



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Laboratorio de Electromagnetismo

## Medición indirecta de la resistividad eléctrica de un alambre.

Integrantes del equipo:

- 1) Alonso Barradas Luis Gustavo
- 2) Fragoso Alvarado Daniel
- 3) Rios Fematt Mildred Stephany
- 4) Robledo Ibarra Emiliano



---

Profesora: Fís. Maris Sofía Flores Cruz.  
Ayudante: Miguel Ángel Amaya Reyes.  
Fecha de entrega: martes 21 de abril, 2020

## 1. Objetivos.

1. Mediante la ley de Ohm analizar la dependencia entre la resistencia eléctrica y la resistividad con la longitud y el área transversal para varios alambres esmaltados.
2. De forma indirecta, medir la resistividad de cada alambre dado y a partir de esto determinar el material del que están conformados.

## 2. Materiales.

- Micrómetro.
- Multímetro.
- Cinta métrica o bien un metro de madera.
- Fuente de poder de corriente directa (0 a 18 V).
- Cables conectores y caimanes.
- Alambres esmaltados del mismo material pero de diferente calibre (al menos seis).
- Cinta aislante.
- Lija de grano fino

## 3. Introducción.

Para crear una corriente eléctrica se requiere mover cargas, esto se puede lograr gracias a un campo eléctrico  $\vec{E}$ , el que tan rápido o que tan lento viajan depende del estímulo otorgado y de la naturaleza del material. En el caso de que las cargas positivas se muevan en dirección opuesta a las negativas se genera una corriente eléctrica en la dirección del campo. Resulta que, para muchos materiales se encuentra que la densidad de corriente es proporcional a la intensidad del campo eléctrico que la genera (Purcell, 1988, p. 256).

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (1)$$

A la anterior ecuación se le conoce como *ley de Ohm*, que es una ley empírica, una generalización derivada de la experimentación, la cual, falla en caso de que el campo eléctrico sea muy grande. Al término  $\sigma$  se le conoce como *conductividad* del material y a su inverso  $\rho = 1/\sigma$  se le llama *resistividad*, esta última se mide en  $\Omega m$ . La resistividad adquiere valores entre cero e infinito y nos habla de que tan buen o mal conductor es un material: mientras que al conductor perfecto se le otorga  $\rho = 0$ , para los aislantes perfectos  $\rho = \infty$  (Griffiths, 2017, p. 345).

Pensemos ahora en un conductor metálico a temperatura constante al cual se le somete a una corriente constante, la razón entre la diferencia de potencial  $V$  en dos puntos diferentes del conductor y la corriente  $I$  (constante) se le denomina *resistencia eléctrica*. Es expresada con la letra  $R$ . Y, podemos expresar a la ley de Ohm de la forma (Finn et al., 1999, p. 607):

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

Las unidades de la resistencia eléctrica es el volt/ampere, que recibe el nombre de *ohm*, y es abreviada con la letra  $\Omega$ . Debemos recordar que la ley de Ohm es un modelo idealizado (como la ley Hooke) que describe adecuadamente el comportamiento de ciertos materiales, no es una descripción general de toda la materia, sin embargo, en el caso de los conductores los describe casi a la perfección por lo que es aceptada en dichos materiales (Finn et al., 1999, p. 607).

**Resistividad a partir de la resistencia.** Si ya conocemos la resistividad de un material, entonces, es posible conocer la resistencia de ese material en una sección particular. Si consideramos un conductor cilíndrico –como lo es un alambre esmaltado–, con un área  $A$  de sección transversal y longitud  $L$  por la cual fluye una corriente estable  $I$ , y con una diferencia de potencial  $V$  entre sus extremos, entonces su campo eléctrico y el flujo de corriente son constantes y tienen los valores (Resnick et al., 2002, p. 690):

$$E = \frac{V}{L} \qquad J = \frac{I}{A}$$

Dadas estas relaciones y sustituyendo en la **Ecuación (2)**, tenemos que la resistencia esta dada por:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{LE}{AJ} = \frac{L}{A\sigma}$$

Ya que, dada la ley de Ohm  $V/I$  es la resistencia  $R$  y si recordamos que  $\rho = 1/\sigma$ , es posible expresar la resistencia en términos de la resistividad, la longitud del conductor y el área transversal del mismo:

$$R = \frac{\rho}{A}L \tag{3}$$

Cabe recordar que la resistividad es una propiedad intrínseca a cada material mientras que la resistencia puede variar conforme a la geometría de un objeto. Además de ello se destaca que para materiales *óhmicos* o *conductores lineales* (llamados así porque cumplen con la ley de Ohm) y dada una temperatura fija,  $\rho$  es una constante. (Young et al., 2009, p. 851)

Resistividades a 20°C	
Material	Resistividad [ $\Omega m$ ]
Conductores	
Plata	$1.59 \times 10^{-8}$
Cobre	$1.68 \times 10^{-8}$
Oro	$2.44 \times 10^{-8}$
Aluminio	$2.65 \times 10^{-8}$
Tungsteno	$5.6 \times 10^{-8}$
Hierro	$10 \times 10^{-8}$
Platino	$10.6 \times 10^{-8}$
Plomo	$11 \times 10^{-8}$
Nicromio	$150 \times 10^{-8}$
Semiconductores <sup>1</sup>	
Carbono (grafito)	$(3 - 60) \times 10^{-5}$
Germanio	$(1 - 500) \times 10^{-3}$
Silicio	$0.1 - 60$
Aisladores	
Vidrio	$10^9 - 10^{12}$
Caucho duro	$10^{12} - 10^{15}$
Azufre	$10^{15}$

Tabla 1: Tabla de valores para la resistividad de distintos materiales a una temperatura de 20°C *Recuperada de Alonso et.al., 1999, p. 485*

## 4. Actividades a realizar.

### Construcción del circuito.

1. Antes que nada, se deberán de escoger al menos 6 calibres diferentes de alambre esmaltado con longitud mínima de 1 metro. Para cada segmento de alambre que se haya escogido, se le deberá de retirar en su totalidad el esmalte de su superficie con ayuda de una lija de grano fino, teniendo cuidado de no dañar la uniformidad de su superficie. Previo a conectar el alambre al circuito que a continuación se describe, mida con el micrómetro el diámetro de cada uno de los alambres.
2. Para realizar las mediciones necesarias se conectará la fuente de poder y se ajustará en corriente continua (DC). Sin dar valores aún de voltaje y corriente, se conectarán los cables banana-caimán de la fuente de poder a los extremos del alambre a medir, el orden de conexión es indistinto. Posteriormente, con cinta aislante, se fijará el alambre de forma que se encuentre recto sobre una superficie no conductora, de preferencia donde sea posible medir longitudes (como el metro de madera). Se realiza esto con el fin de facilitar la obtención de las mediciones haciendo que un extremo conectado a la fuente de poder quede en el *cero* de nuestro instrumento de medición.
3. Una vez ajustado, se conectará la punta de prueba de la terminal  $V\Omega mA$  del multímetro al extremo del cable que fue conectado a la terminal positiva de la fuente de poder, dejando libre la otra punta de prueba (la conectada a la terminal COM). En la **Figura 1 y Figura 2** se muestra un diagrama gráfico y el circuito eléctrico del montaje.
4. Finalmente, se escogerán valores constantes de voltaje y corriente que deberán ser registrados para el posterior análisis; por seguridad se debe trabajar a un voltaje menor a **6V** y una corriente no mayor a los **0.600 A**.

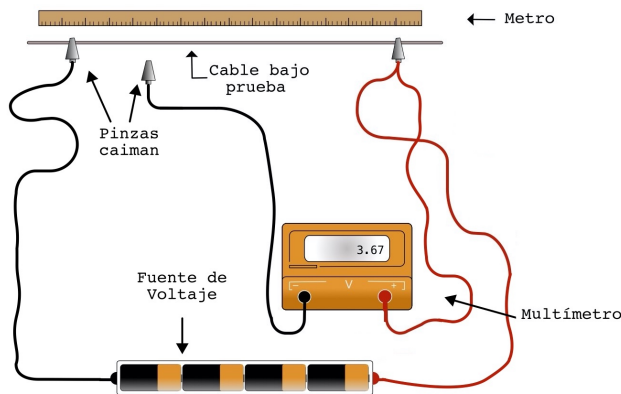


Figura 1: Diagrama gráfico del arreglo experimental.

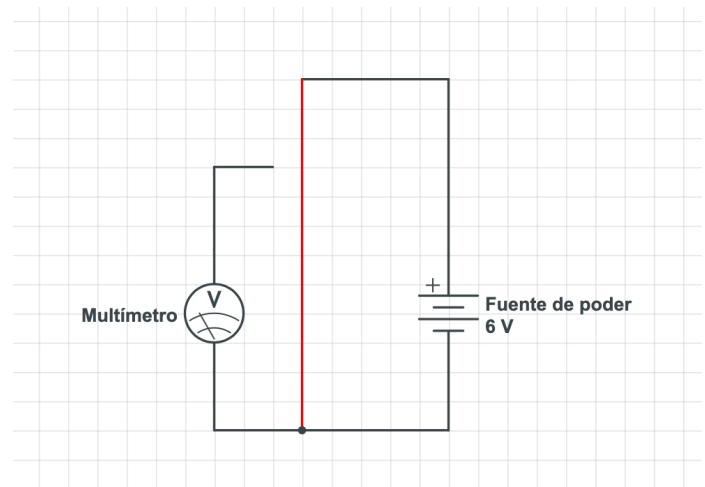


Figura 2: Diagrama del circuito del arreglo experimental. En rojo se muestra el cable a medir.

Es importante mencionar que el circuito, debido al constante suministro de corriente, comenzará a aumentar su temperatura lo cual podría alterar las mediciones y se recomienda interrumpir el flujo cuando no se realicen mediciones.

<sup>1</sup>Los valores dependen fuertemente de las impurezas, incluso en cantidades muy pequeñas.

## Medición de la resistencia y resistividad.

1. Se elegirán al menos 15 valores de longitudes, en las cuales se medirá la diferencia de potencial  $V$  mediante la punta de prueba libre del multímetro, y mediante la ley de Ohm se determinará la resistencia eléctrica, repita el proceso para los 6 diferentes calibres a las mismas distancias designadas.

## 5. Observaciones para el análisis de resultados.

**Análisis de longitud** Se graficará resistencia contra longitud para cada uno de los calibres elegidos, en cada caso se deberá de realizar un ajuste, y se deberá de analizar la dependencia que existe entre resistencia y longitud. En suma, debido a este ajuste discutir como varían (si es que lo hacen) y su relación con las variables. El ajuste obtenido se espera que sea de tipo lineal, de manera que se observe una relación directamente proporcional entre resistencia y longitud.

La pendiente de dicha recta se espera que sea similar al valor  $\rho/A$  y que varíe según el calibre, estos valores una vez obtenidos deberán de comprobarse, es decir, se deberá verificar que efectivamente coinciden las pendientes con el valor teórico  $\rho/A$  para cada calibre. Posteriormente, mediante la **ecuación (3)**, se obtendrá la resistividad; de la misma forma se graficará resistividad contra longitud, y, a partir de estos datos se realizará un ajuste para cada uno de los calibres elegidos, y se estudiará la dependencia que existe entre resistividad y longitud. Se tendría que obtener una línea constante, con lo que se concluye que de hecho la resistividad es independiente a la longitud.

**Análisis de área** Ahora, elíjase una longitud fija de las 15 previamente acordadas y para dicha longitud fija grafíquese la resistencia de cada cable contra área del mismo (haciendo esto para todos los calibres). Hecho esto, obsérvese la tendencia de los datos para posteriormente realizar un ajuste. Para poder realizarlo, se espera que se realice un cambio de variable adecuado de la forma:  $X = \frac{1}{A}$ . De manera que, se obtendrá la gráfica  $R = \rho LX$  y a partir de esto se deberá de determinar su relación, la cual, se espera que sea lineal de la forma  $\rho L$ , es decir, que la resistencia es inversamente proporcional al área transversal de un alambre.

Posteriormente, mediante la **ecuación (3)**, se obtendrá la resistividad para una longitud fija y diferentes calibres. Se graficará resistividad contra área, y se realizará un ajuste a los datos. Se determinará la dependencia que existe entre resistividad y área. El resultado del ajuste deberá de ser una recta constante, es decir que no hay ninguna dependencia de la resistividad con el área transversal, es más, el resultado debería de coincidir con el obtenido en el análisis anterior.

Finalmente, mediante la obtención de la resistividad en ambos análisis, y al compararse con los datos de la bibliografía que se pueden consultar en la **Tabla 1**, se deberá de identificar el material del que se trata, pues la resistividad es una propiedad intrínseca de dicho material, que no depende de su geometría, a diferencia de la resistencia.

## Referencias

- Alonso, M., Finn, E. J., Heras, C. A., y Araujo, J. A. B. (1999). *Física vol.2: Campos y ondas* (2.<sup>a</sup> ed.). Pachuca, México: Fondo Educativo Interamericano.
- Griffiths, D. J. (2017). *Introduction to electrodynamics* (4.<sup>a</sup> ed.). Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Purcell, E. M. (1988). *Electricidad y magnetismo* (4.<sup>a</sup> ed.). Ciudad de México, México: Reverté.
- Resnick, R., Halliday, D., Krane, K. S., y Miguel, E. A. (2002). *Física* (5.<sup>a</sup> ed.). D.F., México: CECSA.

Young, H., y Freedman, R. A. (2009). *Física universitaria, con física moderna volumen 2*. (12.<sup>a</sup> ed.). Edo. de México, México: Pearson Educación.