

	Facultad de Ingeniería Mexicali	Ciclo Escolar: 2021-2	
	Material Didáctico Electricidad y Magnetismo	Formación Básica	
	Unidad 3, Circuitos de corriente continua	Pág. 1 de 7	

Estado del documento:	Nuevo		Modificación	X	
-----------------------	-------	--	--------------	---	--

ELABORÓ	REVISÓ	AUTORIZÓ
		
Ing. Ana Liduvina López Vargas	Dr. Moises Jesus Castro Toscano	Dra. Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas
Profesora	Profesor-Investigador	Coordinador del área Tronco Común

Control de cambios del documento			
Revisión	Ciclo Escolar	Autor de quien elaboro	Descripción o motivo del cambio
0	2020-2	Ana Liduvina López Vargas	Primera Versión de Paquete Didáctico
1	2021-2	Ana Liduvina López Vargas	Adecuar Material Didáctico al nuevo formato



3.3 Resistencia y Ley de Ohm.

3.3.1 Resistencia y resistividad

En algunos materiales, la densidad de corriente es proporcional al campo eléctrico:

$$J = \sigma E \quad (1)$$

Donde la constante de proporcionalidad σ se conoce como **conductividad** del conductor. Los materiales que obedecen la ecuación (1), siguen la ley de Ohm, en honor a Georg Simon Ohm. La **ley de Ohm** afirma que en muchos materiales (inclusive la mayor parte de los metales) la relación de la densidad de corriente al campo eléctrico es una constante σ que es independiente del campo eléctrico que produce la corriente.

Si consideramos un segmento de alambre recto de área de sección transversal uniforme A y de longitud l , como se muestra en la figura 1 obtendrá una ecuación que resulte útil en aplicaciones prácticas.

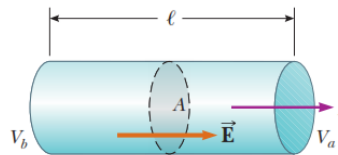


Fig. 1 Conductor uniforme de longitud l y un área de sección transversal A . La diferencia de potencial $\Delta V = V_b - V_a$ que se mantiene de un extremo al otro del conductor establece un campo eléctrico E , y este campo produce una corriente que es proporcional a la diferencia de potencial.

La cantidad $R = \frac{l}{\sigma A}$ se conoce como la resistencia del conductor que es definida como la relación de la diferencia de potencial aplicada a un conductor entre la corriente que pasa por el mismo:

$$R = \frac{V}{I} \quad (2)$$

Donde: R = Resistencia del conductor

V = Diferencia de potencial aplicado al conductor

I = Corriente que pasa por el conductor

Con este resultado se observa que la resistencia tiene unidades del SI de volts por ampere. Un volt por ampere se define como un ohm (Ω):

$$1\Omega = 1 \frac{V}{A}$$



La ley de Ohm afirma que la corriente I a través de un conductor dado es directamente proporcional a la diferencia de potencial V entre sus puntos extremos.

La ley de Ohm permite definir la resistencia R y escribir las siguientes formas de la ley:

$$I = \frac{V}{R} \quad (3)$$

$$V = IR \quad (4)$$

$$R = \frac{V}{I} \quad (2)$$

La mayoría de los circuitos eléctricos usan elementos llamados resistores para controlar la corriente en las diferentes partes del circuito ya que se oponen a su paso. El recíproco de la conductividad es la **resistividad** ρ :

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

Donde ρ está en ohms-metros ($\Omega \cdot m$). Ya que $R = \frac{l}{\sigma A}$, es posible expresar la resistencia a lo largo de la longitud l de un bloque uniforme de material de la forma:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (5)$$

Donde ρ es la resistividad del material.

Todo material óhmico tiene una resistividad característica que depende de las propiedades del material y de la temperatura. La figura 2 presenta las resistividades de una diversidad de materiales a 20°C.

Resistividades y coeficientes de temperatura de resistividad para diversos materiales		
Material	Resistividad ($\Omega \cdot m$)	Coefficiente de temperatura ^b $\alpha [(^{\circ}C)^{-1}]$
Plata	1.59×10^{-8}	3.8×10^{-3}
Cobre	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Oro	2.44×10^{-8}	3.4×10^{-3}
Aluminio	2.82×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Tungsteno	5.6×10^{-8}	4.5×10^{-3}
Hierro	10×10^{-8}	5.0×10^{-3}
Platino	11×10^{-8}	3.92×10^{-3}
Plomo	22×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Aleación nicromo ^c	1.50×10^{-6}	0.4×10^{-3}
Carbono	3.5×10^{-5}	-0.5×10^{-3}
Germanio	0.46	-48×10^{-3}
Silicio	2.3×10^3	-75×10^{-3}
Vidrio	10^{10} a 10^{14}	
Hule vulcanizado	$\sim 10^{13}$	
Azufre	10^{15}	
Cuarzo (fundido)	75×10^{16}	

Fig. 2 Resistividades de diversos materiales a 20°C



Observe el enorme intervalo existente, desde valores muy reducidos de resistividad para buenos conductores, como el cobre y la plata, hasta valores muy elevados de resistividad para los buenos aislantes como el vidrio y el hule. Un conductor ideal debería tener una resistividad igual a cero, y un aislador ideal una resistividad infinita. La ecuación (8) muestra que la resistencia de un conductor cilíndrico conocido como un alambre es proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su área de sección transversal. Si se duplica la longitud de un alambre, su resistencia se duplica. Si se duplica su área de sección transversal, su resistencia disminuye a la mitad.

Ejemplo: Resistencia del alambre de Nicromo

El radio del alambre de Nicromo calibre 22 es de 0.321 mm. A) Calcule la resistencia por unidad de longitud de este alambre. B) Si una diferencia de potencial de 10 V se mantiene a través de una longitud de 1.0 m de alambre de Nicromo, ¿cuál es la corriente en el alambre?

Solución: La figura 2 muestra que el Nicromo tiene una resistividad $1.5 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ y el alambre se modela como un cilindro, de modo que se aplica un simple análisis geométrico para encontrar la resistencia.

A) Use la ecuación (5) y la resistividad del Nicromo de la tabla 1 encontrar la resistencia por unidad de longitud:

$$\frac{R}{l} = \frac{\rho}{A} = \frac{\rho}{\pi r^2} = \frac{1.5 \times 10^{-6} \Omega \cdot m}{\pi (0.321 \times 10^{-3} m)^2} = 4.6 \frac{\Omega}{m}$$
$$\frac{R}{l} = 4.6 \frac{\Omega}{m}$$

B) Aplicando ley de Ohm y usando la ecuación (3) para encontrar la corriente tenemos que:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{10V}{(4.6 \Omega/m)l} = \frac{10V}{(4.6 \Omega/m)(1m)} = 2.2A$$

$$I = 2.2A$$

3.3.2 Efecto de la temperatura en la resistencia

En un intervalo limitado de temperatura, la resistividad de un conductor varía prácticamente de manera lineal con la temperatura, de acuerdo con la expresión

$$\rho = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad (6)$$



Donde ρ es la resistividad a cierta temperatura T (en grados Celsius), ρ_0 la resistividad en alguna temperatura de referencia T_0 (por lo general 20°C), y α el coeficiente de temperatura de resistividad. A partir de la ecuación (9), el coeficiente de temperatura de resistividad se expresa como

$$\alpha = \frac{\Delta\rho}{\rho_0\Delta T} \quad (7)$$

donde $\Delta\rho = \rho - \rho_0$ es el cambio en la resistividad durante el intervalo de temperatura $\Delta T = T - T_0$.

Los coeficientes de temperatura de resistividad correspondientes a diferentes materiales aparecen en la figura 2. Observe que la unidad de α es en grados Celsius⁻¹ [$^\circ\text{C}^{-1}$]. Ya que la resistencia es proporcional a la resistividad (ecuación 8), la variación en la resistencia de una muestra es

$$\Delta R = R_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad (8)$$

$$\Delta R = \alpha R_0 \Delta T \quad (9)$$

donde R_0 es la resistencia a la temperatura T_0 .

3.3.3 Energía eléctrica y potencia

En los circuitos eléctricos típicos, la energía se transfiere de una fuente, como una batería, a algún dispositivo, como sería una lámpara o un receptor de radio. Tenemos el circuito de la figura 3, donde se entrega energía a un resistor. En los diagramas de circuitos los resistores se representan mediante el símbolo

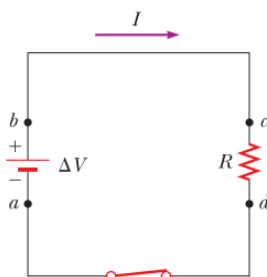


Fig. 3 Circuito constituido por un resistor de resistencia R y una batería con una diferencia de potencial ΔV entre sus terminales. La carga positiva fluye en dirección de las manecillas del reloj.

Imagine la trayectoria de una carga Q positiva en dirección de las manecillas del reloj alrededor del circuito de la figura 3 desde el punto a , a través de la batería, del resistor y de regreso al punto a . Conforme la carga se mueve de a a b a través de la batería, la energía potencial eléctrica del sistema aumenta en una cantidad $Q \Delta V$, en tanto que la energía potencial química de la batería se reduce en la misma cantidad. Sin embargo, conforme la carga se mueve de c a d a través del resistor el sistema pierde esta energía potencial eléctrica durante las colisiones de los electrones con los átomos del resistor.



El resistor normalmente está en contacto con el aire, de este modo su temperatura aumentada da como resultado una transferencia de energía por calor hacia el aire. Además, el resistor emite una radiación térmica, lo que representa otro modo de escape de la energía.

Después de algún tiempo transcurrido, el resistor alcanza una temperatura constante, momento en el cual la energía de entrada de la batería está equilibrada con la energía de salida por calor y radiación.

Considere ahora la rapidez a la cual el sistema pierde energía potencial eléctrica conforme la carga Q pasa a través del resistor:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{d}{dt}(Q\Delta V) = \frac{dQ}{dt}\Delta V = I\Delta V \quad (10)$$

Donde I es la corriente en el circuito. Por lo tanto, la potencia P , que representa la rapidez a la cual se entrega energía al resistor, es

$$P = I\Delta V \quad (11)$$

Se deduce este resultado si considera una batería que entrega energía a un resistor. Con la ecuación (12) y (13), y a partir de que un resistor $\Delta V = IR$, la potencia entregada al resistor tiene una expresión alterna

$$P = I^2 R \quad (12)$$

$$P = \frac{(\Delta V)^2}{R} \quad (13)$$

Cuando I se expresa en amperes, ΔV en volts y R en ohms (Ω), la unidad del SI para la potencia es el watt.

Ejemplo: Un calentador eléctrico se construye al aplicar una diferencia de potencial de 120 V a través de un alambre de nicromo que tiene una resistencia total de 8.00 Ω . Encuentre la corriente conducida por el alambre y la potencia de especificación del calentador.

Solución: Aplicando ley de Ohm y usando la ecuación (3) para encontrar la corriente tenemos que:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120V}{8\Omega} = 15 A$$

$$I = 15 A$$

Usando la ecuación (12) encontraremos la potencia nominal:

$$P = I^2 R = (15 A)^2 (8\Omega) = 1800 \text{ watts}$$

$$P = 1.8 \text{ kW}$$



Ejercicios a realizar:

1. Una diferencia de potencial de 0.900 V se mantiene a través de una longitud de 1.50 m de alambre de tungsteno que tiene un área de sección transversal de 0.600 mm². ¿Cuál es la corriente en el alambre?
2. ¿Qué longitud l de alambre de cobre se requiere para producir un resistor de 4 m Ω ? Suponga que el diámetro del alambre es 1 mm y que la resistividad ρ del cobre es $1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$.
3. La resistencia de un alambre de cobre es 4.00 m Ω a 20°C. ¿Cuál será su resistencia si se calienta a 80°C? Suponga que $\alpha = 0.004 / ^\circ C$.
4. Una herramienta se clasifica en 9 A cuando se usa con un circuito que proporciona 120 V. ¿Qué potencia se usa para operar esta herramienta?