

## Práctica 3: Mediciones Eléctricas.

Delmy Yessenia, Cardona Santos, 202100050,<sup>1,\*</sup> Franklin Orlando, Noj Pérez, 202200089,<sup>1,\*\*</sup> Mario Roberto, Cuyún Mazariegos, 202200028,<sup>1,\*\*\*</sup> and Carlos Manuel, Barahona Luncey, 202201877<sup>1,\*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Departamento de Física, Universidad de San Carlos.

(Dated: 16 de abril de 2023)

Con los datos de voltaje y corriente se hicieron siete regresiones lineales para encontrar la variable de proporcionalidad entre el voltaje y corriente que es la resistencia. Luego con todas las resistencias calculadas, la longitud y el diámetro del conductor se calculó su área transversal. Con los datos anteriores se hizo una regresión lineal para determinar el valor de la constante de proporcionalidad entre la resistencia y longitud. Esa constante era la resistividad dividido el área, se calculó la resistividad y se determinó el material del cual estaba hecho el conductor.

### I. OBJETIVOS

#### A. General

- Cálculo experimental de la resistencia de un alambre que conduce para diferentes longitudes

#### B. Específicos

- Analizar el comportamiento del voltaje en función de la corriente en diferentes longitudes para el alambre conductor
- Utilizar la ley de Ohm para analizar el comportamiento de la corriente, voltaje, resistencia y resistividad
- Determinar la resistividad de un cable mediante la aplicación de la ley de Ohm.

### II. MARCO TEÓRICO

En el momento realizar mediciones eléctricas en un dispositivo fue necesario conocer los diferentes tipos de circuitos eléctricos tales como circuito en serie, circuito en paralelo y circuito mixto.

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:

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

Donde la resistencia de un alambre se puede determinar mediante

$$R = \rho L/A \quad (2)$$

Donde  $\rho$  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

$$J = 1/\rho \quad (3)$$

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 <sup>-1</sup> )
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	$5.65 \cdot 10^{-8}$	$4.5 \cdot 10^{-3}$
	Níquel	$6.84 \cdot 10^{-8}$	$6.0 \cdot 10^{-3}$
	Hierro	$9.71 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-3}$
	Platino	$10.6 \cdot 10^{-8}$	$3.9 \cdot 10^{-3}$
	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	$7.5 \cdot 10^{11}$	
	Azufre	$10^{15}$	
	Teflón	$10^{15}$	
	Caucho	$10^{15} - 10^{16}$	
	Madera	$10^8 - 10^{11}$	
	Diamante	$10^{11}$	

Figura 1: Tabla de resistividad de algunos materiales.

\* 3046680440115@ingenieria.usac.edu.gt

\*\* master11frank@gmail.com

\*\*\* 3611269800101@ingenieria.usac.edu.gt

\*\*\*\* 3560856350101@ingenieria.usac.edu.gt

## Material Carbono

El carbono presenta diversas formas policristalinas en la naturaleza, una de las cuales es el grafito, compuesto químicamente únicamente por este elemento C, aunque suele contener ciertas impurezas. Este mineral se encuentra habitualmente en rocas metamórficas como el mármol, el esquisto y el gneis, y su aplicación se centra en la fabricación de productos de acero, latón y bronce.

## Características

- Tiene una estructura cristalina en la que los átomos de carbono forman láminas o capas planas.
- Es un mineral muy suave, con una dureza de 1 a 2 en la escala de Mohs
- El grafito es negro y opaco, aunque en ocasiones puede presentarse de un gris oscuro

## III. DISEÑO EXPERIMENTAL

### A. Equipo

- 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 reóstato o resistencia variable.

### B. Desarrollo de la Práctica

- Se armó el circuito como se muestra a continuación:
- Como la fuente no empezó desde cero volts, 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 pasa por el alambre para las siguientes longitudes: 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 cm.
- Se anotaron los datos en una tabla como la que se muestra a continuación:
- Se repitió el paso anterior para 6 voltajes diferentes.

## C. Procesamiento Estadístico de los Datos

- Se realizó un gráfico en QtiPlot de voltaje vs corriente para cada una de las longitudes
- Al observar la ley de ohm fue evidente que esta poseía un comportamiento lineal, por lo que al realizar un fit lineal para cada uno de los gráficos la pendiente de estos fue la resistencia que poseía el material para esa determinada longitud.
- Se realizó un gráfico en QtiPlot de Resistencia vs Longitud.
- Ase escribió la Ec. 2 de la siguiente manera

$$R = \rho A / L \quad (4)$$

- Fue evidente que el comportamiento de la misma era lineal y que cuando se realizó un fit lineal en los gráficos de resistencia vs longitud la pendiente de estos fue

$$m = \rho * A \quad (5)$$

- Una vez que se conoce el valor de la pendiente, y dado que se conoce el valor del área del alambre, se puede determinar la resistividad de dicho alambre mediante:

$$\rho = Am \quad (6)$$

- Una vez que se conoció el valor de la resistividad se pudo buscar en una tabla de resistividades a cuál se asemejó más el valor y así se pudo determinar el material del mismo.
- Se realizó un reporte en LaTeX utilizando el formato IEEEtran.

## IV. RESULTADOS

**Tabla I: Tabla de voltajes vs Corriente**

Se realizó una tabla con distintos voltajes y corrientes ambos con su incerteza calculados a una distancia de 0.4 metros.

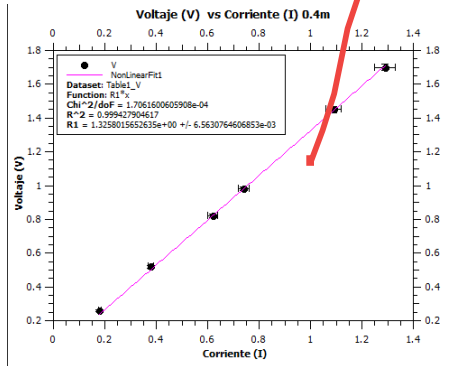
L = 0.4m	
Voltaje (V)	Corriente (A)
0.260 ±0.005	0.180 ±0.005
0.520 ±0.008	0.38 ±0.01
0.82 ±0.01	0.62 ±0.02
0.98 ±0.01	0.74 ±0.02
1.45 ±0.02	1.09 ±0.03
1.70 ±0.02	1.29 ±0.04

Fuente: Elaboración Propia 2023

**Figura No. 1**

Se realizó la gráfica Voltaje vs Coriente ambas con su respectiva incerteza para la distancia de 0.4m para poder determinar la resistencia correspondiente a dicha longitud.

Gráfica V vs I primera longitud



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla II: Tabla de voltajes vs Corriente**

Se realizó una tabla con distintos voltajes y corrientes ambos con su incerteza calculados a una distancia de 0.5 metros.

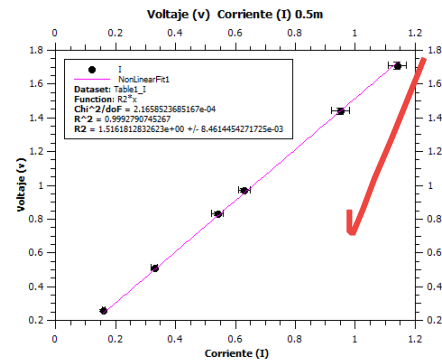
L = 0.5m	
Voltaje (V)	Corriente (A)
$0.260 \pm 0.005$	$0.160 \pm 0.005$
$0.510 \pm 0.008$	$0.33 \pm 0.01$
$0.83 \pm 0.01$	$0.5 \pm 0.02$
$0.97 \pm 0.01$	$0.63 \pm 0.02$
$1.44 \pm 0.02$	$0.95 \pm 0.03$
$1.71 \pm 0.02$	$1.14 \pm 0.03$

Fuente: Elaboración Propia 2023

**Figura No. 2**

Se realizó la gráfica Voltaje vs Coriente ambas con su respectiva incerteza para la distancia de 0.5m para poder determinar la resistencia correspondiente a dicha longitud.

Gráfica V vs I segunda longitud



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla III: Tabla de voltajes vs Corriente**

Se realizó una tabla con distintos voltajes y corrientes ambos con su incerteza calculados a una distancia de 0.6 metros.

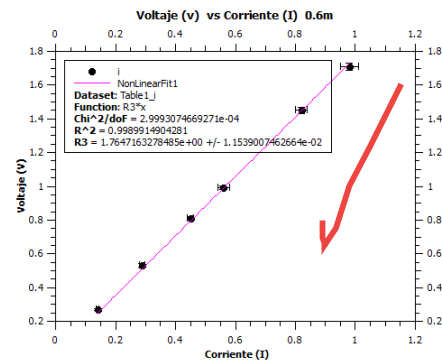
L = 0.6m	
Voltaje (V)	Corriente(A)
$0.270 \pm 0.005$	$0.140 \pm 0.004$
$0.53 \pm 0.01$	$0.29 \pm 0.009$
$0.81 \pm 0.02$	$0.45 \pm 0.01$
$0.99 \pm 0.01$	$0.56 \pm 0.02$
$1.45 \pm 0.02$	$0.82 \pm 0.02$
$1.71 \pm 0.02$	$0.98 \pm 0.03$

Fuente: Elaboración Propia 2023

**Figura No. 3**

Se realizó la gráfica Voltaje vs Coriente ambas con su respectiva incerteza para la distancia de 0.6m para poder determinar la resistencia correspondiente a dicha longitud.

Gráfica V vs I tercera longitud



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla IV: Tabla de voltajes vs Corriente**

Se realizó una tabla con distintos voltajes y corrientes ambos con su incerteza calculados a una distancia de 0.7 metros.

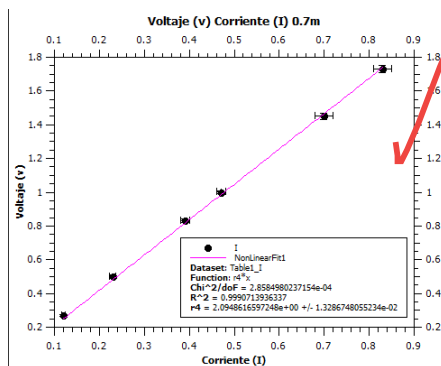
<b>L = 0.7m</b>	
<b>Voltaje (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>
0.270 ±0.005	0.120 ±0.004
0.500 ±0.008	0.230 ±0.007
0.83 ±0.01	0.39 ±0.01
1.00 ±0.01	0.47 ±0.01
1.45 ±0.02	0.70 ±0.02
1.73 ±0.02	0.83 ±0.02

Fuente: Elaboración Propia 2023

**Figura No. 4**

Se realizó la gráfica Voltaje vs Corriente ambas con su respectiva incerteza para la distancia de 0.7m para poder determinar la resistencia correspondiente a dicha longitud.

Gráfica V vs I cuarta longitud



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla V: Tabla de voltajes vs Corriente**

Se realizó una tabla con distintos voltajes y corrientes ambos con su incerteza calculados a una distancia de 0.8 metros.

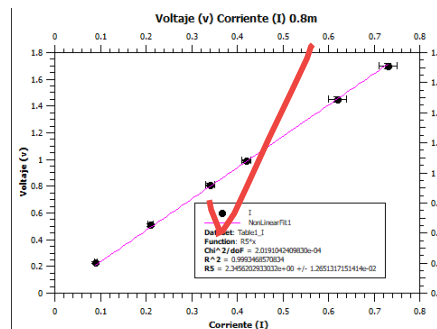
<b>L = 0.8m</b>	
<b>Voltaje (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>
0.230 ±0.005	0.090 ±0.003
0.510 ±0.008	0.210 ±0.006
0.81 ±0.01	0.34 ±0.01
0.99 ±0.01	0.42 ±0.01
1.45 ±0.02	0.62 ±0.02
1.70 ±0.02	0.73 ±0.02

Fuente: Elaboración Propia 2023

**Figura No. 5**

Se realizó la gráfica Voltaje vs Corriente ambas con su respectiva incerteza para la distancia de 0.8m para poder determinar la resistencia correspondiente a dicha longitud.

Gráfica V vs I quinta longitud



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla VI: Tabla de voltajes vs Corriente**

Se realizó una tabla con distintos voltajes y corrientes ambos con su incerteza calculados a una distancia de 0.9 metros.

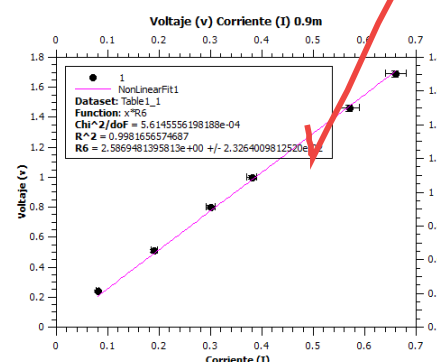
<b>L = 0.9m</b>	
<b>Voltaje (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>
0.240 ±0.005	0.080 ±0.002
0.510 ±0.008	0.190 ±0.006
0.80 ±0.01	0.30 ±0.009
1.00 ±0.01	0.38 ±0.01
1.46 ±0.02	0.57 ±0.02
1.69 ±0.02	0.66 ±0.02

Fuente: Elaboración Propia 2023

**Figura No. 6**

Se realizó la gráfica Voltaje vs Corriente ambas con su respectiva incerteza para la distancia de 0.9m para poder determinar la resistencia correspondiente a dicha longitud.

Gráfica V vs I sexta longitud



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla VII: Tabla de voltajes vs Corriente**

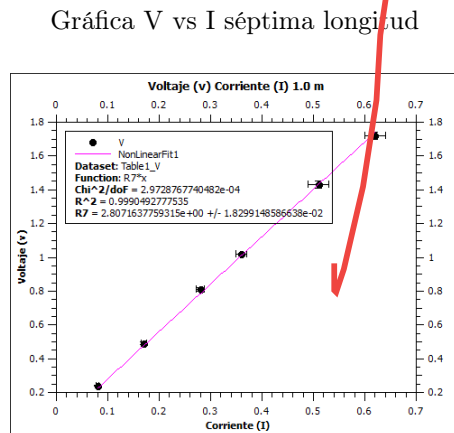
Se realizó una tabla con distintos voltajes y corrientes ambos con su incerteza calculados a una distancia de 1.00 metros.

L = 1.0 m	
Voltaje (V)	Corriente (A)
$0.240 \pm 0.005$	$0.080 \pm 0.002$
$0.490 \pm 0.008$	$0.170 \pm 0.00$
$0.81 \pm 0.04$	$0.280 \pm 0.008$
$1.02 \pm 0.01$	$0.36 \pm 0.01$
$1.43 \pm 0.02$	$0.51 \pm 0.02$
$1.72 \pm 0.02$	$0.62 \pm 0.02$

Fuente: Elaboración Propia 2023

**Figura No. 7**

Se realizó la gráfica Voltaje vs Corriente ambas con su respectiva incerteza para la distancia de 1.0m para poder determinar la resistencia correspondiente a dicha longitud.



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla VIII: Longitud vs Resistencia**

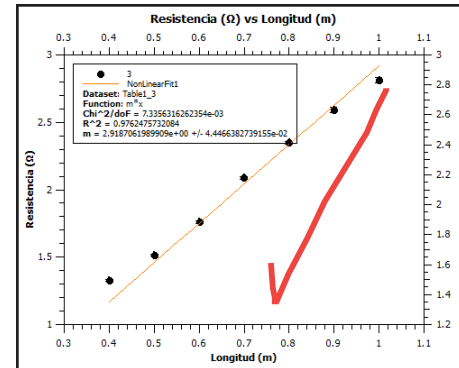
Se realizó una tabla con las distintas longitudes utilizadas y las resistencias correspondientes a cada longitud, cada una con sus incertezas respectivas.

Longitudes (m)	Resistencias ( $\Omega$ )
$0.400 \pm 0.001$	$1.326 \pm 0.007$
$0.500 \pm 0.001$	$1.516 \pm 0.008$
$0.600 \pm 0.001$	$1.76 \pm 0.01$
$0.700 \pm 0.001$	$2.09 \pm 0.01$
$0.800 \pm 0.001$	$2.35 \pm 0.02$
$0.900 \pm 0.001$	$2.59 \pm 0.02$
$1.000 \pm 0.001$	$2.81 \pm 0.02$

**Figura No. 8**

Se realizó la gráfica Resistencia vs longitud ambas con su respectiva incerteza para poder determinar la variable "m"

Resistencia vs longitud



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla IX: Resultado de m**

Se realizó la tabla con el valor de la variable "m" con su debida incerteza para una mejor apreciación.

m ( ohm/m)
$2.92 \pm 0.01$

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla X: Resistividad del material**

Se realizó la tabla con la resistividad y su debida incerteza calculada en la sección de cálculos para poder identificar el material correspondiente

Resistividad ( $\Omega m$ )
$11 \cdot 10^{-7} \pm 2 \cdot 10^{-6}$

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla XI: Resistividad Teórica vs Experimental**

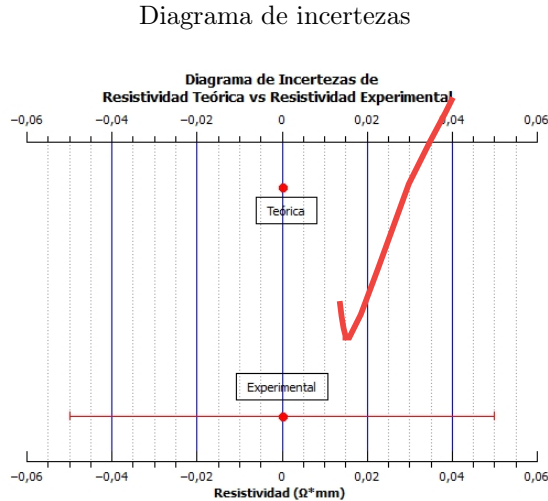
Se realizó la tabla resistividad teórica vs resistividad experimental calculada para el material identificado para poder comparar de una mejor manera.

Resistividad Teórica ( $\Omega * mm$ )	Resistividad Experimental ( $\Omega * mm$ )
$5.9E-7$	$5.7E-7 \pm 0.02$

Fuente propia 2023

**Figura No. 9**

Se realizó el diagrama de incertezas para la resistividad teórica y experimental del material identificado para comparar los resultados de una mejor manera.



## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Analizando las 3 ecuaciones y comparandolas con los resultados obtenidos, se puede empezar a dar una idea del material utilizado en las mediciones, al observar todas las tablas de voltaje vs corriente, se puede apreciar claramente la relación que existe entre voltaje, corriente y resistencia, cabe resaltar que sin importar el material que sea, la relación siempre va a ser la misma, lo que va a diferir va a ser la resistividad/conductividad en cada material, el cual va a ser único para cada material, pero si puede ir variando dependiendo a la temperatura a la que se encuentre este mismo, en esta práctica la temperatura fue a temperatura ambiente, entrando más en detalle comparando la tabla 1 y 2, se tiene un mismo potencial, pero la longitud de  $L$  difiere en 0.10m, diferencia en la que por la ley de Ohm se esperaba también una diferencia en la corriente, la cual es de 0.020A, teniendo esto, y observando el  $R$  cuadrado de ambas gráficas se puede observar que las dos tienen un valor muy aproximado muy cercano a 1, por lo que se interpreta que los datos obtenidos son verídicos, muy bien acoplados al modelo matemático empleado, esto aplicado para las otras 4 tablas y gráficas también. Teniendo ya las 7 tablas y gráficas en el plot se concluyó que el material utilizado tiene aproximadamente una resistividad de  $5.74 \times 10^{-7}$ , el cual se asemeja mucho

a la resistividad del grafito14 a una temperatura ambiente, la cual es de  $690 \times 10^{-9}$ , la diferencia entre la resistividad obtenida y esta resistividad de grafito14 es mínima por lo que se puede confiar plenamente que el material utilizado para esta práctica es de grafito14.

## VI. CONCLUSIONES

1. En esta práctica se comprendió, el comportamiento del voltaje, se observó que el voltaje en función de la corriente puede variar en diferentes longitudes del alambre conductor debido a la resistencia eléctrica del material, se comprendió la relación que existe entre longitud y resistencia, en donde a medida que aumenta la longitud del alambre conductor, la resistencia eléctrica también aumenta, lo que a su vez afecta el comportamiento del voltaje en función de la corriente. Teniendo esta información se concluyó que la variación en la longitud del alambre conductor puede tener un impacto significativo en la cantidad de voltaje que se requiere para producir una corriente específica.
2. Un objetivo era utilizar la ley de Ohm la cual nos indica que la corriente que fluye a través de un conductor es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del conductor. Esta ley es útil para analizar el comportamiento de la corriente, voltaje, resistencia y resistividad en un circuito eléctrico. Para utilizar la ley de Ohm, se puede aplicar la fórmula  $V = I \cdot R$ , donde  $V$  es el voltaje,  $I$  es la corriente y  $R$  es la resistencia. Esta fórmula permite calcular cualquier variable cuando se conocen las otras dos. Además, se concluyó y comprendió de una manera profesional que la resistividad es una medida de la oposición de un material al flujo de corriente eléctrica, y está relacionada con la resistencia por la fórmula  $R = \rho \cdot \frac{L}{A}$ , donde  $R$  es la resistencia,  $\rho$  es la resistividad,  $L$  es la longitud del conductor y  $A$  es el área transversal. En resumen, la ley de Ohm permite analizar y calcular diferentes variables en un circuito eléctrico, mientras que la resistividad es una medida de la oposición al flujo de corriente en un material. Ambas herramientas son útiles para entender y diseñar circuitos eléctricos.
3. Para determinar la resistencia eléctrica se puede auxiliar de un multímetro. Se debe asegurar que el cable esté desconectado de la



fuelle de alimentación y cualquier otro circuito antes de medir su resistencia. Una vez que se tiene la resistencia, se puede calcular la resistividad del cable mediante la fórmula  $R = \rho \cdot L / A$ , donde  $\rho$  es la resistividad,  $R$  es la resistencia medida,  $A$  es el área transversal del cable y  $L$  es su longitud. Es importante tener en cuenta que la resistividad de un cable puede variar con la temperatura y depende del material del cable utilizado. Por lo tanto, es importante tener en cuenta estos factores al calcular la resistividad de un cable. Además, se pueden encontrar tablas que proporcionan valores de resistividad para diferentes materiales. En esta práctica se concluyó mediante la resistividad obtenida que el material utilizado para esta práctica es grafito14, ya que el dato obtenido es muy cercano al dato teórico de grafito14, por lo que se concluye que esta práctica cumplió su fin.

## VII. ANEXOS

Figura No. 1

Hoja de Datos

G1\_3

L= 0.4m		L= 0.5m		L= 0.6m		L= 0.7m	
Voltage	Corriente	Voltage	Corriente	Voltage	Corriente	Voltage	Corriente
0.20 V	0.18 A	0.20 V	0.16 A	0.22 V	0.14 A	0.24 V	0.12 A
0.52 V	0.38 A	0.51 V	0.33 A	0.53 V	0.29 A	0.54 V	0.23 A
0.82 V	0.62 A	0.83 V	0.54 A	0.81 V	0.45 A	0.83 V	0.39 A
0.98 V	0.74 A	0.97 V	0.63 A	0.99 V	0.56 A	1.0 V	0.47 A
1.45 V	1.09 A	1.44 V	0.95 A	1.45 V	0.82 A	1.45 V	0.70 A
1.70 V	1.29 A	1.71 V	1.14 A	1.71 V	0.98 A	1.73 V	0.83 A

Diámetro = 0.5 mm  
 Masa Resistencia  
 Masa corriente

L= 0.80m		L= 0.90m		L= 1.0m	
Voltage	Corriente	Voltage	Corriente	Voltage	Corriente
0.28 V	0.27 A	0.24 V	0.20 A	0.24 V	0.18 A
0.51 V	0.31 A	0.51 V	0.19 A	0.44 V	0.17 A
0.81 V	0.34 A	0.80 V	0.30 A	0.81 V	0.28 A
0.94 V	0.42 A	1.0 V	0.38 A	1.0 V	0.36 A
1.45 V	0.62 A	1.40 V	0.57 A	1.48 V	0.51 A
1.70 V	0.73 A	1.69 V	0.66 A	1.72 V	0.62 A

Fuente: Elaboración Propia

Regresiones de Qtiplot (V vs I)

Figura No.2

[1/04/2023 16:43:14] Plot: "Graph1"  
 Non-linear Fit of dataset: Table1\_3, using function:  $r^2 \cdot x$   
 Weighting Method: No weighting  
 Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001  
 From x = 1.8000000000000e-01 to x = 1.2900000000000e+00  
 $r = 1.3258015652635e+00 \pm 6.5630764606853e-03$

Chi<sup>2</sup>/doF = 1.7061600605101e-04  
 R<sup>2</sup> = 0.999427904617  
 Adjusted R<sup>2</sup> = 0.9992848807713  
 RMSE (Root Mean Squared Error) = 0.01306200620345  
 RSS (Residual Sum of Squares) = 0.0008530800302954

Iterations = 2  
 Status = success

Fuente: Elaboración Propia

Figura No. 3

[1/04/2023 16:44:40] Plot: "Graph2"  
 Non-linear Fit of dataset: Table1\_3, using function:  $r^2 \cdot x$   
 Weighting Method: No weighting  
 Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001  
 From x = 1.6000000000000e-01 to x = 1.1400000000000e+00  
 $r = 1.5161812832623e+00 \pm 1.4614454271725e-03$

Chi<sup>2</sup>/doF = 2.1658523685167e-04  
 R<sup>2</sup> = 0.9992790745267  
 Adjusted R<sup>2</sup> = 0.999098141584  
 RMSE (Root Mean Squared Error) = 0.01471683515066  
 RSS (Residual Sum of Squares) = 0.001082926184258

Iterations = 2  
 Status = success

Fuente: Elaboración Propia

Figura No. 4

[1/04/2023 16:45:32] Plot: "Graph2"  
 Non-linear Fit of dataset: Table1\_3, using function:  $r^3 \cdot x$   
 Weighting Method: No weighting  
 Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001  
 From x = 1.4000000000000e-01 to x = 9.8000000000000e-01  
 $r = 1.7647163278485e+00 \pm 1.1539007462664e-02$

Chi<sup>2</sup>/doF = 2.9993074669271e-04  
 R<sup>2</sup> = 0.9989914904281  
 Adjusted R<sup>2</sup> = 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

Figura No. 5

[1/04/2023 16:46:26] Plot: "Graph2"  
 Non-linear Fit of dataset: Table1\_3, using function:  $r^4 \cdot x$   
 Weighting Method: No weighting  
 Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001  
 From x = 1.2000000000000e-01 to x = 8.3000000000000e-01  
 $r = 2.0948616597248e+00 \pm 1.328673055234e-02$

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

Iterations = 2  
 Status = success

Fuente: Elaboración Propia

Figura No. 6

```
[1/04/2023 16:47:32      Plot: "Graph2"]
Non-linear Fit of dataset: Table1_3, using function: r5*x
Weighting Method: No weighting
Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001
From x = 9.000000000000000e-02 to x = 7.300000000000000e-01
r5 = 2.3456202933032e+00 +/- 1.265131715141e-02

Chi^2/df = 2.0191042409830e-04
R^2 = 0.9993468570834
Adjusted R^2 = 0.9991835713542
RMSE (Root Mean Squared Error) = 0.0142095187849
RSS (Residual Sum of Squares) = 0.001009552120491

Iterations = 2
Status = success
```

Fuente: Elaboración Propia

Figura No. 7

```
[1/04/2023 16:48:20      Plot: "Graph2"]
Non-linear Fit of dataset: Table1_3, using function: r6*x
Weighting Method: No weighting
Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001
From x = 8.000000000000000e-02 to x = 6.600000000000000e-01
r6 = 2.5869481395813e+00 +/- 2.3264009812521e-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

Figura No. 8

```
[1/04/2023 16:49:03      Plot: "Graph2"]
Non-linear Fit of dataset: Table1_3, using function: r7*x
Weighting Method: No weighting
Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001
From x = 8.000000000000000e-02 to x = 6.200000000000000e-01
r7 = 2.8071637759315e+00 +/- 1.8299148586638e-02

Chi^2/df = 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

Regresión Qtiplop (m)

Figura No.9

```
[1/04/2023 16:51:20      Plot: "Graph1"]
Non-linear Fit of dataset: Table1_3, using function: m*x
Weighting Method: No weighting
Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001
From x = 4.000000000000000e-01 to x = 1.000000000000000e+00
m = 2.9187061989909e+00 +/- 4.4466382739155e-02

Chi^2/df = 7.3356316262354e-03
R^2 = 0.9762475732084
Adjusted R^2 = 0.9714970878501
RMSE (Root Mean Squared Error) = 0.08564830194601
RSS (Residual Sum of Squares) = 0.04401378975741

Iterations = 2
Status = success
```

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de la resistividad con su incerteza ( $\rho$ )

Figura No.10

$$P = m \frac{\pi}{4} D^2 = 2.92 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (0.5 \cdot 10^{-3})^2 = 5.73 \cdot 10^{-7}$$

$$\Delta P = 2.92 \frac{\pi}{4} (0.5 \cdot 10^{-3})^2 \left[ \frac{\Delta m}{m} + \frac{2 \Delta D}{D} \right]$$

$$\Delta P = 5.73 \cdot 10^{-7} \left[ \frac{0.04}{2.92} + \frac{2(0.001)}{(0.5 \cdot 10^{-3})} \right] = 2.30 \cdot 10^{-6}$$

$$P = 1 \cdot 10^{-6} \pm 2 \cdot 10^{-6} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$$

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de las incertezas del voltaje y corriente

Figura No.11

Incertezas

- voltaje  
 $\rightarrow 1.2\% (5 \times 10^1) + 0.002 = 0.005$
- corriente  
 $\rightarrow 3.0\% (5 \times 10^1) + 0.0002 = 0.005$

Fuente: Elaboración Propia



- 
- [1] Maldonado, Y. (2020). Minerales y piedras preciosas. Obtenido de Geologiaweb.com: <https://geologiaweb.com/minerales/grafito/>
- [2] Marroquin, I. W. (2019). MANUAL DE

LABORATORIO DE FÍSICA DOS. Obtenido de Facultad de Ingeniería, USAC.: <https://fisica.usac.edu.gt/fisica/Laboratorio/fisica2.pdf>