

Estudio de la Resistividad eléctrica de un alambre metálico

Corriente Eléctrica

Si dos conductores que se encuentran a diferente potencial se ponen en contacto por medio de un alambre, se produce una modificación de la distribución de sus cargas, pasando una determinada cantidad de estas de uno a otro conductor. Esta transferencia de carga iguala los potenciales de ambos. Si por un medio cualquiera pudiéramos mantener la diferencia de potencial que existía, el transporte de electricidad de uno a otro a través del alambre persistiría.

En estas circunstancias se dice que por el alambre circula una corriente eléctrica, cuyo sentido se adopta convencionalmente como desde el conductor a mayor potencial, hacia el de menor. Esto es equivalente a fijar su sentido de circulación coincidente con la dirección en que se desplazan las cargas positivas.

En el caso particular de los metales, los portadores son electrones libres (carga negativa) por lo que el sentido de circulación se toma, respetando la convención, en sentido contrario al desplazamiento de los electrones.

En general, una corriente eléctrica puede originarse por el movimiento de ambos tipos de cargas, por ejemplo, en un electrolito, donde el desplazamiento de los iones positivos y negativos, en sentido contrario, contribuyen a la corriente total. Cuantitativamente, su valor está dado por la cantidad de carga transportada en la unidad de tiempo, y su unidad es el Ampere ([Coulomb/Segundo]).

$$(1) \quad I [Ampere] = \frac{dQ}{dt} \left[\frac{C}{s} \right]$$

Definimos como densidad de corriente al vector cuyo módulo representa la corriente por unidad de área y su dirección la del movimiento de los portadores supuestos positivos.

$$(2) \quad \vec{j} = \frac{dI}{dS} \hat{n}$$

donde \vec{j} es un vector cuya dirección es perpendicular a la sección dS a través de la cual fluye la carga.

de manera que, para una sección cualquiera:

$$(3) \quad I = \iint \vec{j} \cdot d\vec{S}$$

Conductividad: Ley de Ohm

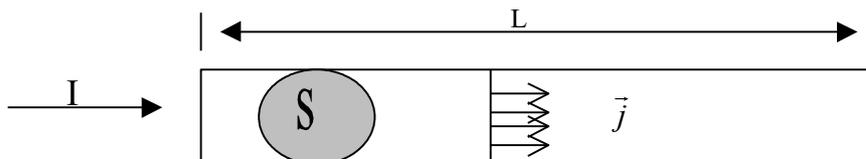
La diferencia de potencial entre los extremos del conductor, origina en el mismo un campo eléctrico \vec{E} . En una gran variedad de materiales, y para campos moderados, la densidad de corriente en el material es proporcional al campo \vec{E} siendo constante de proporcionalidad un parámetro característico del

material, que llamaremos conductividad:

$$(4) \quad \vec{j} = \sigma \vec{E}$$

A esta relación se la denomina Ley de Ohm

Si consideramos un alambre metálico homogéneo de sección transversal uniforme S y longitud L por el cual circula una corriente I , tal como se ve en la figura siguiente, tendremos:



$$(5) \quad I = \iint \vec{j} \cdot d\vec{S} = j \cdot S = \sigma E S = -\sigma \frac{d\phi}{dl} S$$

$$(6) \quad d\phi = \frac{-1}{\sigma} \frac{I}{S} dl$$

integrando entre los extremos del conductor, A y B, extremos del conductor:

$$(7) \quad V = \phi_A - \phi_B = \frac{1}{\sigma} \frac{IL}{S}$$

Si dejamos el extremo final de la integral variable

$$(8) \quad V(l) = \phi_A - \phi_l = \frac{1}{\sigma} \frac{I}{S} l$$

Resistividad:

Se define la resistividad como la inversa de la conductividad:

$$(9) \quad \rho = \frac{1}{\sigma}$$

$$V = \rho \frac{L}{S} I$$

Llamando $R = \frac{\rho L}{S}$, resistencia del alambre entre A y B, la ecuación anterior expresa la ley de Ohm:

$$V = R \cdot I$$

La unidad de resistencia se denomina Ohm (Ω). igual a [Volt/Ampere], y la resistividad se indica en [ohm/mm], [ohm/cm] u [ohm/m], según sea la unidad de longitud elegida.

Variación de la Resistividad con la Temperatura:

El coeficiente de resistividad ρ es característico del metal o aleación con que esta construido el alambre. Varía sensiblemente con la temperatura, lo que significa que, si las dimensiones, sección y largo, no se modifican, la resistencia del mismo varía en igual proporción. Para variaciones, ΔT , de la temperatura, se puede expresar la variación de la resistividad como un polinomio:

$$(10) \quad \rho_T = \rho_{T_0} \left[1 + \alpha \cdot \Delta T + \beta \cdot (\Delta T)^2 + \dots \right]$$

Donde α y β son coeficientes característicos del material, α corresponde al término de variación lineal con la temperatura y β al término de variación cuadrática con la temperatura. ΔT es la diferencia de temperaturas ($T - T_0$) y los puntos suspensivos indican que es una serie infinita para los términos de orden superior.

Para pequeñas variaciones de temperatura, se puede aproximar a una relación lineal:

$$(11) \quad \rho_T = \rho_{T_0} [1 + \alpha \cdot \Delta T]$$

que, en términos de la resistencia se expresa:

$$(12) \quad R_T = R_{T_0} [1 + \alpha \Delta T]$$

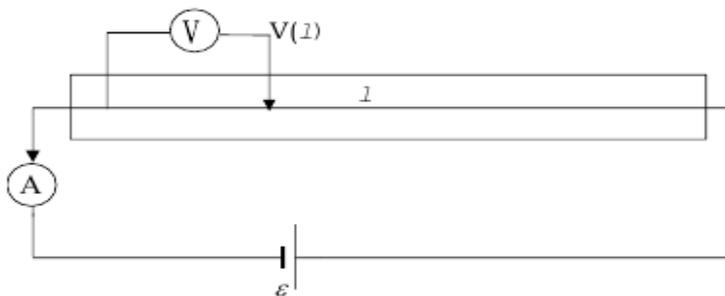
Determinación del Coeficiente de Resistividad ρ de un Alambre

El alambre conductor en cuestión se encuentra extendido sobre una base aislante, junto con una regla milimetrada. Se hace circular una corriente conectando sus extremos a una batería, la cual medimos con un amperímetro. Se toman los valores de tensión V para distintas longitudes, l , del alambre y se registran los valores medidos en un gráfico $V = f(L)$, los puntos graficados describirán una recta que cumple con la

ecuación (9) $V(l) = \rho \frac{l}{S} I$

Y la pendiente de la recta será: $m = \frac{\rho I}{A}$

El valor de la pendiente se puede obtener haciendo un ajuste por cuadrados mínimos sobre los valores registrados. Con este dato y conociendo la corriente y la sección del alambre, que se obtiene a partir del valor del diámetro (medido con un tornillo micrométrico) se puede determinar el valor de la resistencia.



Determinación del Coeficiente lineal α - de variación de ρ con la Temperatura

Una opción podría ser sumergir una resistencia (alambre de cobre arrollado) en un baño de aceite aislante (u otro material que sea buen transmisor del calor). Colocar luego la cubeta de contención sobre un mechero con lo cual se va elevando la temperatura. Debe tomarse simultáneamente su valor (con termómetro o termocupla) y el de la resistencia, luego graficando R versus T y haciendo un ajuste por cuadrados mínimos, podemos obtener α .

Otra forma (la que realizaremos en el laboratorio) es medir la resistencia de un bobinado de conductor de cobre (u otro material) pero calentándolo por efecto Joule (haciendo circular una corriente de valor I) y medir el valor de la temperatura del arrollamiento utilizando una termocupla inserta en el interior del bobinado.

Ajustando por cuadrados mínimos se obtienen la pendiente y la ordenada al origen de la ecuación:

$$R(T) = a + b T$$

$$R(T) = R(T_0) [1 + \alpha \cdot (T - T_0)]$$

de donde se puede obtener el valor de α referido a 0 [°C] y a 20 [°C].

Se elegirá el valor de la corriente (I) de calentamiento de forma tal que se logre calentar con suficiente rapidez el bobinado, sin embargo, esta “rapidez” no debe ser excesiva ya que sino el tiempo para realizar las mediciones es demasiado pequeño y el calentamiento del bobinado no es parejo. (Tendremos un mayor calentamiento en el interior, disminuyendo hacia el exterior en forma demasiado brusca debido a la disipación en el aire, para prevenirlo se envuelve el arrollamiento en un “aislante” térmico -Telgopor-).

