

Laboratorio 4: Ley de Ohm, Resistencia y Resistividad*

Giovanni Alexander, Castro Morales, 201900481,^{1, **} Mario Ernesto, Marroquín Pérez, 202110509,^{1, ***} Joab Israel, Ajsivinac Ajsivinac, 202200135,^{2, ****} Alejandra Magalí, López Miranda, 201600085,^{1, *****} and Javier Andrés, Monjes Solórzano, 202100081^{1, *****}

¹Facultad de Ingeniería, Departamento de Física, Universidad de San Carlos, Edificio T1, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala.

²Facultad de Ingeniería, Departamento de Física, Universidad de San Carlos, Edificio T1, Ciudad Universitaria,

La ley de Ohm permitió la realización de esta práctica ya que esta consistía en el cálculo de la resistencia a la cual se sometió un material a diferentes longitudes. Esta se realizó haciendo graficas que, al obtener la pendiente, nos daban el valor directo de las resistencias. Comparando el valor de las resistencias con su respectiva longitud de análisis se obtiene un valor m que es necesario para calcular la resistividad, multiplicándolo por el área de sección transversal del alambre. El análisis de la resistividad experimental con la teórica nos dice que el material puede ser compuesto porque no está dentro de los rangos teóricos.

I. OBJETIVOS

A. Generales

- Comprender la Ley de Ohm y analizar su comportamiento.

B. Específicos

- * Determinar por medio de la Ley de Ohm un valor de resistencia usando los datos proporcionados.
- * Analizar el comportamiento de la gráfica de voltaje vs. corriente del material cuando se cierra un circuito.
- * Determinar la resistencia de un alambre conductor para diferentes longitudes.

II. MARCO TEÓRICO

A. Ley de Ohm

La ley de Ohm es una fórmula matemática que describe la correlación de los parámetros eléctricos (resistencia, corriente, voltaje) con los que varían. El nombre de la ley se debe al físico alemán Georg Ohm.

El paso de electrones a través de un material conductor no se encuentra libre de obstáculos, realizándose choques

inelásticos con otras partículas atómicas, habiendo pérdida de energía. Tal pérdida de energía por unidad de carga se conoce como una caída de potencial a través del material, y depende de cada material. George Ohm descubrió experimentalmente que existe una relación entre la corriente en el material y la caída de potencial.

La ley de Ohm establece que la corriente I en un material conductor es proporcional a la diferencia de potencial V aplicada en sus extremos; la constante de proporcionalidad se denomina resistencia, R del material, o sea:

$$\Delta V = IR \quad (1)$$

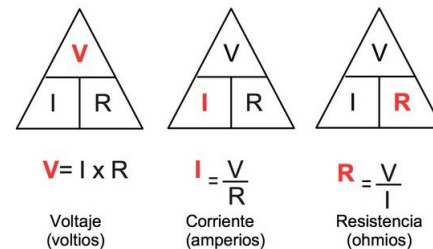


Figura 1: Triángulo de la ley de Ohm

R es la resistencia eléctrica. Por resistencia nos referimos al obstáculo que la corriente encuentra en su camino, cuanto más alto sea, más difícil será que la corriente lo atraviese. La unidad de medida de la resistencia son los ohmios, simbolizados por la letra griega omega (Ω).

I es la intensidad de una corriente eléctrica que atraviesa un conductor expresada en Amperios (A).

V es el voltaje. Por voltaje en cambio nos referimos a la diferencia de potencial entre un punto con respecto a otro expresado en Voltios (V).

* Laboratorios de Física

** e-mail: 3005626910101@ingenieria.usac.edu.gt

*** e-mail: 2815806340401@ingenieria.usac.edu.gt

**** e-mail: 3114791110409@ingenieria.usac.edu.gt

***** e-mail: 2816733570108@ingenieria.usac.edu.gt

***** e-mail: 3020696740101@ingenieria.usac.edu.gt

La intensidad de corriente de las cargas eléctricas es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia.

Para el voltaje, en cambio, cuanto mayor sea, mayor será la fuerza de atracción que genera para mover las cargas, por lo que para el mismo valor resistivo será directamente proporcional a la corriente.

B. Cálculo experimental de la resistencia de un alambre conductor para diferentes longitudes

Donde la resistencia de un alambre se puede determinar mediante:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2)$$

Donde ρ es la resistividad del material cuya dimensionales vienen dadas en $[\Omega \cdot m]$, la cual es una propiedad única para cada material y determina que tan conductor o aislante es el material, A es el área transversal del alambre y L es la longitud del alambre, al inverso de esta cantidad se le suele llamar conductividad

$$J = \frac{1}{\rho} \quad (3)$$

analizando la ecuación anterior es evidente que si la resistividad de un material es muy grande la conductividad será muy pequeña eso quiere decir que se trata de un material aislante, mientras que si la resistividad es muy pequeña la conductividad será muy alta por lo que se trata de un material conductor.

Resistividad de algunas sustancias a 20 °C			
	Sustancia	r (W·m)	Coefficiente de temperatura (K ⁻¹)
Conductores	Plata	$1.59 \cdot 10^{-8}$	$3.8 \cdot 10^{-3}$
	Cobre	$1.67 \cdot 10^{-8}$	$3.9 \cdot 10^{-3}$
	Oro	$2.35 \cdot 10^{-8}$	$3.4 \cdot 10^{-3}$
	Aluminio	$2.65 \cdot 10^{-8}$	$3.9 \cdot 10^{-3}$
	Wolframio	$5.65 \cdot 10^{-8}$	$4.5 \cdot 10^{-3}$
	Niquel	$6.84 \cdot 10^{-8}$	$6.0 \cdot 10^{-3}$
	Hierro	$9.71 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-3}$
	Platino	$10.6 \cdot 10^{-8}$	$3.93 \cdot 10^{-3}$
	Plomo	$20.65 \cdot 10^{-8}$	$4.3 \cdot 10^{-3}$
Semiconductores	Silicio	4300	$-7.5 \cdot 10^{-2}$
	Germanio	0.46	$-4.8 \cdot 10^{-2}$
Aislantes	Vidrio	$10^{10} - 10^{14}$	
	Cuarzo	$7.5 \cdot 10^{17}$	
	Azufre	10^{15}	
	Teflón	10^{15}	
	Caucho	$10^{15} - 10^{18}$	
	Madera	$10^8 - 10^{11}$	
	Diamante	10^{11}	

Figura 2: Tabla de resistividad de algunos materiales

Fuente: Manual Física 2

C. Aplicaciones de Circuitos Eléctricos

En la práctica No. 1 ya se explicaron las formas correctas de medir voltaje, corriente y resistencias así como sus precauciones correspondientes, por lo que en esta sección solo encontrara un breve resumen de estas:

■ Como medir voltaje DC:

- * Seleccione con la perilla el rango adecuado para realizar la medición de voltaje, y conecte el voltímetro en paralelo con el dispositivo al que desee medirle la diferencia de potencial.

■ Como medir corriente DC:

- * Seleccione con la perilla el rango adecuado para realizar la medición de corriente, y conecte el amperímetro en serie con el dispositivo al cual se le medirá la corriente.

■ Como medir resistencias eléctricas:

- * Asegúrese que ninguna corriente está pasando por el circuito, seleccione el rango adecuando para realizar la medición y conecte en paralelo el ohmímetro.

■ Cálculo de incertezas del multímetro

- * Hay que recordar que hay varios tipos de errores y dependiendo de la naturaleza de los mismos así es el método que se utiliza, los errores sistemáticos son debidos a defectos en los aparatos de medida o al método de trabajo. Por tanto, lo primero es consultar el manual del aparato, debido a que los errores sistemáticos varían dependiendo del fabricante y el modelo de este, siendo estos las incertezas del multímetro utilizado en el laboratorio.

1. Voltaje DC

Rango	Resolución	Precisión
200mV	100μV	± 1.0 % of rdg ± 2D
2000mV	1mV	± 1.2 % of rdg ± 2D
20V	10mV	± 1.2 % of rdg ± 2D
200V	100mV	± 1.2 % of rdg ± 2D
1000V	1V	± 1.5 % of rdg ± 2D

Figura 3: Tabla Incertezas de Voltajes.

2. Corriente DC

Rango	Resolución	Precisión
200 μ A	100nA	$\pm 1.5\%$ of rdg $\pm 2D$
2000 μ A	1 μ A	$\pm 1.5\%$ of rdg $\pm 2D$
20mA	10 μ A	$\pm 1.5\%$ of rdg $\pm 2D$
200mA	100 μ A	$\pm 2.0\%$ of rdg $\pm 2D$
10A	10 μ A	$\pm 3.0\%$ of rdg $\pm 2D$

Figura 4: Tabla Incerteza de Corrientes.

3. Resistencia

Rango	Resolución	Precisión
200 Ω	100m Ω	$\pm 1.2\%$ of rdg $\pm 2D$
2000 Ω	1 Ω	$\pm 1.2\%$ of rdg $\pm 2D$
20K Ω	10 Ω	$\pm 1.2\%$ of rdg $\pm 2D$
200K Ω	100 Ω	$\pm 1.2\%$ of rdg $\pm 2D$
2000K Ω	1K Ω	$\pm 1.5\%$ of rdg $\pm 2D$

Figura 5: Tabla Incerteza de Resistencias.

III. DISEÑO EXPERIMENTAL

Mediante el metodo de analisis y repetición de mediciones se obtuvieron los datos de corrientes y voltajes en diferentes posiciones a lo largo de un alambre de un material desconocido. Con los datos obtenidos se pudieron calcular la resistencia del material desconocido en las diferentes posiciones variando el voltaje, las cuales permitieron la obtención de los datos necesarios para encontrar la constante de resistividad para finalizar la práctica e identificar el material desconocido del alambre.

A. Materiales

- * Alambre conductor, sobre una regla graduada de un metro.
- * Dos multímetros
- * 4 alambres de conexión: 2 (banana-lagarto, negro-rojo) y 2 (lagarto-lagarto).
- * Una fuente de alimentación DC 33032
- * Un reostato o resistencia variable.

B. Magnitudes físicas a medir

- * Voltaje (V)
- * Corriente (A)
- * Longitud (m)

C. Procedimiento

- * Se armó el circuito eléctrico.
- * Como la fuente no empezaba desde cero voltios, se utilizó un reóstato para crear un divisor de voltaje y poder empezar desde cero, por lo tanto, el voltaje de la fuente permaneció fijo y se movió la perilla del reóstato para hacer variar el voltaje.
- * Se seleccionó un voltaje por medio del reóstato, y se procedió a medir el voltaje y la corriente que paso por el alambre para distintas longitudes.
- * Se anotaron los datos experimentales para voltajes diferentes para las distintas longitudes.
- * Se repitió el paso anterior para 6 voltajes diferentes.

IV. RESULTADOS

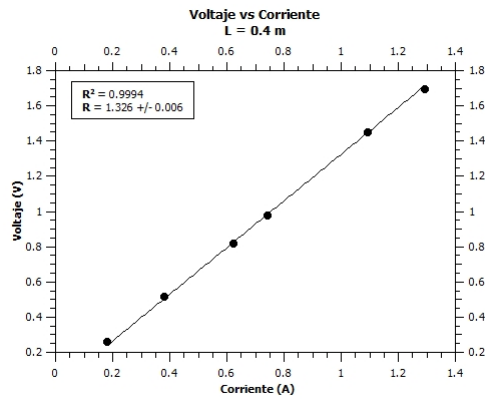
Tabla No.1

Tabla Voltaje vs Corriente con longitud 0.40 m

No.	Voltaje ($V \pm \Delta V$)	Corriente ($A \pm \Delta A$)
1	0.26 ± 0.02	0.180 ± 0.005
2	0.52 ± 0.03	0.380 ± 0.011
3	0.82 ± 0.03	0.62 ± 0.02
4	0.98 ± 0.03	0.74 ± 0.02
5	1.45 ± 0.04	1.09 ± 0.03
6	1.70 ± 0.04	1.29 ± 0.04

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.1
Gráfica Voltaje vs Corriente (L=0.40 m)



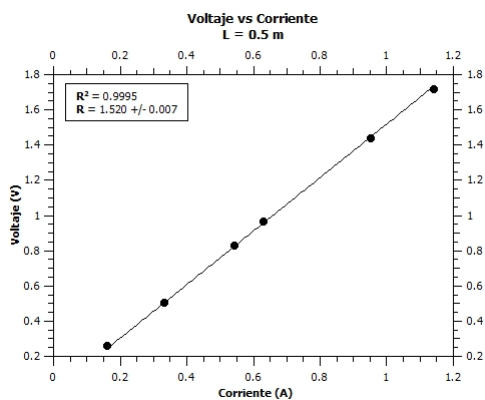
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla No.2
Tabla Voltaje vs Corriente con longitud 0.50 m

No.	Voltaje (V ± ΔV)	Corriente (A ± ΔA)
1	0.26 ± 0.02	0.160 ± 0.005
2	0.51 ± 0.03	0.33 ± 0.01
3	0.83 ± 0.03	0.54 ± 0.02
4	0.97 ± 0.03	0.63 ± 0.02
5	1.44 ± 0.04	0.95 ± 0.03
6	1.72 ± 0.04	1.14 ± 0.03

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.2
Gráfica Voltaje vs Corriente (L=0.50 m)



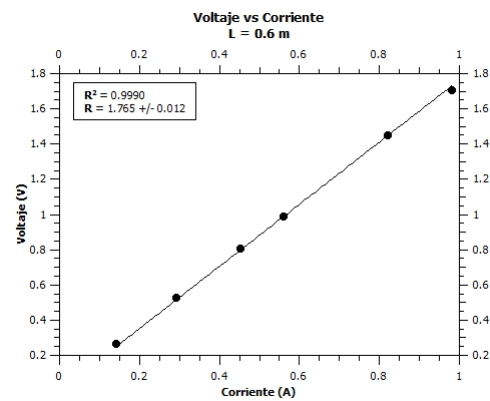
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla No.3
Tabla Voltaje vs Corriente con longitud 0.60 m

No.	Voltaje (V ± ΔV)	Corriente (A ± ΔA)
1	0.27 ± 0.02	0.140 ± 0.004
2	0.53 ± 0.03	0.290 ± 0.009
3	0.81 ± 0.03	0.450 ± 0.013
4	0.99 ± 0.03	0.56 ± 0.02
5	1.45 ± 0.04	0.82 ± 0.02
6	1.71 ± 0.04	0.98 ± 0.03

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.3
Gráfica Voltaje vs Corriente (L=0.60 m)



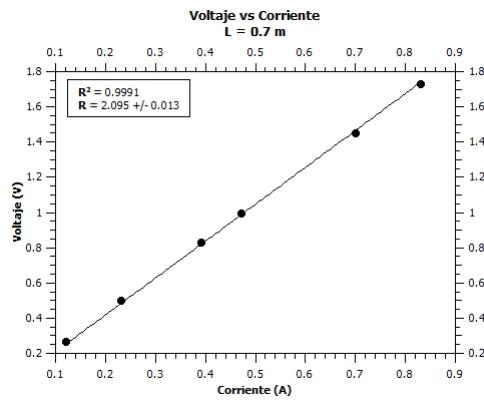
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla No.4
Tabla Voltaje vs Corriente con longitud 0.70 m

No.	Voltaje (V ± ΔV)	Corriente (A ± ΔA)
1	0.27 ± 0.02	0.120 ± 0.004
2	0.50 ± 0.03	0.230 ± 0.014
3	0.83 ± 0.03	0.39 ± 0.02
4	1.00 ± 0.03	0.47 ± 0.03
5	1.45 ± 0.04	0.70 ± 0.04
6	1.73 ± 0.04	0.83 ± 0.05

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.4
Gráfica Voltaje vs Corriente (L=0.70 m)



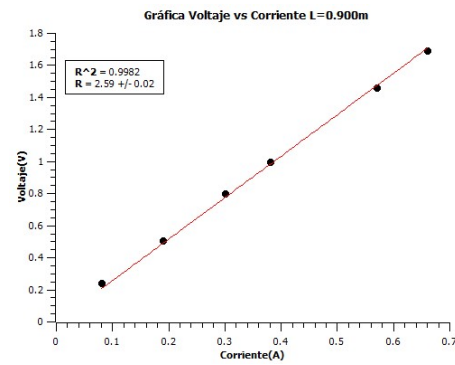
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla No.6
Tabla y Grafica con longitud 0.900m

No.	Voltaje ($V \pm \Delta V$)	Corriente ($A \pm \Delta A$)
1	0.24 ± 0.02	0.080 ± 0.002
2	0.51 ± 0.03	0.190 ± 0.011
3	0.80 ± 0.03	0.30 ± 0.02
4	1.00 ± 0.03	0.38 ± 0.02
5	1.46 ± 0.04	0.57 ± 0.03
6	1.69 ± 0.04	0.66 ± 0.04

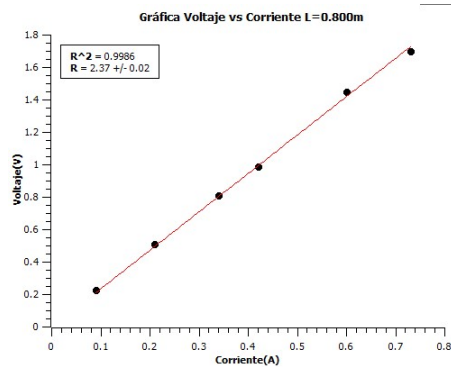
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.6
Diagrama de Voltaje (V)VS Corriente (A)(L=0.90m)
en el circuito en paralelo



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.5
Diagrama de Voltaje (V)VS Corriente (A)(L=0.80m)
en el circuito en paralelo



Fuente: Elaboración propia, 2023.

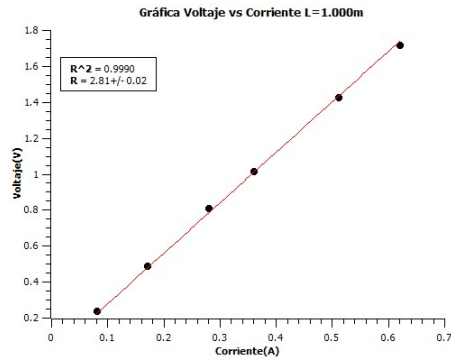
Tabla No.7
Tabla y Grafica con longitud 1.000m

No.	Voltaje ($V \pm \Delta V$)	Corriente ($A \pm \Delta A$)
1	0.24 ± 0.02	0.080 ± 0.002
2	0.49 ± 0.03	0.170 ± 0.010
3	0.81 ± 0.03	0.28 ± 0.02
4	1.02 ± 0.03	0.36 ± 0.02
5	1.43 ± 0.04	0.51 ± 0.03
6	1.72 ± 0.04	0.62 ± 0.04

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.7

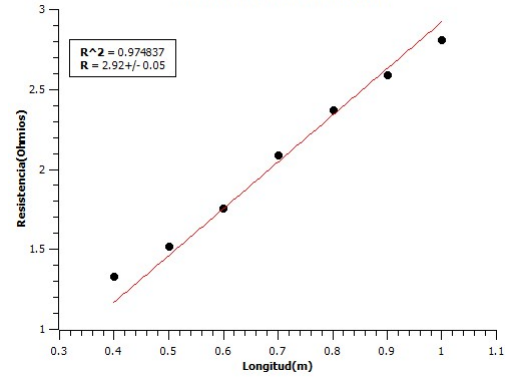
Diagrama de Voltaje (V) VS Corriente (A) (L=1.00m)
en el circuito en paralelo



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.8

Gráfica Resistencia vs Longitud
Gráfica Resistencia vs Longitud



Fuente: Elaboración propia, 2023.

A. Resistividad y Conductividad del Alambre

Tabla No.8

Resistividad y Conductividad

No.	Resistencia ($\Omega \pm \Delta\Omega$)	Longitud ($mm \pm \Delta mm$)
1	1.326 ± 0.006	0.400 ± 0.002
2	1.520 ± 0.007	0.500 ± 0.004
3	1.765 ± 0.012	0.600 ± 0.01
4	2.095 ± 0.013	0.700 ± 0.01
5	2.37 ± 0.02	0.800 ± 0.02
6	2.59 ± 0.02	0.900 ± 0.02
7	2.81 ± 0.02	1.000 ± 0.02

Fuente: Elaboración propia, 2023.

B. Tabla Resistencia (Ω) vs Longitud (m)

Tabla No.9

Resistividad y Conductividad

Resistencia (Ω)	Δ Resistencia (Ω)	Longitud ($mm \pm \Delta mm$)
1.326 ± 0.006	7.41E-03	0.400 ± 0.002
1.520 ± 0.007	8.53E-03	0.500 ± 0.004
1.765 ± 0.012	9.86E-03	0.600 ± 0.01
2.095 ± 0.013	1.17E-02	0.700 ± 0.01
2.37 ± 0.02	1.32E-02	0.800 ± 0.02
2.59 ± 0.02	1.46E-02	0.900 ± 0.02
2.81 ± 0.02	1.57E-02	1.000 ± 0.02

Fuente: Elaboración propia, 2023.

C. Tabla Resistencia (Ω) y Conductividad (σ)

Tabla No.10

$m(\Omega/m)$	$\Delta m (\Omega/m)$	$p(\Omega/m)$	$\Delta p (\Omega/m)$
2.94+00	4.53-02	5.88E-07	4.92E-08

Fuente: Elaboración propia, 2023.

D. Resultado de m, obtenido de qtiplot

Tabla No.11

Resultado de m

$m(\Omega/mm)$
2.92 ± 0.0005

Fuente: Elaboración propia, 2023.

E. Resultado de la Resistividad del Material: Acero Inoxidable

Tabla No.12

Resultado de Resistividad

Resistividad($\Omega * mm$)
$6.00 \times 10^{-7} \pm 1.00 \times 10^{-10}$

Fuente: Elaboración propia, 2023.

F. Resultado de la Resistividad del Materia

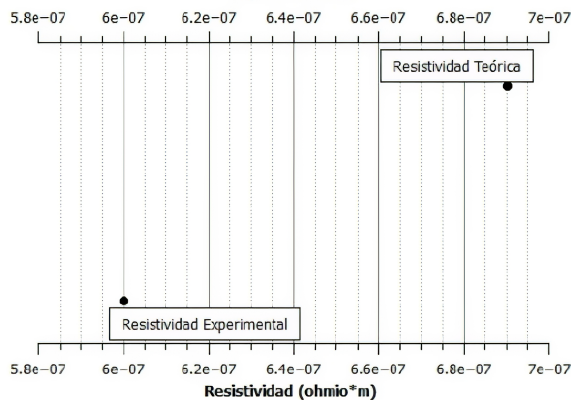
físicas del material.

Tabla No.13
Resultado de Resistividad

Resistividad Teórica($\Omega * mm$)	Resistividad Experimental ($\Omega * mm$)
6.90×10^{-7}	$6.00 \times 10^{-7} \pm 1.00 \times 10^{-10}$

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.9
Gráfica Resistividad Teórica(Ω) vs Resistividad Experimental (Ω)
Diagrama de incertezas resistividad teórica vs experimental



Fuente: Elaboración propia, 2023.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el informe demuestran una correlación acertada con los principios de la Ley de Ohm, la resistencia y la resistividad. Las gráficas generadas utilizando el software "qtiplot" proporcionan una representación visual de los datos dados en la práctica, lo que facilita el análisis y cálculo preciso de los mismos.

En relación a la Ley de Ohm, los datos muestran una proporcionalidad entre el incremento del voltaje aplicado y la corriente que fluye a través del circuito. Esta relación lineal entre el voltaje y la corriente se ajusta a la fórmula matemática $V = I * R$, donde V es el voltaje, I es la corriente y R es la resistencia. La consistencia en los resultados respalda la validez de la Ley de Ohm y su aplicación en el sistema bajo estudio.

Además, se analizó la resistividad en relación a la longitud del cable utilizado. Se observó que a medida que la longitud del cable aumentaba, la resistividad también aumentaba. Este comportamiento se debe a que, al mantener constante el área transversal del cable, una mayor longitud implica una mayor oposición al flujo de corriente. Esta característica es típica de los semiconductores, donde una mayor longitud conduce a una mayor resistividad. Estos hallazgos son consistentes con las propiedades

VI. CONCLUSIONES

1. Mediante la aplicación de la Ley de Ohm a los datos proporcionados, se ha determinado de manera precisa el valor de resistencia del material en estudio, lo cual proporciona una base sólida para comprender su comportamiento en el circuito.
2. El análisis del comportamiento de la gráfica de voltaje versus corriente del material al cerrar el circuito revela una relación lineal que cumple con la Ley de Ohm. Esta consistencia confirma la validez de la ley y demuestra que el material se comporta de acuerdo con las expectativas teóricas.
3. La determinación de la resistencia del alambre conductor para diferentes longitudes ha permitido observar un aumento proporcional en la resistencia a medida que la longitud del alambre aumenta. Este hallazgo es congruente con la naturaleza de la resistencia.

VII. ANEXOS

Figura No.10
Hoja de datos

L= 0.400m		L= 0.500m		L= 0.600m		L= 0.700m	
Voltaje (V)	Corriente (A)	Voltaje	Corriente	Voltaje	Corriente	Voltaje	Corriente
0.26	0.15	0.26	0.16	0.27	0.14	0.27	0.12
0.52	0.33	0.54	0.33	0.53	0.29	0.50	0.23
0.82	0.62	0.83	0.54	0.81	0.45	0.83	0.34
0.98	0.74	0.97	0.63	0.99	0.56	1.00	0.47
1.45	1.09	1.44	0.95	1.45	0.82	1.45	0.70
1.70	1.29	1.72	1.14	1.71	0.93	1.73	0.83

Voltaje: Escala 20V
Corriente: Escala 20A
Fuente 5V 1.2A

L= 0.800m		L= 0.900m		L= 1.000m	
Voltaje	Corriente	Voltaje	Corriente	Voltaje	Corriente
0.23	0.09	0.24	0.05	0.24	0.05
0.51	0.21	0.51	0.19	0.49	0.17
0.81	0.34	0.80	0.30	0.81	0.25
0.99	0.42	1.00	0.35	1.02	0.36
1.45	0.60	1.46	0.59	1.43	0.51
1.70	0.73	1.69	0.66	1.72	0.62

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.11

QtiPlot Resistencia 1 (L=0.40 m)

[14/06/2023 19:04:54 Plot: "Graph1"]
 Non-linear Fit of dataset: Table1_2, using function: R*x
 Weighting Method: No weighting
 Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001
 From x = 1.800000000000e-01 to x = 1.290000000000e+00
 R = 1.3258015652635e+00 +/- 6.5630764606853e-03

Chi^2/df = 1.7061600605908e-04
 R^2 = 0.999427904617
 Adjusted R^2 = 0.9992848807713
 RMSE (Root Mean Squared Error) = 0.01306200620345
 RSS (Residual Sum of Squares) = 0.0008530800302954

Iterations = 2
 Status = success

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.12

QtiPlot Resistencia 2 (L=0.50 m)

[14/06/2023 19:10:03 Plot: "Graph1"]
 Non-linear Fit of dataset: Table1_2, using function: R*x
 Weighting Method: No weighting
 Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001
 From x = 1.600000000000e-01 to x = 1.140000000000e+00
 R = 1.5199497537296e+00 +/- 7.1397241695394e-03

Chi^2/df = 1.5420647251330e-04
 R^2 = 0.999491859577
 Adjusted R^2 = 0.9993648199471
 RMSE (Root Mean Squared Error) = 0.0124179898741
 RSS (Residual Sum of Squares) = 0.0007710323625665

Iterations = 2
 Status = success

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.13

QtiPlot Resistencia 3 (L=0.60 m)

[15/06/2023 05:31:46 Plot: "Graph1"]
 Non-linear Fit of dataset: Table1_2, using function: R*x
 Weighting Method: No weighting
 Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001
 From x = 1.400000000000e-01 to x = 9.800000000000e-01
 R = 1.7647163278485e+00 +/- 1.1539007462664e-02

Chi^2/df = 2.9993074669271e-04
 R^2 = 0.9989914904281
 Adjusted R^2 = 0.9987393630351
 RMSE (Root Mean Squared Error) = 0.01731850878952
 RSS (Residual Sum of Squares) = 0.001499653733464

Iterations = 2
 Status = cannot reach the specified tolerance in F

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.14

QtiPlot Resistencia 4 (L=0.70 m)

[15/06/2023 05:36:52 Plot: "Graph1"]
 Non-linear Fit of dataset: Table1_2, using function: R*x
 Weighting Method: No weighting
 Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001
 From x = 1.200000000000e-01 to x = 8.300000000000e-01
 R = 2.0948616597248e+00 +/- 1.3286748055234e-02

Chi^2/df = 2.8584980237154e-04
 R^2 = 0.9990713936337
 Adjusted R^2 = 0.9988392420422
 RMSE (Root Mean Squared Error) = 0.01690709325613
 RSS (Residual Sum of Squares) = 0.001429249011858

Iterations = 2
 Status = success

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.15

QtiPlot Resistencia 5 (L=0.80 m)

[15/06/2023 00:10:37 Plot: "Graph2"]
 Non-linear Fit of dataset: Table1_2, using function: R*x
 Weighting Method: No weighting
 Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001
 From x = 9.000000000000e-02 to x = 7.300000000000e-01
 R = 2.3684423244748e+00 +/- 1.8704239513947e-02

Chi^2/df = 4.3279767197478e-04
 R^2 = 0.9985999794957
 Adjusted R^2 = 0.9982499743696
 RMSE (Root Mean Squared Error) = 0.02080378984644
 RSS (Residual Sum of Squares) = 0.002163988359874

Iterations = 2
 Status = cannot reach the specified tolerance in X

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.16

QtiPlot Resistencia 6 (L=0.90 m)

[15/06/2023 00:18:17 Plot: "Graph4"]
 Non-linear Fit of dataset: Table1_2, using function: R*x
 Weighting Method: No weighting
 Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001
 From x = 8.000000000000e-02 to x = 6.600000000000e-01
 R = 2.5869481395813e+00 +/- 2.3264009812520e-02

Chi^2/df = 5.6145556198188e-04
 R^2 = 0.9981656574687
 Adjusted R^2 = 0.9977070718359
 RMSE (Root Mean Squared Error) = 0.02369505353406
 RSS (Residual Sum of Squares) = 0.002807277809909

Iterations = 2
 Status = success

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura No.17
QtiPlot Resistencia 7 (L=1.00 m)

```
[15/06/2023 00:24:34      Plot: "Graph5"]
Non-linear Fit of dataset: Table1_2, using function: R*x
Weighting Method: No weighting
Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001
From x = 8.0000000000000e-02 to x = 6.2000000000000e-01
R = 2.8071637759315e+00 +/- 1.8299148586638e-02

Chi^2/dof = 2.9728767740482e-04
R^2 = 0.9990492777535
Adjusted R^2 = 0.9988115971919
RMSE (Root Mean Squared Error) = 0.01724203228755
RSS (Residual Sum of Squares) = 0.001486438387024

Iterations = 2
Status = cannot reach the specified tolerance in F
```

Fuente: Elaboración propia, 2023.

L=0.600m	
Voltaje(V)	$\pm \Delta_{voltaje}$
0.27	$(0.27X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.02$
0.53	$(0.53X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.03$
0.81	$(0.81X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.03$
0.99	$(0.99X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.03$
1.45	$(1.45X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.04$
1.71	$(1.71X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.04$
Corriente(A)	$\pm \Delta_{corriente}$
0.14	$(0.140X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.004$
0.29	$(0.290X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.009$
0.45	$(0.450X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.013$
0.56	$(0.56X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.02$
0.82	$(0.82X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.02$
0.98	$(0.98X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.03$

A. Cálculos Mediciones Experimentales Incertezas

L=0.400m	
Voltaje(V)	$\pm \Delta_{voltaje}$
0.26	$(0.26X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.02$
0.52	$(0.52X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.03$
0.82	$(0.82X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.03$
0.98	$(0.98X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.03$
1.45	$(1.45X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.04$
1.7	$(1.7X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.04$
Corriente(A)	$\pm \Delta_{corriente}$
0.18	$(0.180X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.005$
0.38	$(0.380X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.011$
0.62	$(0.62X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.02$
0.74	$(0.74X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.02$
1.09	$(1.09X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.03$
1.29	$(1.29X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.04$

L=0.700m	
Voltaje(V)	$\pm \Delta_{voltaje}$
0.27	$(0.27X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.02$
0.50	$(0.50X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.03$
0.83	$(0.83X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.03$
1.00	$(1.00X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.03$
1.45	$(1.45X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.04$
1.73	$(1.73X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.04$
Corriente(A)	$\pm \Delta_{corriente}$
0.12	$(0.120X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.004$
0.23	$(0.230X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.014$
0.39	$(0.39X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.02$
0.47	$(0.47X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.03$
0.70	$(0.70X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.04$
0.83	$(0.83X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.05$

L=0.500m	
Voltaje(V)	$\pm \Delta_{voltaje}$
0.26	$(0.26X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.02$
0.51	$(0.51X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.03$
0.83	$(0.83X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.03$
0.97	$(0.97X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.03$
1.44	$(1.44X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.04$
1.72	$(1.72X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.04$
Corriente(A)	$\pm \Delta_{corriente}$
0.16	$(0.160X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.005$
0.33	$(0.33X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.01$
0.54	$(0.54X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.02$
0.63	$(0.63X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.02$
0.95	$(0.95X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.03$
1.14	$(1.14X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.03$

L=0.800m	
Voltaje(V)	$\pm \Delta_{voltaje}$
0.23	$(0.23X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.02$
0.51	$(0.51X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.03$
0.81	$(0.81X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.03$
0.99	$(0.99X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.03$
1.45	$(1.45X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.04$
1.70	$(1.70X0.012) + (2X10^{-2}) = 0.04$
Corriente(A)	$\pm \Delta_{corriente}$
0.09	$(0.090X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.003$
0.21	$(0.210X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.013$
0.34	$(0.34X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.02$
0.42	$(0.42X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.03$
0.60	$(0.60X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.04$
0.73	$(0.73X0.03) + (2X10^{-5}) = 0.04$

L=0.900m	
Voltaje(V)	$\pm\Delta_{voltaje}$
0.24	$(0.24 \times 0.012) + (2 \times 10^{-2}) = 0.02$
0.51	$(0.51 \times 0.012) + (2 \times 10^{-2}) = 0.03$
0.80	$(0.80 \times 0.012) + (2 \times 10^{-2}) = 0.03$
1	$(1.00 \times 0.012) + (2 \times 10^{-2}) = 0.03$
1.46	$(1.46 \times 0.012) + (2 \times 10^{-2}) = 0.04$
1.69	$(1.69 \times 0.012) + (2 \times 10^{-2}) = 0.04$
Corriente(A)	$\pm\Delta_{corriente}$
0.08	$(0.080 \times 0.03) + (2 \times 10^{-5}) = 0.002$
0.19	$(0.190 \times 0.03) + (2 \times 10^{-5}) = 0.011$
0.30	$(0.30 \times 0.03) + (2 \times 10^{-5}) = 0.02$
0.38	$(0.38 \times 0.03) + (2 \times 10^{-5}) = 0.02$
0.57	$(0.57 \times 0.03) + (2 \times 10^{-5}) = 0.03$
0.66	$(0.66 \times 0.03) + (2 \times 10^{-5}) = 0.04$

Rango	Resolución	Precisión
200mV	100 μ V	$\pm 1.0\%$ of rdg $\pm 2D$
2000mV	1mV	$\pm 1.2\%$ of rdg $\pm 2D$
20V	10mV	$\pm 1.2\%$ of rdg $\pm 2D$
200V	100mV	$\pm 1.2\%$ of rdg $\pm 2D$
1000V	1V	$\pm 1.5\%$ of rdg $\pm 2D$

En el cálculo de incerteza para un voltaje, depende de las especificaciones del manual del multímetro utilizado y la escala de medición. En este caso tomando como ejemplo para una medición efectuada en la escala de 20V está dado por:

$$\Delta V = V(1.2\%) \pm 2D$$

En donde

ΔV : Incerteza de la medición.

V: Medición tomada.

D: Valor de la resolución dada la escala de medición.

En base a lo anterior se hicieron los respectivos calculos sustituyendo con cada valor solicitado.

El cálculo de incerteza para una corriente, depende de las especificaciones del manual del multímetro utilizado y la escala de medición.

Rango	Resolución	Precisión
200 μ A	100nA	$\pm 1.5\%$ of rdg $\pm 2D$
2000 μ A	1 μ A	$\pm 1.5\%$ of rdg $\pm 2D$
20mA	10 μ A	$\pm 1.5\%$ of rdg $\pm 2D$
200mA	100 μ A	$\pm 2.0\%$ of rdg $\pm 2D$
10A	10 μ A	$\pm 3.0\%$ of rdg $\pm 2D$

En este caso tomando como ejemplo para una medición efectuada en la escala de 10A está dado por:

$$\Delta I = I(3.0\%) \pm 2D$$

En donde

ΔI : Incerteza de la medición.

I: Medición tomada.

D: Valor de la resolución dada la escala de medición.

En base a lo anterior se hicieron los respectivos calculos sustituyendo con cada valor solicitado.

El área transversal del cable conductor es el área de un círculo, por lo tanto la ecuación es la siguiente:

$$\Pi * r^2 = Area$$

Sustituimos valores y queda de este modo

$$\Pi * (0.00025)^2 = 1.9635 * 10^{-7}$$

L=1.000m	
Voltaje(V)	$\pm\Delta_{voltaje}$
0.24	$(0.24 \times 0.012) + (2 \times 10^{-2}) = 0.02$
0.49	$(0.49 \times 0.012) + (2 \times 10^{-2}) = 0.03$
0.81	$(0.81 \times 0.012) + (2 \times 10^{-2}) = 0.03$
1.02	$(1.02 \times 0.012) + (2 \times 10^{-2}) = 0.03$
1.43	$(1.43 \times 0.012) + (2 \times 10^{-2}) = 0.04$
1.72	$(1.72 \times 0.012) + (2 \times 10^{-2}) = 0.04$
Corriente(A)	$\pm\Delta_{corriente}$
0.08	$(0.08 \times 0.03) + (2 \times 10^{-5}) = 0.002$
0.17	$(0.17 \times 0.03) + (2 \times 10^{-5}) = 0.010$
0.28	$(0.28 \times 0.03) + (2 \times 10^{-5}) = 0.02$
0.36	$(0.36 \times 0.03) + (2 \times 10^{-5}) = 0.02$
0.51	$(0.51 \times 0.03) + (2 \times 10^{-5}) = 0.03$
0.62	$(0.62 \times 0.03) + (2 \times 10^{-5}) = 0.04$

Figura No.18
Qtiplot Resistencia vs Longitud

```
[16/06/2023 11:14:11      Plot: "Graph1"]
Non-linear Fit of dataset: Table1_2, using function: R*x
Weighting Method: No weighting
Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001
From x = 4.000000000000000e-01 to x = 1.000000000000000e+00
R = 2.9253099730458e+00 +/- 4.5423728102130e-02

Chi^2/dof = 7.6548989218329e-03
R^2 = 0.975275646254
Adjusted R^2 = 0.9703307755049
RMSE (Root Mean Squared Error) = 0.0874922792127
RSS (Residual Sum of Squares) = 0.045929393531

Iterations = 1
Status = success
```

Para el Cálculo de resistividad experimental suando el coeficiente de ajusto se usó la siguiente fórmula:

$$\rho = m * A = \text{Resistividad}$$

Se uso la siguiente formula para el calculo de:

Calculo de p y Δp

$$\rho = m * A$$

$$\rho = m * \pi * r^2$$

Figura No.19

Cálculo de área

CALCULO DE ÁREA	A=pi*r^2	Valor de m
PI=3.141592654	3.1416	2.92+/-0.05
R=0.0005/2	0.00025	
r^2=(0.00025)^2	6.25E-08	
AREA	1.96E-07	

Figura No.20
Cálculo de resistividad

CALCULO RESISTIVIDAD	m*A		
Valor dem	2.92	Inverteza m	0.05
Area	1.96E-07		
RESISTIVIDAD	5.73E-07	INCERTEZA	9.82E-09
Resistividad aprox	6.00E-07	Incerteza aprox	1.00E-10

-
- [1] Grossman, S. (Segunda edici3n). (1987). *Álgebra lineal*. MÃ©xico: Grupo Editorial Iberoamericana.
- [2] Reckdahl, K. (Versi3n [3.0.1]). (2006). *Using Imported Graphics in LATEX and pdfLATEX*.
- [3] Nahvi, M., & Edminister, J. (Cuarta edici3n). (2003). *Schaum's outline of Theory and problems of electric circuits*. United States of America: McGraw-Hill.
- [4] Haley, S.(Feb. 1983).*The ThÃ©venin Circuit Theorem and Its Generalization to Linear Algebraic Systems*. Education, IEEE Transactions on, vol.26, no.1, pp.34-36.
- [5] An3nimo. *I-V Characteristic Curves* [En linea][25 de octubre de 2012]. Disponible en: <http://www.electronics-tutorials.ws/blog/i-v-characteristic-curves.html>