fuerza multiplicada por el desplazamiento, o sea, que $\text{Trabajo} = \text{Fuerza} \times \text{Desplazamiento}$.

De manera similar, para separar las cargas positivas y negativas se requiere trabajo, que proviene de la energía potencial. Para comprender este concepto, démosle un vistazo a las nubes de la Fig. 1.1. Asumamos que las nubes son neutras. Si las cargas eléctricas Q (negativas) se mueven desde la parte superior de la nube hacia abajo, las cargas positivas quedarán en la parte superior de la nube. Debe haber una fuerza que se oponga a que las cargas eléctricas se separen. En vista de que las cargas se mueven en direcciones opuestas, deberá realizarse sobre ellas un trabajo para separarlas; es decir, poseen energía potencial.

Definición de Potencial: Voltaje

En electricidad, la definición de diferencia de potencial es el voltaje. En general, la energía necesaria para separar las cargas depende del voltaje, y de la cantidad de cargas movidas o transportadas. A partir de esta definición, se usa 1 Julio de energía para mover una carga de 1 Coulombio de un punto a otro. El potencial entre estos dos puntos se llama voltaje.

La ecuación es la siguiente:

$$V = W / Q \text{ (Voltaje, V)} \quad (1.1)$$

donde W es la energía (Julios), Q es la carga (Coulombios) y el resultado es la Diferencia de Potencial.

Nótese que la diferencia de potencial se define entre dos puntos. En el caso de la batería, el potencial existe en relación con los dos electrodos. Para las nubes, el potencial es entre las nubes y el suelo. De tal forma que no hay potencial en un objeto en sí, sino que se debe referir con respecto a otro objeto.

De la Ecuación (1.1) tenemos que: $W = QV$ (Julios, J)
 $Q = W / V$ (Coulombios)

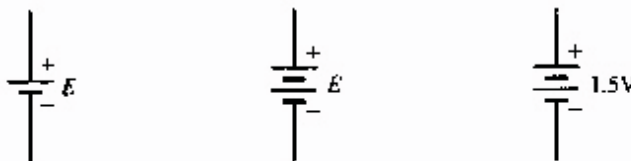
Ejemplo 1.1: Se usan 30 Julios para mover una carga de 5 C de un punto a otro. ¿Cuál es el potencial entre estos dos puntos?

Respuesta: $V = W/Q = (30J) / (5C) = 6J/C = 6 V$

La Ecuación 1.1 es la definición formal de potencial eléctrico, aunque no ofrece ningún significado útil para medir; es decir, la Ec. 1.1 no se puede usar para realizar ninguna medición real. En la práctica, se utilizan voltímetros para realizar la medición de diferencia de potencial. Sin embargo, la ecuación 1.1 es muy importante y se usará para comprender el concepto básico del voltímetro y de otros circuitos.

El Signo de la Fuente de Voltaje CD

La batería produce corriente en el circuito y la dirección de flujo no cambia ya que un nodo siempre es positivo y el otro negativo. Esta dirección constante y única se llama corriente directa o CD, que es la que proporciona una batería. En la Fig. 1.3 se muestra la simbología. El terminal más largo es el positivo, POS (+). El otro terminal será el más corto y se expresa como NEG (-).



(a) Símbolo de una batería

(b) Combinación Batería de 1.5V de baterías

Intensidad (Corriente)

En el cobre existe una gran cantidad de electrones libres, que se mueven al azar dentro del material, pero el desplazamiento neto es cero en cualquier dirección.

Asumiendo que hay una batería conectada al circuito, como se muestra en la Fig. 1.4, los electrones serán atraídos hacia el electrodo positivo y repelidos por el electrodo negativo. Se moverán por el conductor, el bombillo y la batería, alrededor del circuito. Estos electrones que se mueven se llaman "flujo de electrones". La corriente se aumenta conforme una mayor cantidad de electrones fluye por segundo dentro del circuito. De esta forma, la corriente es la velocidad con la cual se mueven las cargas

La cantidad de cargas que fluyen por segundo por una sección transversal del conductor se llama 1 Coulombio, y la corriente es de 1 Amperio

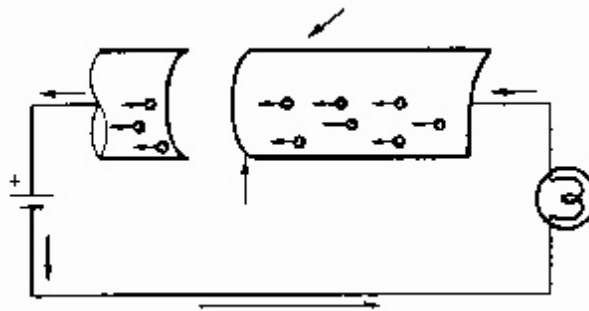


Fig. 1.4 - Electrones fluyendo a través de un conductor

Amperio

La unidad usada para la carga es el Coulombio (C), y la velocidad a la cual se mueven las cargas sería C/seg. En las unidades SI, un Coulombio por segundo se define como 1 Amperio (Amp, ó A). De esta forma, el Amperio se define como una carga de 1 Coulombio que se mueve de un punto a otro en 1 segundo. El símbolo de corriente es I , y se expresa matemáticamente como:

$$\begin{aligned} I &= Q / t \text{ (Amperios, A)} & (1.4) \\ t &= Q / I \text{ (segundos, s)} \\ Q &= I t \text{ (Coulombios, C)} \end{aligned}$$

donde: Q es la carga y t es el tiempo.

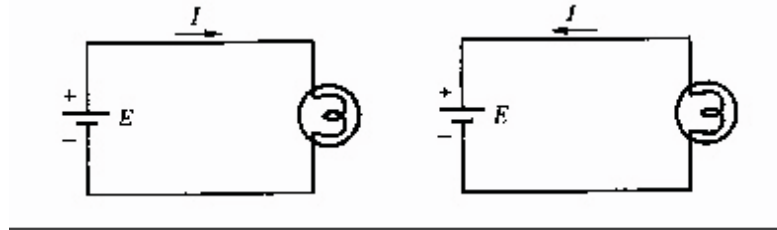
Ejemplo 1.2: Si se tiene una carga de 42 Coulombios fluyendo durante 7 segundos a través de un punto P de la Fig. 1.4, ¿cuál es la corriente?

Respuesta: $I = Q / t = 42 \text{ C} / 7 \text{ s} = 6 \text{ C/s} = 6 \text{ A}$.

Dirección de la Corriente

La corriente es entonces la dirección de movimiento de las cargas positivas. Estas fluyen del electrodo negativo hacia el positivo, como se muestra en la Fig. 1.5. Esta dirección se ha tomado

como convencional para el flujo de corriente. Sin embargo, partiendo de las características del átomo, encontramos que las cargas que se mueven en un conductor son electrones. Fluyen en el circuito como se ve en la Fig. 1.5(b), Llamamos a esta dirección como la de flujo de electrones.



(a) Dirección Convencional de flujo

(b) Dirección de flujo de electrones

Fig. 1.5 - Corriente convencional y dirección de flujo de electrones

La dirección convencional de la corriente ha sido establecida hace mucho tiempo, y se usa aún en casos en que se sabe que la corriente se debe al paso de electrones. Esta dirección se usará en todo este libro.

Corriente Alterna

Hasta el momento hemos considerado solamente la CD. Antes de continuar, discutiremos la corriente alterna o CA. La dirección de flujo cambia en forma cíclica, lo que significa que las cargas fluyen alternativamente primero en una dirección y luego en la otra.

Resistencia de un Conductor

Los conductores son materiales que permiten el flujo de electrones. Sin embargo, el comportamiento de los diferentes tipos de conductores no es siempre igual. La resistencia presentada por un conductor depende de lo siguiente:

- Material
- Longitud
- Area de sección
- Temperatura

Al aplicar una corriente a un trozo de longitud constante de alambre, los electrones que se mueven chocan con otros.

El rango de energía variará de un material a otro, lo cual afecta la resistencia. Por ejemplo, la plata tiene una cantidad mayor de electrones libres que el cobre. De esta forma, bajo igual tamaño, la plata tiene una menor resistencia que el cobre, por lo que podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- La resistencia de un conductor varía según el material

Si la longitud del conductor se eleva al doble, la posibilidad de las colisiones entre electrones se eleva también al doble, e igual lo hará la resistencia. Este efecto nos lleva a la siguiente conclusión:

- La resistencia de un conductor metálico es directamente proporcional a su longitud.

Si el área seccional se aumenta, se facilita el movimiento de los electrones. Este fenómeno se

asemeja al agua que fluye más fácilmente en un tubo de gran diámetro. Si el área de sección se aumenta al doble, la probabilidad de colisión de los electrones se reduce a la mitad. Llegamos a la siguiente conclusión.

- La resistencia de un conductor metálico es inversamente proporcional al área de sección.

Bajo temperatura constante, se puede expresar matemáticamente la resistencia, según los siguientes factores:

$$R = r l / A \text{ (Ohmios, } \Omega \text{)} \quad (1.7)$$

donde

r = resistividad, Ohmios - metro
 l = longitud, metros,
 A = sección, en m²

En la ecuación anterior, r es una constante, ya que la resistividad es una propiedad específica del material; es la característica de cada material. En el sistema SI, se puede expresar como Ohmios - metro. En la Tabla 1.1 se ofrece una lista de la resistividad de los diferentes materiales a 20°C. La mayoría de los conductores son circulares, como se muestra en la Fig. 1.6. Podemos utilizar el radio o el diámetro para determinar el área, a saber:

Tabla 1.1 –Resistividad de Materiales

Sustancia	Resistividad, r , 20°C
Plata	1.645 x 10 ⁻⁸
Cobre	1.723 x 10 ⁻⁸
Oro	2.443 x 10 ⁻⁸
Aluminio	2.825 x 10 ⁻⁸
Tungsteno	5.485 x 10 ⁻⁸
Acero	12.30 x 10 ⁻⁸
Plomo	22 x 10 ⁻⁸
Mercurio	95.8 x 10 ⁻⁸
Níquel-cromo	99.72 x 10 ⁻⁸
Carbón	3500 x 10 ⁻⁸
Germanio	20 - 2300
Silicio	@ 500
Madera	108–1014
Vidrio	1010–1014
Mica	1011–1014
Lucita	1013–1014
Ambar	5 x 10 ⁴
Azufre	1015
Teflón	1016

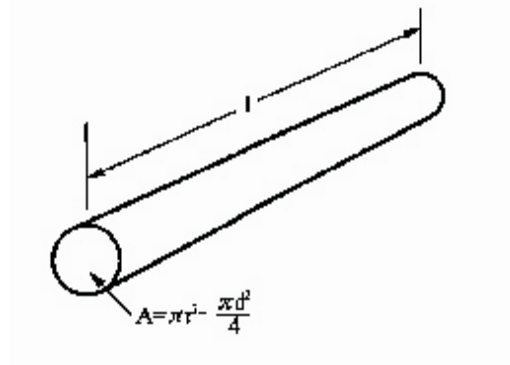


Fig. 1.6 –Conductor con sección circular

Ejemplo 1.3: La mayoría de los artefactos domésticos usan alambre con núcleo de cobre de 1.63 mm de diámetro. Calcule la resistencia que se produce en un tramo de 75 m de longitud con ese diámetro.

Respuesta : Use la Ec. (1.8) para calcular la sección circular. Utilice después los datos de la Tabla 1.1

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (1.63 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 2.09 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{(1.723 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m})(75 \text{ m})}{2.09 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 0.619 \Omega$$

Ejemplo 1.4: En el dibujo se representa un conductor sólido de aluminio (generalmente tiene forma de angular) que se usa generalmente en plantas eléctricas y en telecomunicaciones para transportar corrientes altas. ¿Cuál es la resistencia entre sus extremos a 20°C?

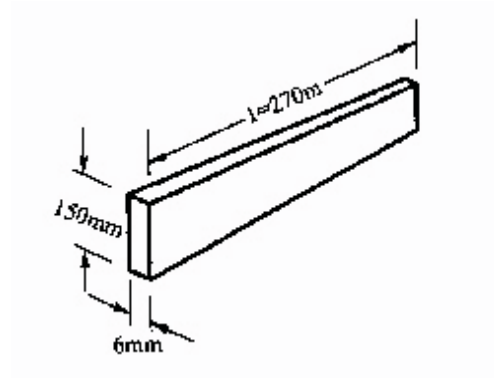
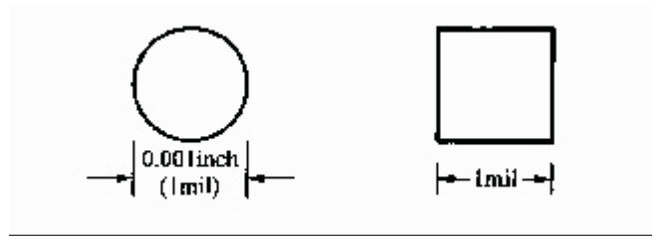


Fig. 1.7 –Conductor con sección rectangular

Respuesta: $A = (150 \text{ mm})(6 \text{ mm}) = (0.15 \text{ m})(0.006 \text{ m})$
 $= 0.0009 \text{ m}^2 = 9.00 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

Resistencia de un Alambre –Mil circular

El sistema "American Wire Gauge" (AWG) desarrolló el "mil circular" para diámetros de alambre. Se definió el mil circular como el área interna de un círculo con 1 mil (milésima parte de una pulgada) de diámetro. El mil cuadrado se define como el área de un cuadrado con 1 mil de lado. De la Fig. 1.8 puede verse que el mil circular es más pequeño que el mil cuadrado.



No todos los conductores tienen sección circular, de tal forma que a menudo hay que convertir mils cuadrados a mil circulares, por lo que hay que conocer la relación entre ellos.

Supóngase que hay un alambre con área de sección transversal circular como se muestra en la Fig. 1.8(a). De la Ec. (1.8) se pueden expresar mils circulares en términos mils cuadrados como sigue:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (1\text{mil})^2}{4} = \frac{\pi}{4} \text{ sq.mil}$$

$$1 \text{ CM} = \frac{\pi}{4} \text{ sq.mil} \tag{1.9}$$

$$1 \text{ sq.mil} = \frac{4}{\pi} \text{ CM} \tag{1.10}$$

La ventaja de usar el mil circular para expresar el área del conductor es que se simplifica el cálculo, ya que no es necesario introducir π en la ecuación. Es suficiente con elevar al cuadrado el diámetro y se obtiene el área. El área del alambre se puede expresar como:

$$ACM = d^2 \quad (\text{mil circular, CM}) \tag{1.11}$$

Ejemplo 1.5: Use el mil circular para expresar los siguientes diámetros:

- (1) 0.0159 pulgada; (2) 0.500 pulgadas.

Respuesta:

(1) $d = 0.0159 \text{ pulg.}$

$d = (0.0159) (1000) (\text{pulg.})(\text{mil/pulg}) = 15.9 \text{ mil}$

Usando ahora la ecuación (1.11), tenemos: $ACM = (15.9)^2 = 253 \text{ CM}$

(2) $d = 0.500 \text{ pulg.} = (0.500 \text{ pulg.})(1000 \text{ mil/pulg})$

$d = 500 \text{ mil}$

$ACM = (500)^2 = 250000$

Ejemplo 1.6 (1): En un conductor de cobre con área de sección de 0.0250 pulg. x 6.0 pulgadas,

calcule el área en mil cuadrados y mil circulares. (2) Si este conductor se reemplaza por alambre con área de sección de 133.1 MCM, ¿cuántos alambres se necesitan?

- Respuesta:**
- (1) $A_{\text{cir mil}} = (250 \text{ mil}) (60000 \text{ mil}) = 1500000 \text{ mil cir.}$
Usando la ecuación (1.10) para obtener mil circulares, tenemos:
 $A_{\text{CM}} = (250 \text{ mil}) (60000 \text{ mil})$
 $A_{\text{CM}} = 1910000 \text{ mil cuadrados} = 1910 \text{ MCM}$
- (2) El número equivalente de alambres es:
 $n = 1910 / 133.1 = \text{MCM/mcm} = 14.35$

Del anterior ejemplo sabemos que 15 alambres pueden reemplazar al conductor de 0.0250 x 6 pulgadas. El alambre es menos conveniente y de mayor costo, y la mayor desventaja del conductor es que no tiene cubierta aislante.

Tipos de Resistencias

En todos los circuitos se necesita tener control sobre la tensión y la corriente. La mejor manera es agregar en el circuito una resistencia adecuada. Hay muchos tipos de resistencia, pero por ahora las clasificaremos únicamente en resistencias fijas y variables.

Resistencias Fijas

La resistencia fija tiene un valor constante. Hay muchos tipos de resistencias fijas, y el rango puede ser tan pequeño como el que se usa en diminutos circuitos integrados o tan grande como el de las resistencias de potencia usadas para disipar muchos vatios de energía. La resistencia mostrada en la Fig. 1.9 tiene la estructura básica de una resistencia de mezcla de carbón y materiales aislantes, cuya relación definen la resistencia del dispositivo. Las resistencias de carbón van desde 1w hasta 100 Mw, con potencias desde 1/8 de W hasta 2 W. En la Fig. 1.10 se muestran los diferentes valores. El poder de disipación de las resistencias más grandes es mucho más alto que las de bajo valor.

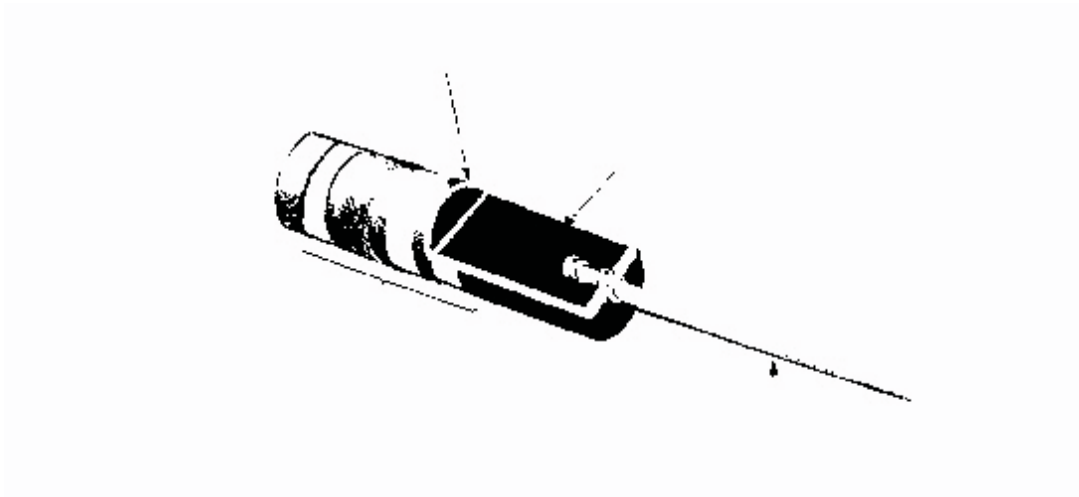


Fig. 1.9 –Estructura de una resistencia de mezcla de carbón

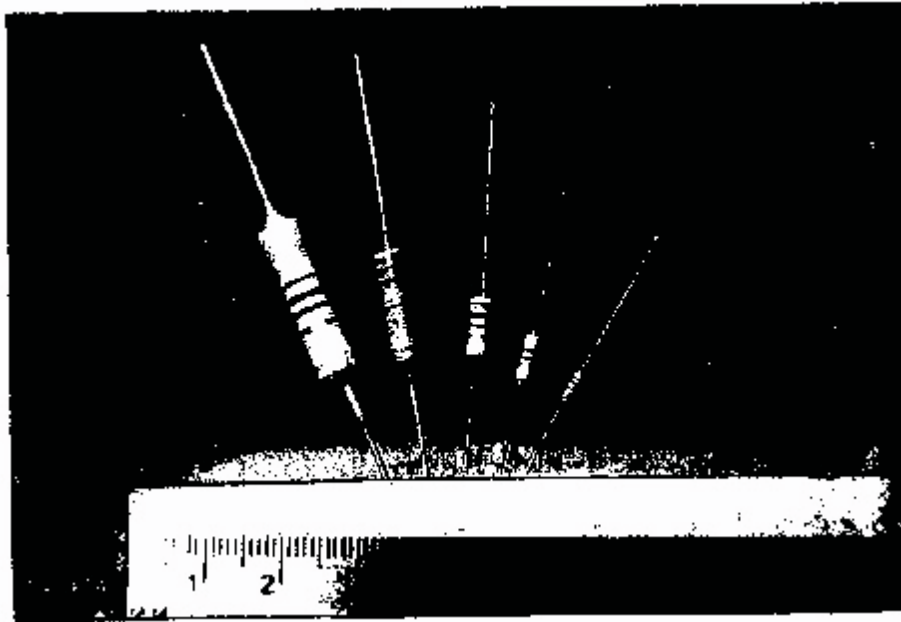


Fig. 1.10 –Tamaño real de las resistencias de carbón

Tabla 1.2 –Código de resistencias

Color	Valor del primer color	Valor del segundo color	Multiplicador expresado por el tercer color	Tolerancia expresada por cuarto color	Confiabledad expresada por el quinto color
Negro		0	100 = 1		
Café	1	1	101 = 10		1%
Rojo	2	2	102 = 100		0.1%
Naranja	3	3	103 = 1 000		0.01%
Amarillo	4	4	104 = 10 000		0.001%
Verde	5	5	105 = 100 000		
Azul	6	6	106 = 1 000 000		
Violeta	7	7			
Gris	8	8			
Blanco	9	9			
Oro			0.1	5%	
Plata			0.1	10%	
Ninguno				20%	

Resistencia variable

Las resistencias variables tienen mucha importancia en nuestra vida diaria. Se usan para ajustar el volumen de la radio, la intensidad de la luz eléctrica o el calor del horno. La Fig. 1.11 muestra el interior y el exterior de resistencias típicas.

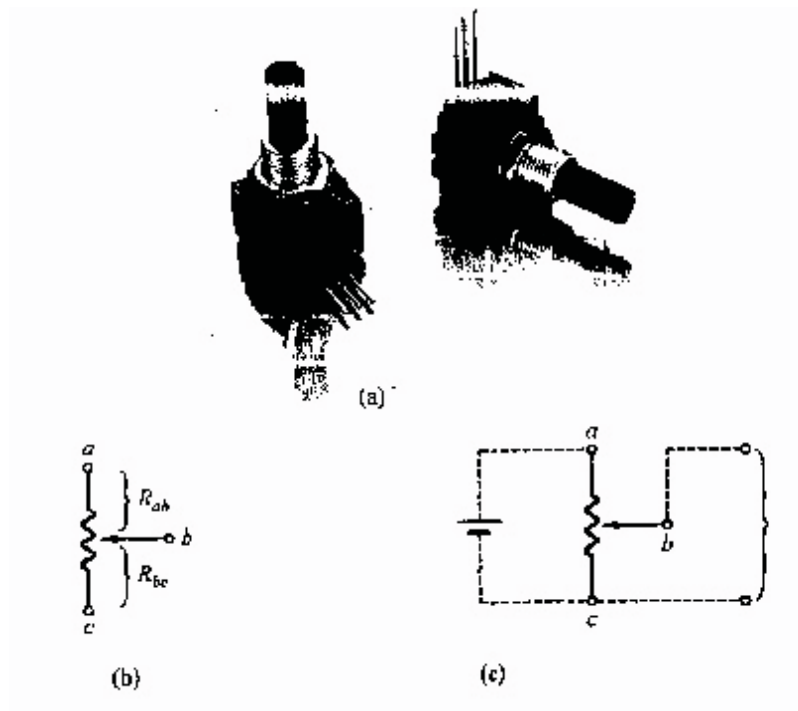


Fig. 1.11 –Resistencias Variables (Bourns, Inc.)

En la Fig. 1.11 se puede ver que hay tres terminales en las resistencias variables, dos de ellas fijas al material. Girando el eje de la resistencia variable, el punto central se moverá y conecta a los limpiaparabrisas. La resistencia entre los dos terminales externos permanece constante, y la resistencia entre los terminales del medio y los otros dos depende de la posición del terminal del centro.

Ejemplo 1.7. Determine la resistencia en la Fig. 1.12

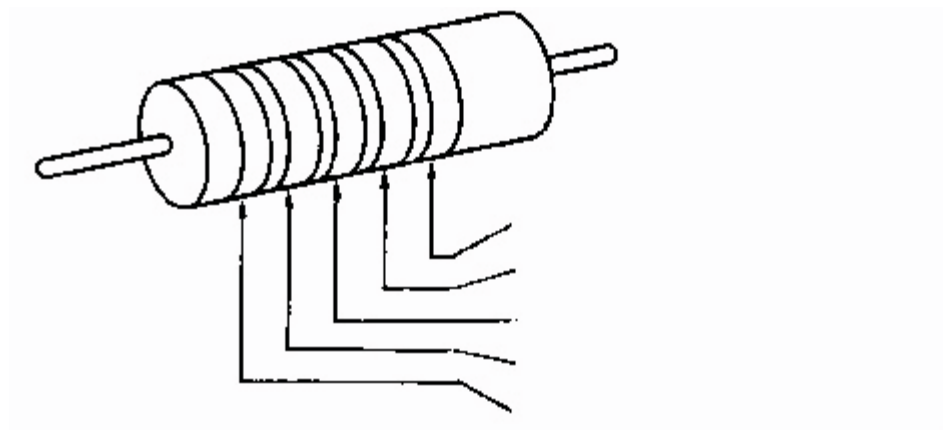


Fig. 1.12

Respuesta:

Utilizando los valores de la Tabla 1.2:

$$R = 18 \times 10^3 \Omega \pm 5\% = 18 \text{ k}\Omega \pm 0.9 \text{ }\Omega$$

La confiabilidad es de 0.1%

Esta especificación describe que la resistencia está entre 171 kW y 18.9 kW, y que existe la posibilidad de 1 en 1000 de que la resistencia esté fuera de rango después de las 1,000 horas de funcionamiento.

Conductancia

La definición de Conductancia es la capacidad que tienen los electrones de fluir en los materiales. La unidad definida en el sistema SI es el Siemens, S. Una alta conductancia implica que esta sustancia es un buen conductor, mientras que una conductancia baja indica una capacidad pobre de conducción. La conductancia se puede expresar como el inverso de la resistencia, es decir:

$$G = 1 / R \text{ (Siemens, S),}$$

donde R es la resistencia, expresada en Ω

Ejemplo: determine la conductancia de las siguientes resistencias:

(1) 5 Ω , (2) 100 kW, (3) 50 m Ω