

Estudio del potencial del grafito de lápiz para la conducción de electricidad

Study of the potential of pencil graphite for conducting electricity

Cheyla Santana¹, José Rodríguez², Nacari Marín-Calvo^{1*}

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Azuero, Facultad de Ingeniería Mecánica, Panamá

²Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Azuero, Facultad de Eléctrica, Panamá

Fecha de recepción: 17 de noviembre de 2024. **Fecha de aceptación:** 20 de agosto de 2025.

***Autor de correspondencia:** nacari.marin@utp.ac.pa

Resumen. A nivel mundial, se utilizan miles de millones de lápices cada año, muchos de los cuales son descartados tras cumplir su función. Esta situación evidencia una oportunidad para reutilizar materiales de desecho en otras aplicaciones. Estudios realizados por diferentes autores, demuestran el potencial de conducción eléctrica del grafito presente dentro de un lápiz. En base al porcentaje de grafito presente en un lápiz, se puede encender desde un diodo emisor de luz hasta una bombilla. En este estudio se llevaron a cabo pruebas para verificar la relación entre la denominación o numeración del lápiz (porcentaje de grafito) con la capacidad de conducir electricidad. Así mismo, se realiza una comparación y análisis de los valores obtenidos mediante las pruebas realizadas y valores reportados en la literatura científica consultada. Además, se propone como una alternativa económica y accesible para quienes inician en la electrónica, permitiendo desarrollar habilidades iniciales de diseño, sin necesidad del uso de cables de cobre. En general, el estudio destaca el grafito de lápiz como un recurso reutilizable para aplicaciones eléctricas, fomentando su aprovechamiento como material sostenible y de bajo costo.

Palabras clave. Conducción eléctrica, electricidad, grafito, lápiz.

Abstract. Globally, billions of pencils are used each year, many of which are discarded after serving their primary purpose. This situation highlights an opportunity to repurpose waste materials for other applications. Studies conducted by various authors demonstrate the electrical conductivity potential of the graphite found in pencils. Based on the percentage of graphite in a pencil, it is possible to power devices ranging from an LED to a light bulb. In this study, tests were conducted to verify the relationship between the pencil's grade or number (graphite percentage) and its electrical conductivity. Additionally, a comparison and analysis of the test results were made against values reported in the scientific literature. Furthermore, the study proposes pencil graphite as an affordable and accessible alternative for beginners in electronics, enabling the development of basic design skills without the need for copper wires. Overall, the study emphasizes pencil graphite as a reusable resource for electrical applications, promoting its use as a sustainable, low-cost material.

Keywords. Electrical conduction, electricity, graphite, pencil.

1. Introducción

Cada año, millones de lápices se utilizan en todo el mundo, siendo los tipos HB los más comunes en las escuelas. Sin embargo, estudios demuestran que los lápices usados para dibujar, como los de las categorías B y superiores, presentan un mayor potencial de conducción eléctrica debido a su mayor contenido de grafito [1].

El grafito que se usa en un lápiz es un material fácil de conseguir y económico, y en particular, se ha analizado el potencial del reciclaje de lápices de grafito desechados con fines energéticos [2]; aunque su conductividad es menor respecto a la que presentan el cobre o la plata, el grafito tipo lápiz puede ser una alternativa en situaciones en las que se requiere un cableado eléctrico básico.

Cuando se usa un lápiz para dibujar o escribir, el grafito se deposita sobre el papel y crea una capa conductora. Al aplicar una corriente eléctrica a través de esta capa, los electrones pueden fluir a lo largo del grafito y completar el circuito [3], esto abre la puerta a la posibilidad de creación de prototipos y proyectos de electrónica de baja potencia.

El grafito es una forma alotrópica de carbono, que se encuentra en estado sólido y se caracteriza por su estructura en capas. Estas capas están débilmente unidas entre sí, por lo que los electrones pueden moverse libremente a través del material [4]. Esta propiedad le da al grafito su capacidad para conducir electricidad. Para que a un elemento se le pueda denominar alótropo, sus diferentes estructuras moleculares deben presentarse en el mismo estado físico. Debido a la distinta configuración en la estructura de sus átomos, las variedades alotrópicas de un elemento presentan diferentes valores en sus propiedades físicas, como el color, brillo, densidad, dureza, olor y conductividad eléctrica y térmica, así como en sus propiedades químicas, sin cambiar su composición.

Este mineral se obtiene a través de la extracción de mineral, que se encuentra en vetas hidrotermales o acumulaciones en pegmatitas y calizas. Es extraído de forma subterránea o a cielo abierto y llevado a la planta de trituración, donde se reduce su tamaño mediante trituración primaria y secundaria. Luego, se somete a un proceso de molienda en seco o en suspensión de agua para reducir aún más el tamaño de las partículas. El grafito pasa por un proceso de flotación para separar el grafito cristalino del grafito amorfo, seguido de un secado al sol para eliminar la humedad [5].

En la planta de producción, el grafito se mezcla con arcilla para determinar la suavidad o dureza de la mina del lápiz. La mezcla resultante se prensa fuertemente para dar forma a las minas de lápices, que luego se secan para obtener la consistencia adecuada. Estas se someten a un proceso de cocción a altas temperaturas para fortalecerlas y mejorar su durabilidad. Después, se recubren con una capa de cera para mejorar la suavidad y facilitar su uso, concretamente para escribir en papel. Finalmente, las minas se cortan en tamaños específicos y se unen mediante un proceso de encolado entre dos placas de madera ranuradas, lo que da forma al lápiz.

El grafito en sí mismo no es un mineral contaminante, pero su producción y uso pueden tener impactos negativos en el medio ambiente, si su gestión no es responsable, ni sostenible.

Hoy en día, el sistema de clasificación de lápices se extiende desde muy duro con trazo fino y claro, utilizados para la cartografía y trazados auxiliares, hasta blando de trazo grueso y oscuro, utilizados para el sombreado y el dibujo a mano alzada, abarcando desde el más duro al más blando [6] (tabla 1).

Tabla 1. Cantidad de grafito, arcilla y cera en porcentaje para todas las clasificaciones de lápices

Tipo de lápiz	Grafito	Arcilla	Cera
9H	41%	53%	5%
8H	44%	50%	5%
7H	47%	47%	5%
6H	50%	45%	5%
5H	52%	42%	5%
4H	55%	39%	5%
3H	58%	36%	5%
2H	60%	34%	5%
H	63%	31%	5%
F	66%	28%	5%
HB	68%	26%	5%
B	71%	23%	5%
2B	74%	20%	5%
3B	76%	18%	5%
4B	79%	15%	5%
5B	82%	12%	5%
6B	84%	10%	5%
7B	87%	7%	5%
8B	90%	4%	5%

Fuente: M. C. Sousa y J. W. Buchanan [6].

2. Materiales y métodos

Para la realización de las pruebas, se empleó un multímetro, hoja de papel, lápices de madera, calculadora, regla y LED. Con el multímetro se empleó la función de medidor de resistencias, como también la función de probador de diodos. Este tiene la capacidad de medir como mínimo 0.1Ω y un máximo de hasta $2000 \text{ k}\Omega$. En la figura 1 se presentan los diferentes tipos de lápices de grafito empleadas para realizar las pruebas: 6H, 5H, 4H, H, HB, F, 2B, 3B, 4B, 5B, 6B, 7B y 8B.

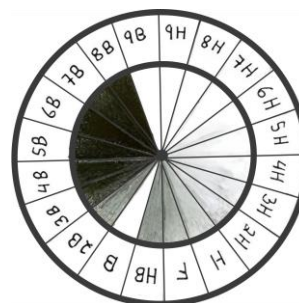


Figura 1. Diferentes tipos de lápices de grafito empleados durante este estudio.

Para iniciar con las pruebas, en primer lugar, se realizaron mediciones con el multímetro directamente de la punta de cada lápiz (figura 2a). Luego, se realizaron mediciones sobre trazos en hojas blancas, hechos con las diferentes denominaciones de lápices (figura 2b). Estos trazos fueron de 1 cm de longitud, cuidando que la capa de grafito se adhiriera correctamente. Adicional, se realizan pruebas para intentar encender un diodo LED con el uso de un multímetro. En esta prueba, se emplearon líneas de 1 cm hasta de 3 cm de longitud, a partir de la línea del lápiz 2B en adelante y descartando los que no dieron resultados (figura 2c). La siguiente prueba consistió en la medición de la resistencia del polvo de lápiz de grafito (figura 2d).

Con el polvo obtenido se hicieron dos líneas para llevar a cabo un proceso similar al llevado a cabo con los trazos y poder llegar a encender un diodo LED. En este último caso no se tuvo éxito, ya que no se crea una capa conductora, a diferencia de cuando se realiza un trazo en el papel (figura 2e). Finalmente, el LED no enciende cuando una de las puntas de prueba no toca la punta del lápiz y si enciende cuando la punta de prueba toca el grafito (figura 2 f).

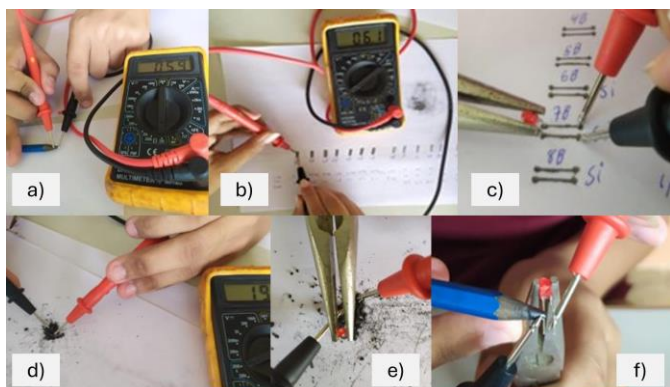


Figura 2. Pasos seguidos en el experimento: a) medición de la resistencia de la punta de un lápiz, b) medición de resistencia de trazado de lápices, c) proceso de encendido del diodo LED usando trazos de diferentes lápices, d) medición de su resistencia del polvo de lápiz de grafito, e) prueba de encendido de LED usando polvo de grafito, f) el LED se enciende cuando la punta de prueba toca el grafito.

Se calculó la cantidad de grafito del lápiz para encender diferentes dispositivos como el diodo LED (el cual es de baja potencia) y un foco incandescente de 15W. El grafito que se empleó en esta prueba fue obtenido de la punta de un lápiz 6B. Se pulverizó la punta del lápiz para saber el peso del polvo y obtener la cantidad de grafito que se encuentra en solo la punta. También, se estimó el volumen (ecuación 1) para un lápiz con una masa de 5g, un radio externo de 0.35 cm, un radio interno de 0.2 cm y una longitud de 17.6 cm.

$$V_i = \pi h r^2 \quad (1)$$

A partir de la ecuación (2) se calcula el volumen externo (madera del lápiz):

$$V_e = \pi h (R^2 - r^2) \quad (2)$$

De la ecuación (3) se calcula el porcentaje del volumen de la mina.

$$\%V_{mina} = (V_i/V_e) * 100 \quad (3)$$

Con la ecuación 4 se calcula el porcentaje del volumen de la punta del lápiz (teniendo la punta del lápiz una longitud de 0.4 cm).

$$\%V_{punta} = (V_{i_{punta}}/V_i) * 100 \quad (4)$$

De la ecuación 5 se calcula la masa de la mina.

$$m_{mina} = \%V_{mina} * m \quad (5)$$

A partir de la ecuación 6 se calcula la masa de la punta del lápiz.

$$m_{punta} = \%V_{punta} * m_{mina} \quad (6)$$

Con la ecuación 7 se muestra el resultado de la masa del grafito (teniendo en cuenta que el porcentaje de 84% proviene de la tabla 1).

$$m_{grafito \text{ en la punta}} = 84\% * m_{punta} \quad (7)$$

Finalmente, para obtener el valor del voltaje necesario para encender el diodo LED y un foco fluorescente de 15W, en base a la corriente sugerida por el fabricante de 5-10mA para el diodo y 210mA para el foco fluorescente, y así obtener una intensidad lumínica aceptable con la Ley de Ohm. Esto se lleva a cabo con la ecuación (8).

$$V = R * I \quad (8)$$

3. Resultados y discusión

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de las pruebas que se llevaron a cabo con respecto al grafito de lápiz. En la tabla 2 se presentan los datos obtenidos para cada una de las mediciones realizadas, mostrando la resistencia obtenida en los trazos y puntas de los lápices.

Tabla 2. Datos obtenidos al usar el multímetro para saber la resistencia de los trazos hechos por lápiz y las puntas de estos

	6H	5H	4H	H	F	HB	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B
Línea (1cm)	-	-	-	-	-	-	549 kΩ	354 kΩ	207 kΩ	112 kΩ	94.7 kΩ	74. kΩ	21.3 kΩ
Punta del lápiz	53.4 Ω	24.2 Ω	17.5 Ω	10.2 Ω	12.2 Ω	8.5 Ω	6.3 Ω	4.2 Ω	4.5 Ω	3.9 Ω	4.1 Ω	3.6 Ω	2.7 Ω

Para los resultados de la tabla 2, se realizó la prueba de encender un diodo LED con el uso de un multímetro en modo probador de diodos, para ver si es razonable el uso de los lápices a partir de las resistencias obtenidas, usando una longitud de línea de 1 cm hasta 3 cm y teniendo en cuenta que las mediciones solo se pudieron obtener a partir de la línea del lápiz 2B en adelante. En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos al tratar de encender un diodo LED con cada uno de los trazos.

Tabla 3. Resultados obtenidos al tratar de encender un diodo led y el multímetro en modo probador de diodos con las distancias elegidas

Enciende el LED	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B
1 cm	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí
2 cm	No	No	No	No	No	Sí	Sí
3 cm	No	No	No	No	No	Sí	Sí

Debido a que no existe suficiente presión necesaria para que las partículas hagan el suficiente contacto entre ellas para transmitir la corriente al LED, se descarta usar el polvo sin comprimir obtenido de la punta de un lápiz para intentar encender un diodo LED.

Con el uso de la ecuación (8) y los valores de la tabla 2 se obtienen los voltajes necesarios para encender el diodo LED con una intensidad lumínica para el lápiz 6B con un valor de 20.5 mV, el 7B con 18 mV y 8B con 13.5 mV. En la tabla 4, se presenta los datos obtenidos y las referencias consultadas que se correlacionan con estos.

Tabla 4. Aplicaciones usando grafito de lápiz

Tipo de lápiz	Voltaje	Aplicación	Referencia
Punta de lápiz 6B	20.5 mV	Encender un diodo LED rojo.	[4]
Punta de lápiz 7B	18.0 mV		
Punta de lápiz 8B	13.5 mV		
Punta de lápiz 6B	0.861 V	Encender un foco de 15W.	[8]
Punta de lápiz 7B	0.756 V		
Punta de lápiz 8B	0.567 V		

[7] está relacionado con las pruebas realizadas, ya que explora el uso del grafito en la electrónica basada en papel, donde los dibujos a lápiz se usan para establecer circuitos grafíticos sin solventes para explorar su uso como sensores, micro fluidos, almacenamiento de energía y quimio resistencias. Esto refuerzan la idea de que el grafito es un material conductor adecuado para el diseño electrónico, especialmente útil para principiantes en este campo.

4. Aplicaciones futuras en base a antecedentes consultados

[2] analiza el potencial del reciclaje de lápices de grafito desechados con fines energéticos. Los autores introducen el concepto de utilizar materiales de desecho para la producción de energía como una estrategia para reducir el uso indebido y el costo de los materiales durante el proceso de fabricación de dispositivos de extracción de energía. Proponen un enfoque fácil para recolectar energía de lápices de mina de grafito desechados a través de un nano generador triboeléctrico.

Otra aplicación que se ha visto es la de una plataforma de papel batería de cátodos de aire que se activa por microbios libres de solvente hecho con electrodos de grafito trazados con lápiz. Este dispositivo podría ser usado para el almacenamiento de energía verde, así como también en el suministro de energía médica de un solo uso que utiliza materia orgánica [1].

[8] presentan un artículo de investigación que se centra en la obtención de electrodos de grafito trazados con lápiz para ser utilizados en baterías de aire que funcionan gracias a la presencia de bacterias. Se describe cómo los electrodos se fabrican con grafito de lápiz y luego se modifican químicamente para mejorar su rendimiento.

[9] presenta un proyecto que pone énfasis en la importancia de la síntesis de materiales de alta calidad, la meticulosa fabricación de sensores altamente eficientes y la cuidadosa creación de prototipos electrónicos, con el fin de lograr un dispositivo que pueda funcionar de manera óptima en condiciones ambientales variables. Presentan un sensor resistivo de GLP que se basa en la variación de la resistencia eléctrica de la red de grafeno exfoliado auto incrustada en su exposición al analito gaseoso.

Una aplicación a futuro puede ser la elaboración de circuitos impresos mediante la compresión del polvo obtenido de la pulverización de las minas de lápices reciclados para reemplazar las líneas de cobre lo que podría resultar en una reducción significativa en los costos de producción.

5. Conclusiones

El estudio sobre el uso del grafito de lápiz como conductor de electricidad ha demostrado ser una alternativa económica y efectiva en aplicaciones de circuitos eléctricos básicos. Las pruebas realizadas validaron su capacidad para encender dispositivos como LEDs, destacándose que solo los lápices a partir de la clasificación 7B presentan una resistencia adecuada para estas aplicaciones. Los valores medidos durante las pruebas mostraron una correlación entre el porcentaje de grafito y la capacidad de conducción, confirmando la viabilidad del grafito como material conductor.

Aunque las pruebas con polvo de grafito no resultaron efectivas debido a la falta de compactación, los trazos de grafito en papel demostraron ser un recurso práctico para diseños iniciales en electrónica. Estas conclusiones evidencian el potencial del grafito de lápiz como una opción económica, especialmente para entornos educativos o proyectos de bajo presupuesto. Se recomienda continuar investigando para superar las limitaciones identificadas en los tipos de lápices y explorar nuevas aplicaciones, como el desarrollo de circuitos impresos y dispositivos de almacenamiento energético basados en este material sostenible y accesible.

AGRADECIMIENTOS

Se le agradece a la Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Azuero por brindarnos la oportunidad de participar en la Jornada de Iniciación Científica y también por los espacios de la universidad donde se llevaron a cabo las pruebas necesarias para completar el proyecto, el que se desarrolló como parte del curso de Ciencia de los Materiales I.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

REFERENCIAS

- [1] Lee, S.H et al. A solvent-free microbial-activated air cathode battery paper platform made with pencil-traced graphite electrodes. *Sci. Rep.* 6, 28588; doi: 10.1038/srep28588, Jun. 2016.
- [2] A. Nawaz, N. Sarwar, D. I. Jeong y D. H. Yoon, "Energy from discarded graphite-based pencils: Recycling the potential waste material for sensing application", *Sensors Actuators A: Physical*, vol. 336, p. 113403, Abr. 2022.
- [3] Ακαδemos. "¿Un lápiz conduce la electricidad?", 2009 Available: <http://akademos.ramiskuey.com/Experimentos/Lapiz/>
- [4] J. A. Jaszczak. "Graphite." [Online]. S.f. Available: <https://pages.mtu.edu/~jaszczak/graphiteover.html>.
- [5] Secretaría de economía del Gobierno de México. "Perfil del mercado del grafito.", 2018, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/419272/Perfil_Grafito_2018_T_.pdf
- [6] M. C. Sousa y J. W. Buchanan, "Observational Models of Graphite Pencil Materials", *Comput. Graph. Forum*, vol. 19, n.º1, pp. 27–49, Mar. 2000.
- [7] N. Kurra y G. U. Kulkarni, "Pencil-on-paper: electronic devices", *Lab Chip*, vol. 13, n.º 15, p. 2866, 2013.
- [8] R. Sha y S. Badhulika, "Few layered MoS2 grown on pencil graphite: a unique single-step approach to fabricate economical, binder-free electrode for supercapacitor applications", *Nanotechnology*, vol. 30, n.º 3, p. 035402, Nov. 2018.
- [9] S. Prashant, S. Pooja, M. Devinder, B. Nitin, y V.K. Jain. "Battery-operated resistive sensor based on electrochemically exfoliated pencil graphite core for room temperature detection of LPG, *Sensors and Actuators B: Chemical*.", 2021 (Vol. 343.) [Online]. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.130133>.