

Resistencia eléctrica y resistividad: Experimentos con líneas de tinta de impresora y un resistor de carbón

María Inés Aguilar

Centro Educativo San Francisco Javier, miaguilar@ciudad.com.ar

Mariana Ceraolo

Colegio FASTA A. M. Boisdron, mceraolo@hotmail.com

Mónica Pose

Instituto Privado Argentino Japonés en Bs. As. Nichia Gakuin, monpose@yahoo.com.ar

Resumen

Estudiamos experimentalmente diferentes aspectos de la conducción eléctrica en distintos materiales. A) Utilizamos una hoja de papel con líneas impresas en una impresora de chorro de tinta para analizar la dependencia de la resistencia eléctrica con las dimensiones del material. B) Con un circuito eléctrico sencillo medimos la relación voltaje-corriente en una resistencia de carbón, de la cual analizamos si el comportamiento es óhmico (relación $V-I$ lineal) y obtenemos la resistencia del elemento.

Introducción

La corriente eléctrica es el flujo de cargas eléctricas. En un conductor sólido son los electrones los que transportan la carga. En los fluidos, el flujo de carga eléctrica puede deberse tanto a los electrones como a los iones positivos y negativos. La cantidad de corriente que fluye por un circuito depende del voltaje suministrado por la fuente, pero además depende de la resistencia que opone el conductor al flujo de carga, es decir, la resistencia eléctrica ^[1,2].

La resistencia R de un conductor es proporcional a su longitud l e inversamente proporcional al área de su sección transversal S :

$$R = \rho \ l / S \quad (1)$$

La constante de proporcionalidad ρ se denomina resistividad del material, que depende del material con que está fabricado el conductor y de la temperatura (de aquí se deduce que R también depende de la temperatura). Separar la dependencia de la resistencia en las dimensiones y en el tipo de material de un conductor es útil para el cálculo de resistencias. A la inversa de la resistividad se denomina conductividad, σ :

$$\sigma = 1 / \rho \quad (2)$$

Ohm realizó experiencias sobre la capacidad de los metales para conducir electricidad. En 1826 presentó sus resultados resumidos en una ley, la Ley de Ohm, que expresa que la corriente que fluye a través de un conductor metálico a temperatura constante es proporcional a la diferencia de potencial que hay entre los extremos del conductor. A la relación entre la diferencia de potencial aplicada en los extremos de un conductor y la corriente que atraviesa ese conductor suele denominarse característica voltaje-corriente (V - I) del material. Ohm encontró experimentalmente que para un dado conductor metálico esta relación es proporcional, es decir, cuando, por ejemplo, se duplica o se triplica la diferencia de potencial, se duplica o se triplica la corriente, respectivamente. Dicho de otro modo, cuando una corriente eléctrica atraviesa un conductor, crea en éste una diferencia de potencial directamente proporcional a la corriente. La constante de proporcionalidad entre el voltaje y la corriente es la resistencia eléctrica R . La mayor o menor resistencia de un conductor es la mayor o menor dificultad que opone al paso de la corriente. Y así tendremos buenos y malos conductores de la corriente en función de que tengan baja o alta resistencia, respectivamente. Obviamente, los aislantes (no conducen la corriente) tendrán una resistencia altísima^[2].

Si se representa la resistencia del conductor con el símbolo R , la diferencia de potencial en los extremos del conductor con V , y la corriente que circula por él con I , la ley de Ohm puede formularse como:

$$V = I R \quad (3)$$

que es lo mismo que decir:

$$I = V / R \quad \text{ó} \quad R = V / I \quad (4)$$

La unidad de resistencia eléctrica es el Ohm, simbolizado por la letra griega Ω (omega). El Ohm es una resistencia tal del conductor que cuando se aplica una diferencia de potencial de 1 Volt a sus extremos, hay un flujo de una corriente de 1 Amper.

La diferencia de potencial que existe entre los extremos del conductor surge de la fuerza electromotriz de la fuente de electricidad, que puede ser una pila o una batería. Si una corriente pequeña fluye en el conductor, entonces éste debe oponer una gran resistencia al paso de la corriente. Y análogamente, una resistencia pequeña produce una corriente grande para una misma diferencia de potencial.

Los materiales que verifican la ley de Ohm, es decir, aquellos en donde la intensidad es proporcional a la diferencia de potencial entre sus extremos, se denominan materiales óhmicos. Aquellos en los que la intensidad no depende linealmente de la diferencia de potencial entre los extremos se llaman materiales no óhmicos.

Los objetivos del presente trabajo son:

- Investigar la variación de la resistencia eléctrica con la longitud y el área de un conductor.
- Investigar la característica voltaje-corriente de un resistor de carbón a temperatura ambiente y obtener la resistencia del elemento.

Metodología

Aprovechando que los componentes de la tinta de impresoras de chorro de tinta son buenos conductores de electricidad, utilizamos una hoja de papel con líneas impresas de igual largo y distintos anchos como muestra la figura 1.



Figura 1: Esquema de las líneas impresas.

Con el fin de demostrar la relación de la longitud y el área de un conductor eléctrico con su resistencia, señalamos sobre la hoja y en forma perpendicular a las líneas impresas, marcas equidistantes de 1 cm, para poder variar la longitud de cada una de las líneas, que en este caso representan los conductores eléctricos. Aconsejamos fijar la hoja sobre la mesa con una cinta adhesiva.

Para medir la resistencia eléctrica de las líneas, utilizamos un téster en su función de “óhmetro”, y registramos las diferentes mediciones de resistencia, a medida que aumentábamos la longitud de nuestro conductor. Es decir, colocamos una de las puntas del téster en uno de los extremos de la línea, y la otra punta a una distancia de 1 cm, luego a los 2 cm, y así hasta llegar hasta el otro extremo de la línea impresa (figura 2). Recomendamos presionar con fuerza (evitando romper el papel) las puntas del téster para estabilizar la lectura de los datos.

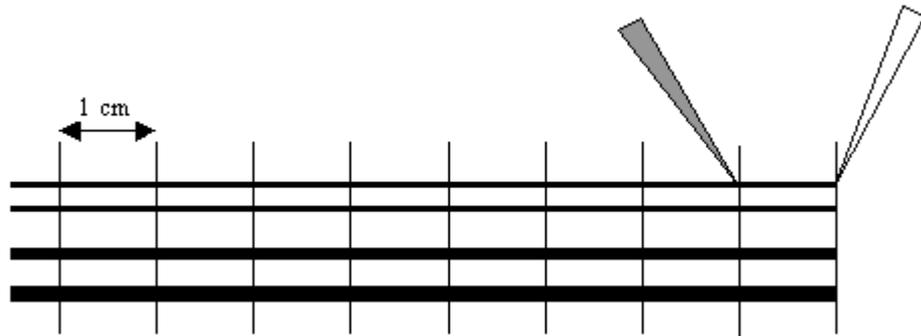


Figura 2 Esquema de las líneas con las marcas graduadas en cm, y las puntas del tester.

Además de registrar la resistencia a lo largo de una línea de un ancho determinado, medimos la resistencia de líneas de igual longitud pero de diferentes anchos.

Para determinar la relación voltaje-corriente de un resistor de carbón, construimos un circuito eléctrico utilizando una fuente variable de voltaje, un amperímetro, un voltímetro y cables de conexión. El circuito se muestra esquemáticamente en la figura 3.

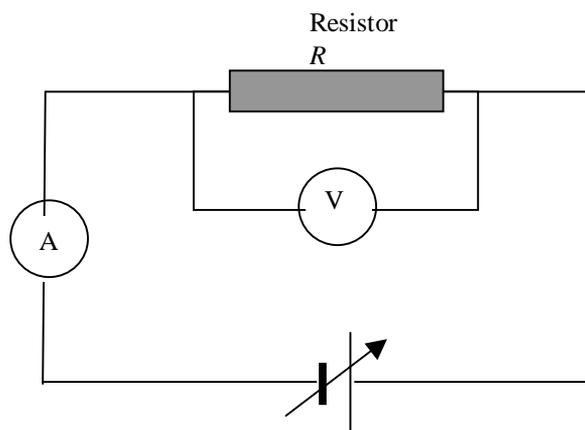


Figura 3 Esquema del circuito usado para medir la relación V-I de un conductor.

Resultados y discusión

Los resultados de las mediciones de la resistencia eléctrica de las líneas de tinta en relación con las diferentes longitudes se muestran en la figura 4.

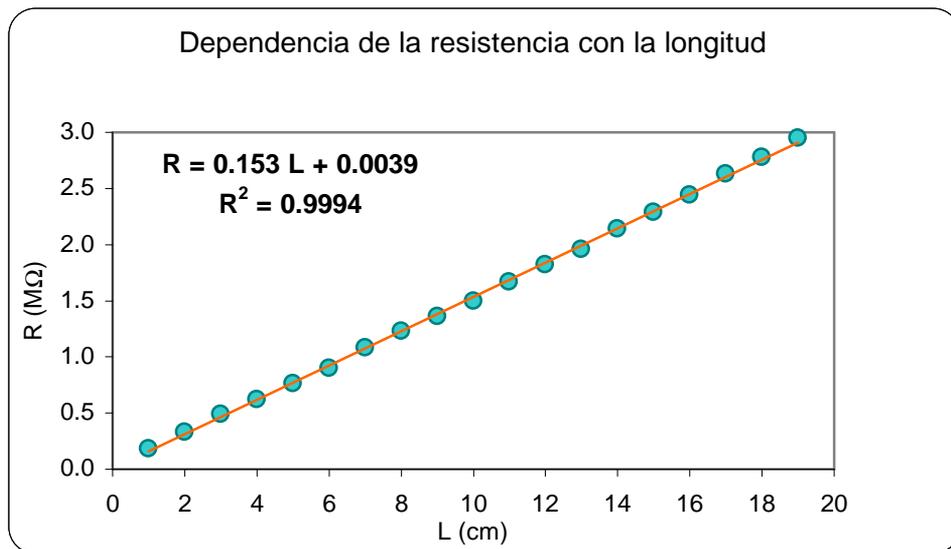


Figura 4: Gráfico de la resistencia eléctrica del conductor (en este caso la línea de tinta) en función de la longitud del conductor. La línea continua representa la mejor recta. El coeficiente de correlación R^2 cercano a 1 indica que existe una muy buena correlación lineal entre las variables.

Observamos en el gráfico que a medida que aumenta la longitud del conductor, la resistencia eléctrica también aumenta.

En cuanto a la relación que existe entre la resistencia y la sección transversal del conductor, en este caso por tratarse de líneas, consideramos como variable al ancho de cada una de las líneas (suponemos que el espesor de las líneas es constante). Los resultados se muestran en la figura 5, donde vemos que a medida que aumenta el ancho del conductor, la resistencia eléctrica del mismo disminuye. Esta relación se observa mejor en forma linealizada, como lo demuestra la figura 6.

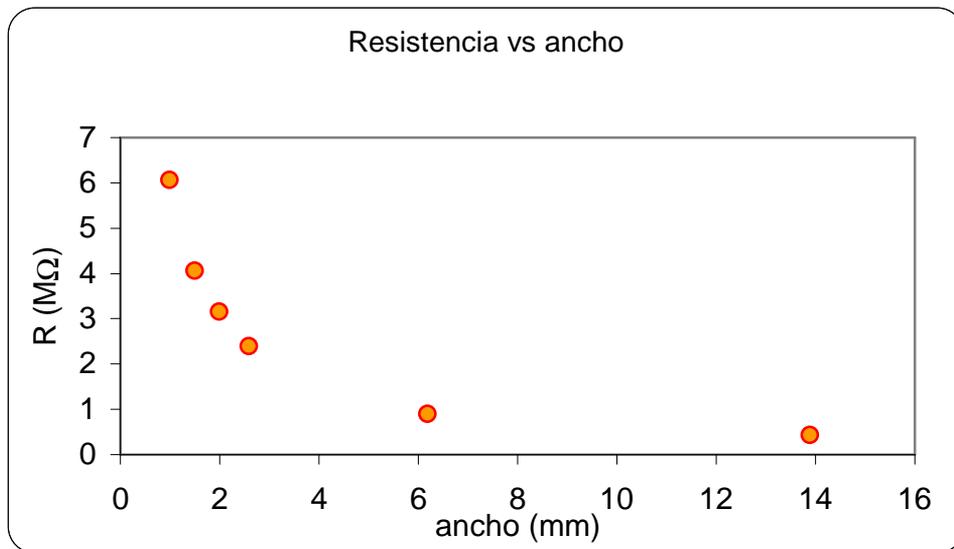


Figura 5: Gráfico de la resistencia eléctrica en función del ancho del conductor para líneas de la misma longitud.

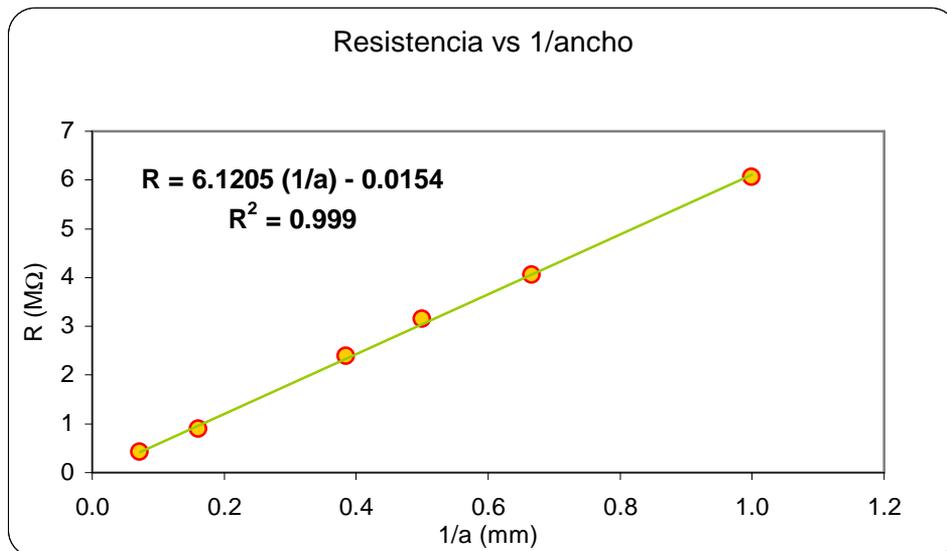


Figura 6: Gráfico de resistencia eléctrica en función de la inversa del ancho del conductor para líneas de la misma longitud.

Como se puede observar en la figura 6, la resistencia es inversamente proporcional al ancho, o a la sección de un conductor.

El análisis de estos datos nos permite analizar completamente las dependencias previstas por la ecuación (1) en lo que se refiere al comportamiento de la resistencia con las dimensiones del material conductor. Pero para trabajar el concepto de resistividad, es necesario manejar los datos de una forma distinta. En este caso volcamos en un gráfico los datos registrados de las resistencias en función del cociente entre la longitud y el ancho de las líneas (figura 7).

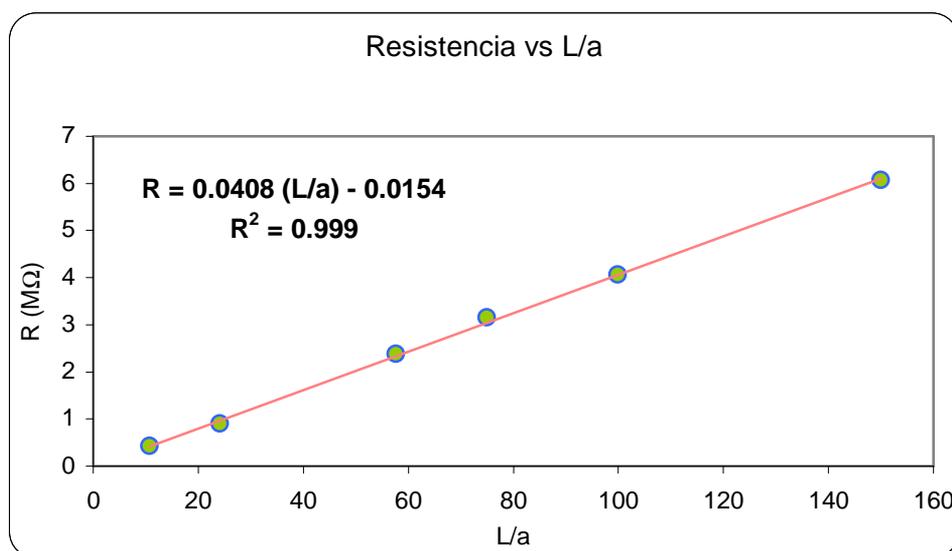


Figura 7: Gráfico de la resistencia eléctrica en función del cociente entre la longitud y el ancho de las líneas. La línea de trazo continuo representa la mejor recta.

A partir de la ecuación que determina la mejor recta para los datos considerados, podemos obtener el coeficiente de “resistividad por unidad de espesor”, que corresponde a la pendiente de dicha recta y cuyo valor es de 0.0408 MΩ.

Para analizar la dependencia entre la diferencia de potencial en un conductor con la intensidad de la corriente, trabajamos con el circuito eléctrico con fuente, amperímetro y voltímetro (figura 3). Los resultados obtenidos a partir de esas mediciones se muestran en la figura 8.

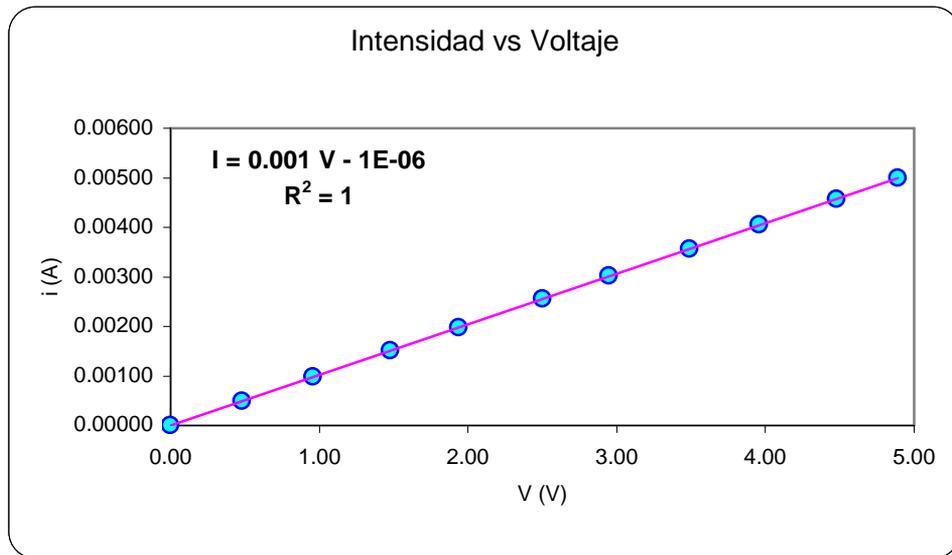


Figura 8: Gráfico de la intensidad de la corriente en función de la diferencia de potencial. La línea de trazo continuo representa la mejor recta para los datos obtenidos.

Observamos que para el elemento utilizado la diferencia de potencial V es directamente proporcional a la intensidad de la corriente I ; esto nos lleva a concluir que el resistor es de tipo óhmico. Del gráfico obtenemos su resistencia, representada por la inversa de la pendiente de la recta, $R = 1000 \Omega$, que coincide con el valor nominal dado por el fabricante.

Conclusiones

A partir de los datos experimentales observamos que a medida que aumenta la longitud del conductor, la resistencia también aumenta, y que a medida que aumenta el ancho (sección) del conductor, la resistencia eléctrica disminuye.

Encontramos que para un resistor de carbón a temperatura ambiente la diferencia de potencial V es directamente proporcional a la intensidad de la corriente I y concluimos que su comportamiento es óhmico.

Referencias

- 1) P. G. Hewitt, *Física conceptual*, Addison Wesley–Longman, segunda edición, 1998.
- 2) L. E. Folivi y A. Godman, *Física*, Voluntad–Logman, segunda edición, 1977.