

Newton frente al electromagnetismo: paradoja electromagnética en la era newtoniana

RECIBIDO

12/06/2026

Newton and electromagnetism: an electromagnetic paradox in the newtonian era

ACEPTADO

20/07/2026

Hellen Tatiana Gutiérrez Cruz

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,
Managua. Centro Universitario Regional de Estelí
UNAN-Maangua/CUR-Estelí, Nicaragua.

<https://orcid.org/0009-0009-4944-4132>

hellen.gutierrezcruz@gmail.com

Migdalia Dinoska Castellón Ruíz

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,
Managua. Centro Universitario Regional de Estelí
UNAN-Maangua/CUR-Estelí, Nicaragua.

<https://orcid.org/0009-0006-9971-9032>

migdaliacastellon49@gmail.com

Wilmar Lenin Duarte Gutiérrez

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,
Managua. Centro Universitario Regional de Estelí
UNAN-Maangua/CUR-Estelí, Nicaragua.

<https://orcid.org/0009-0006-9001-3746>

duartewilmar886@gmail.com

Cliffor Jerry Herrera Castrillo

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,
Managua. Centro Universitario Regional de Estelí
UNAN-Maangua/CUR-Estelí, Nicaragua.

<https://orcid.org/0000-0002-7663-2499>

cliffor.herrera@unan.edu.ni

RESUMEN

A finales del siglo XIX la física enfrentó una de las crisis más importantes de su historia debido a las limitaciones de la mecánica clásica para explicar fenómenos relacionados con la propagación de la luz y el electromagnetismo. En este contexto, el experimento de Michelson y Morley cuestionó la existencia del éter luminífero al demostrar que la velocidad de la luz permanecía constante independientemente del movimiento de la Tierra. Posteriormente, Albert Einstein formuló la paradoja del imán y el conductor, evidenciando que el movimiento relativo entre ambos generaba corriente eléctrica aun cuando la explicación física variaba según el sistema de referencia utilizado. Este escrito examina esta curiosa situación considerando la relatividad newtoniana y la teoría del electromagnetismo, resaltando su papel clave en el nacimiento de la Teoría Especial de la Relatividad. Además, se detalla una prueba real hecha con cosas simples, como un imán, cable y multímetro, para mostrar en la práctica cómo se genera la inducción electromagnética. Por último, se piensa en lo útil que son estos experimentos para enseñar física y entender conceptos difíciles con actividades prácticas y relacionadas con la vida real. Desde el ámbito educativo, el análisis de la paradoja del imán y el conductor favorece la comprensión de la evolución del pensamiento científico, permitiendo a los estudiantes relacionar los principios de la mecánica clásica, el electromagnetismo y la relatividad como parte de un proceso histórico de construcción del conocimiento físico.

PALABRAS CLAVE

Electromagnetismo;
relatividad; inducción;
enseñanza de la física;
experimento.

ABSTRACT

In the late 19th century, physics faced one of the most significant crises in its history due to the limitations of classical mechanics in explaining phenomena related to the propagation of light and electromagnetism. In this context, the Michelson-Morley experiment called into question the existence of the luminiferous aether by demonstrating that the speed of light remained constant regardless of the Earth's motion. Subsequently, Albert Einstein formulated the magnet-and-conductor paradox, demonstrating that the relative motion between the two generated an electric current even though the physical explanation varied depending on the reference frame used. This paper examines this curious situation by considering Newtonian relativity and the theory of electromagnetism, highlighting their key role in the birth of the Special Theory of Relativity. In addition, a real-world experiment using simple materials such as a magnet, wire, and multimeter is described in detail to demonstrate in practice how electromagnetic induction is generated. Finally, the paper considers how useful these experiments are for teaching physics and helping students understand difficult concepts through hands-on, real-life activities. In an educational context, analyzing the magnet-and-conductor paradox helps students understand the evolution of scientific thought, allowing them to connect the principles of classical mechanics, electromagnetism, and relativity as part of a historical process of constructing physical knowledge.

KEYWORDS

Electromagnetism;
relativity; induction;
physics education;
experiment.

INTRODUCCIÓN

A finales del siglo XIX, la física experimentó una de las transformaciones más importantes de su historia debido a las limitaciones que comenzaban a presentar las teorías clásicas para explicar diversos fenómenos relacionados con la luz y el electromagnetismo (Samaniego Banuelos & Hernández Cornejo, 2022). Durante siglos, la mecánica newtoniana había constituido el principal fundamento científico para comprender el movimiento de los cuerpos, estableciendo que el espacio y el tiempo eran absolutos y que las leyes de la física se mantenían iguales para todos los sistemas de referencia inerciales (Tebaldi, 2023; Resnick, 1977). Estas ideas permitieron describir exitosamente numerosos fenómenos naturales y consolidaron una visión del universo basada en principios mecánicos y deterministas.

Sin embargo, el desarrollo de la teoría electromagnética formulada por James Clerk Maxwell introdujo nuevas interrogantes en la comunidad científica (Tapasco Tapasco, 2025). Sus ecuaciones demostraron que la luz correspondía a una onda electromagnética capaz de propagarse en el vacío a velocidad constante, independientemente del movimiento de la fuente emisora o del observador (Herrera-Castrillo, 2024; Pérez Ramos et al., 2022). Este planteamiento generó contradicciones con los principios de la relatividad newtoniana, particularmente con la idea de que las velocidades dependían siempre del sistema de referencia desde el cual eran observadas.

En este contexto, el experimento de Michelson y Morley realizado en 1887 representó uno de los mayores desafíos para la física clásica. Los investigadores intentaban demostrar la existencia del denominado “éter luminífero”, considerado en aquella época como el medio necesario para la propagación de la luz (Cassini & Levinas, 2005; Fowler, 1996). No obstante, los resultados obtenidos

evidenciaron que la velocidad de la luz permanecía constante sin importar el movimiento de la Tierra, provocando una crisis científica que cuestionó las bases tradicionales de la mecánica clásica.

A partir de estas contradicciones, Albert Einstein planteó en 1905 la paradoja del imán y el conductor, utilizada como argumento fundamental para reflexionar sobre la relación entre electricidad y magnetismo. En esta paradoja se demuestra que, independientemente de si el imán o el conductor se encuentran en movimiento, se genera una corriente eléctrica equivalente, aunque la explicación física cambia según el sistema de referencia utilizado (Einstein, 2005; Soto, 2005). Esta situación evidenció que las interpretaciones clásicas resultaban insuficientes para explicar coherentemente el fenómeno electromagnético.

La tesis central del presente ensayo sostiene que la paradoja del imán y el conductor constituyó un elemento decisivo para evidenciar las limitaciones de la relatividad newtoniana y favorecer el surgimiento de una nueva comprensión física basada en la Teoría Especial de la Relatividad. Desde este punto de vista, la conexión de la electricidad y el magnetismo fue más que un gran logro científico, también cambió la forma en que entendíamos el espacio, el tiempo y el movimiento.

Además, el estudio subraya qué tan crucial es poder recrear este evento a través de pruebas prácticas simples, empleando recursos fáciles de conseguir para que los estudiantes comprendan mejor las ideas complejas al aprender física. La experimentación científica, además de acercar la teoría a la práctica, favorece el desarrollo del pensamiento crítico, la curiosidad y el interés por la investigación científica en los estudiantes.

La tesis central de este ensayo sostiene que la paradoja del imán y el conductor puso en evidencia las limitaciones de la relatividad newtoniana para explicar de manera coherente los fenómenos electromagnéticos. Esta contradicción conceptual contribuyó al surgimiento de la Teoría Especial de la Relatividad, permitiendo una nueva comprensión de la relación entre electricidad, magnetismo, espacio, tiempo y movimiento.

DESARROLLO

La crisis de la física clásica y el problema del éter

Durante varios siglos, la física newtoniana constituyó la principal base para comprender el comportamiento de los fenómenos naturales. Los postulados de Newton establecían que las leyes de la mecánica eran válidas para todos los sistemas de referencia inerciales y que el tiempo y el espacio eran magnitudes absolutas e independientes del observador (Ortuño Blandón et al., 2025; Porral et al., 2023). Bajo esta perspectiva, la velocidad de un objeto dependía siempre del sistema desde el cual era observada, principio que resultaba coherente para fenómenos mecánicos cotidianos.

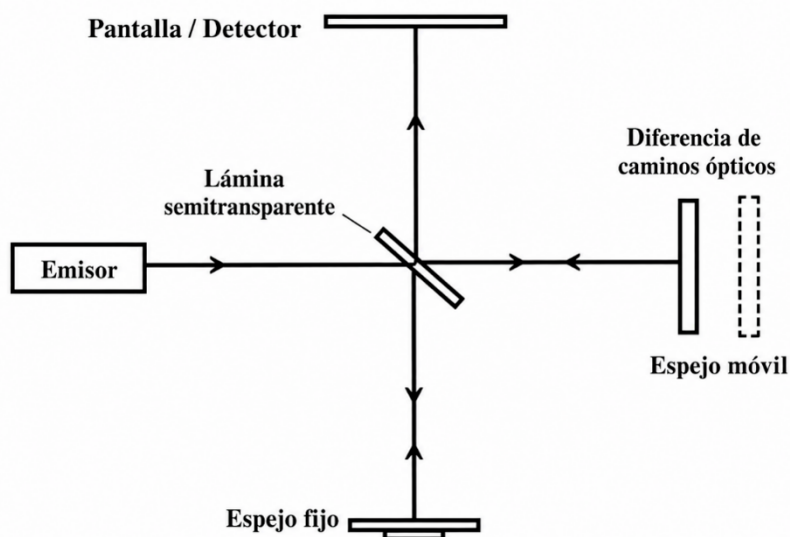
Sin embargo, a finales del siglo XIX comenzaron a surgir inconsistencias entre la mecánica clásica y las nuevas investigaciones relacionadas con la electricidad y el magnetismo (Gándara González, 2024). El desarrollo de las ecuaciones de Maxwell permitió comprender que la luz correspondía a una

onda electromagnética capaz de propagarse en el vacío con una velocidad constante (Herrera-Castrillo, 2024; Tebaldi, 2023). Esta afirmación generó un conflicto importante con la relatividad newtoniana, ya que, según la física clásica, la velocidad de la luz debería variar dependiendo del movimiento relativo del observador.

Con el propósito de explicar la propagación de la luz, los científicos propusieron la existencia del denominado “éter luminífero”, considerado un medio invisible que llenaba todo el universo y permitía el desplazamiento de las ondas electromagnéticas. Bajo esta idea, se esperaba que el movimiento de la Tierra a través del éter produjera variaciones medibles en la velocidad de la luz. En relación con esta problemática, el experimento de Michelson y Morley representó uno de los acontecimientos más importantes de la física moderna. Antes de explicar sus resultados, resulta pertinente incorporar una representación del instrumento utilizado para dicho estudio.

Figura 1

Interferómetro utilizado en el experimento de Michelson y Morley



Nota. Esquema del experimento de Michelson y Morley, extraído de Álvarez Pérez et al. (2017)

El experimento consistió en medir la velocidad de la luz en diferentes direcciones mediante un interferómetro de alta precisión. Los investigadores esperaban detectar diferencias ocasionadas por el supuesto “viento de éter” generado por el movimiento de la Tierra. No obstante, los resultados obtenidos fueron negativos, ya que la velocidad de la luz permaneció constante independientemente de la dirección analizada (Álvarez Pérez et al., 2017; Resnick, 1977).

Este resultado desató una seria crisis en el ámbito científico, ya que chocaba frontalmente con los principios de la física tradicional. De existir realmente el éter, sería factible observar cambios en la rapidez con que viaja la luz. El no poder probar esta idea en la práctica forzó a reconsiderar las nociones convencionales sobre el espacio, la duración y el desplazamiento.

Tal como se aprecia en la Tabla 1, las discrepancias entre la física de antaño y los enfoques electromagnéticos emergentes empezaron a revelar profundos conflictos de ideas.

Tabla 1
Diferencias entre la relatividad newtoniana y la teoría electromagnética

Aspecto	Relatividad Newtoniana	Electromagnetismo de Maxwell
Espacio y tiempo	Absolutos	Dependientes del observador
Velocidad de la luz	Relativa al observador	Constante
Sistema de referencia	Mecánico	Electromagnético
Medio de propagación	No requerido	Existencia del éter

Nota. Elaboración propia a partir de lectura crítica del libro *Introducción a la Teoría Especial de la Relatividad* (Resnick, 1977)

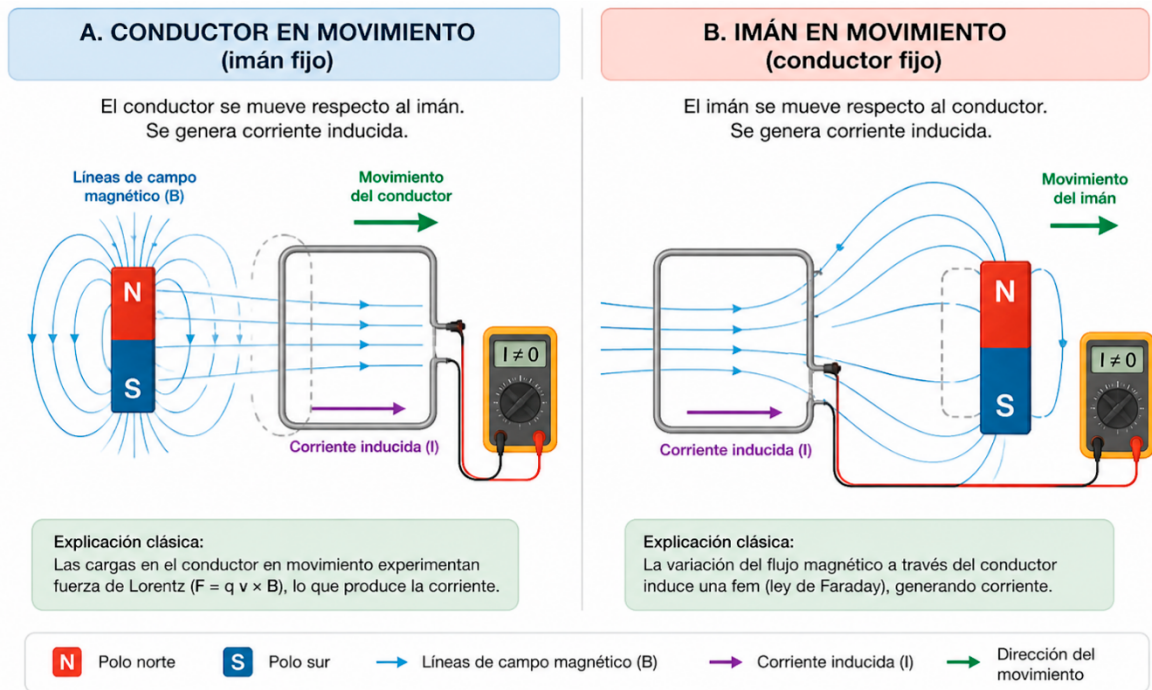
La paradoja del imán y el conductor

En medio de esta crisis científica, Albert Einstein analizó un fenómeno aparentemente sencillo que posteriormente se convertiría en uno de los fundamentos de la Teoría Especial de la Relatividad: la paradoja del imán y el conductor (Janssen, 2013). La importancia de esta paradoja radica en que puso de manifiesto una contradicción entre las explicaciones clásicas del electromagnetismo y el principio de relatividad newtoniana. Aunque el fenómeno observado era el mismo, la interpretación física variaba según el observador, situación que impulsó la necesidad de replantear los conceptos de espacio, tiempo y movimiento que predominaban en la física de finales del siglo XIX.

La paradoja plantea que cuando existe movimiento relativo entre un imán y un conductor se genera corriente eléctrica. Lo interesante del fenómeno, en palabras de Blanco Lasema (2012) es que el resultado experimental es el mismo independientemente de cuál de los dos objetos se encuentre en movimiento. No obstante, desde la perspectiva de la física clásica, el entendimiento varía conforme al marco de referencia que se aplique.

Si el conductor circula al imán, la corriente generada se comprende a través de la fuerza de Lorentz, que detalla el efecto de un campo magnético sobre cargas eléctricas en movimiento. En cambio, si el conductor permanece quieto y es el imán quien se desplaza, la justificación se apoya en la ley de inducción de Faraday; esta ley postula que un campo magnético cambiante genera una fuerza electromotriz en el circuito (Resnick, 1977).

Antes de profundizar en ambas explicaciones, resulta pertinente representar esquemáticamente las dos situaciones experimentales que originan la paradoja, como muestra la figura 2.

Figura 2*Movimiento relativo entre imán y conductor*

Nota. Figura elaborada por los autores mediante inteligencia artificial generativa (ChatGPT, OpenAI, 2026), a partir de la descripción conceptual de la paradoja del imán y el conductor presentada por Blanco Lasema (2012).

La contradicción no se encontraba en el resultado observado, ya que en ambos casos se producía corriente eléctrica, sino en la diferencia conceptual de las explicaciones utilizadas por la física clásica. Einstein vio esta discrepancia como prueba de que la electricidad y el magnetismo no debían considerarse por separado, sino como diferentes aspectos de una misma realidad física sujeta al punto de vista del observador (Norton, 2014; Blanco Lasema, 2012).

Gracias a esto, se comprendió que los campos eléctricos y magnéticos cambian el uno en el otro según quién esté mirando, formando de este modo un solo campo electromagnético. De esta manera, la paradoja del imán y el conductor se convirtió en uno de los principales argumentos que impulsaron la formulación de la Teoría Especial de la Relatividad en 1905.

Explicación física del fenómeno electromagnético

La explicación del fenómeno puede analizarse desde dos marcos de referencia distintos. En el primer caso, cuando el imán permanece en reposo y el conductor se mueve, las cargas eléctricas presentes en el conductor experimentan una fuerza magnética conocida como fuerza de Lorentz (Méndez López et al., 2025; Norton, 2014). Esta fuerza actúa en un ángulo recto respecto al campo magnético y al desplazamiento de las partículas, lo que causa el movimiento de electrones y la producción de electricidad.

En la otra situación, si el alambre no se mueve y el imán sí, el campo magnético alrededor del circuito está en continua alteración. Basado en la ley de Faraday, un cambio en el flujo magnético crea una fuerza eléctrica que puede producir corriente (Sánchez Ruíz & Moreno Acuña, 2026).

Para comprender mejor ambas interpretaciones, se presenta la tabla 2, la cual sintetiza las explicaciones físicas involucradas.

Tabla 2
Explicación física de la paradoja del imán y el conductor

Situación observada	Explicación física
Conductor en movimiento	Fuerza de Lorentz
Imán en movimiento	Ley de inducción de Faraday
Resultado experimental	Generación de corriente eléctrica

A pesar de que las explicaciones parecen diferentes, Einstein comprendió que ambas corresponden al mismo fenómeno físico observado desde distintos sistemas de referencia. Esta idea transformó profundamente la manera de interpretar el electromagnetismo y permitió superar las limitaciones conceptuales de la física clásica.

Desarrollo experimental y valor didáctico

Con el propósito de comprender de manera práctica la paradoja electromagnética, se desarrolló una experiencia experimental utilizando materiales sencillos y accesibles. Entre los recursos empleados se encuentran un imán de neodimio, alambre de cobre esmaltado, un multímetro y una base de cartón para sostener el montaje.

La implementación de prácticas de laboratorio utilizando materiales del medio para la enseñanza del electromagnetismo presenta múltiples conveniencias, entre ellas que promueven un aprendizaje significativo y contextualizado, permitiendo a los estudiantes relacionar los conceptos teóricos con su entorno inmediato. Además, el uso de recursos del medio fomenta la creatividad y la innovación en los métodos de enseñanza, al tiempo que puede reducir costos y hacer más accesible la educación científica (Blandón Tinoco & Herrera-Castrillo, 2025, p. 25).

Al principio, el conductor se unió al multímetro para detectar leves cambios en la corriente o el voltaje. Más tarde, se movió el imán en relación con el conductor, y se notó que se producía electricidad en las dos situaciones, tal como se ve en la figura 3.

Figura 3.*Montaje experimental del circuito imán-conductor*

Nota. El montaje práctico evidencia cómo el movimiento relativo entre el imán y la bobina genera una corriente eléctrica por inducción electromagnética. Figura elaborada mediante inteligencia artificial generativa (ChatGPT, OpenAI, 2026) y adaptada por los autores con fines educativos.

La actividad sirvió para comprobar que el efecto de inducción electromagnética se puede lograr con elementos sencillos, haciendo más fácil entender ideas complejas del electromagnetismo y la relatividad. De igual modo, la práctica ayuda a un aprendizaje más profundo, al conectar la ciencia teórica con lo que se observa directamente.

Desde un punto de vista de enseñanza, estas tareas ayudan a mejorar el razonamiento, las ganas de saber y la inclinación por explorar. Poder repetir sucesos históricos con ejercicios fáciles muestra que enseñar física puede ser interactivo y ligado a situaciones reales (Vilchez-Ruiz et al., 2026). Así, la importancia pedagógica de este experimento no está solo en replicar el suceso físico, sino también en su habilidad para animar a los alumnos a preguntar, examinar y entender cómo funciona el mundo natural con una mirada científica.

CONCLUSIONES

La paradoja del imán y el conductor representó uno de los principales cuestionamientos a la relatividad newtoniana, al demostrar que las explicaciones tradicionales de la física clásica resultaban insuficientes para interpretar coherentemente los fenómenos electromagnéticos. El análisis desarrollado en este ensayo permitió comprender que la generación de corriente eléctrica depende del movimiento relativo entre el imán y el conductor, independientemente del sistema de referencia utilizado.

Además, el experimento realizado por Michelson y Morley, junto con las contribuciones teóricas de Albert Einstein, pusieron de manifiesto la urgencia de cambiar la visión tradicional sobre el espacio, el tiempo y el movimiento. Esto propició el desarrollo de la Teoría Especial de la Relatividad y la integración conceptual entre electricidad y magnetismo como partes de un mismo fenómeno físico.

Desde un enfoque educativo, la realización de esta paradoja de manera experimental con materiales simples prueba que la enseñanza de la física puede llevarse a cabo de manera activa, práctica y adaptada al contexto. Este tipo de actividades refuerzan la comprensión de conceptos abstractos, fomentan un aprendizaje significativo y despiertan el interés de los alumnos en la investigación científica.

Por último, el estudio enfatiza que la física no debe ser vista solo como un conjunto de fórmulas y teorías, sino como una herramienta para entender la realidad, desarrollar el pensamiento crítico y analizar los fenómenos naturales desde un punto de vista científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez Pérez, A., Villar Martín, B., & Oraá Vicente, C. (2017). Interferómetro de Michelson-Morley. <https://acortar.link/7hVhn8>
- Blandón Tinoco, D. M., & Herrera-Castrillo, C. J. (2025). Prácticas de laboratorio en la unidad de Electromagnetismo en Educación Superior. *Revista Científica Tecnológica*, 8(3), 23-38. <https://doi.org/10.5377/recientec.v8i3.21859>
- Blanco Lasema, D. (2012). La teoría de la relatividad: Einstein. El espacio es una cuestión de tiempo. RBA Contenidos Editoriales y Audiovisuales. <https://grupocc-lab.com.mx/wp-content/uploads/2023/04/01-Einstein.pdf>
- Cassini, A., & Levinas, L. (2005). La reinterpretación radical del experimento de Michelson-Morley por la relatividad especial. *Scientiae Studia*, 3(4), 547-581. <https://doi.org/10.1590/S1678-31662005000400002>
- Einstein, A. (2005). Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento. *Teorema: Revista Internacional de Filosofía*, 24(2), 91-119. <https://www.jstor.org/stable/43046574>
- Fowler, M. (1996). Experimento de Michelson-Morley. Universidad Autónoma de Baja California. https://galileoandeinstein.phys.virginia.edu/lectures/Michelson-Morley_Sp.pdf
- Gándara González, Ó. (2024). Electricidad y Magnetismo, desde Oersted hasta la Relatividad Especial de Einstein. [Tesis de Grado]. Universidad de Valladolid. Escuela de Ingenierías Industriales. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/69146>
- Herrera-Castrillo, C. J. (2024). Práctica pedagógica en mecánica relativista: enfoques, estrategias y su impacto educativo. *Wani*, 40(80), 4-22. <https://doi.org/10.5377/wani.v40i80.17642>
- Janssen, B. (2013). Teoría de la Relatividad General. Universidad de Granada. <https://www.ugr.es/~bjanssen/text/BertJanssen-RelatividadGeneral.pdf>
- Méndez López, H. A., Quiroz González, O. E., Gaitán Rizo, H. J., & Herrera-Castrillo, C. J. (2025). Metodología Activa Novedosa para la evaluación por competencia en el aprendizaje de las Ecuaciones de Lorentz (MANPEC). *Revista Oratores*, 1(22), 39-55. <https://doi.org/10.37594/oratores.n22.1721>
- Norton, J. (2014). La teoría especial de la relatividad de Einstein y los problemas en la electrodinámica de los cuerpos en movimiento que lo llevaron a ella. En *El manual de Cambridge sobre Einstein*.

- Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CCO9781139024525.004>
- OpenAI. (2026). ChatGPT (herramienta de inteligencia artificial generativa utilizada para la elaboración de material gráfico y esquemas educativos). <https://chatgpt.com/>
- Ortuño Blandón, A. I., Ferrufino Amador, E. A., Herrera Castrillo, C. J., & López Maradiaga, E. O. (2025). Cuento didáctico: un camino hacia la relatividad desde un modelo por competencias. *Educación Superior*(39), 53-72. <https://doi.org/10.56918/es.2025.i39.pp53-72>
- Pérez Ramos, T., Romero Blanco, L., Nuñez de los Santos, I. A., & Peralta Diaz, G. (2022). El legado científico de James Clerk Maxwell: una síntesis. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 2(1), 1-8. <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v2i1.581>
- Porral, E., Bataglia, G., Reyes, I., & Enríquez, M. (2023). Relatividad Especial. https://www.researchgate.net/profile/Edgardo-Porral-2/publication/369385431_FISICA_ELECTRONICA_Relatividad_Especial/links/6419af3f66f8522c38c1ff8a/FISICA-ELECTRONICA-Relatividad-Especial.pdf
- Resnick, R. (1977). *Introducción a la Teoría Especial de la Relatividad*. Impreso en México [784]. https://www.academia.edu/39674448/INTRODUCCION_A_LA_TEORIA_ESPECIAL_DE_LA_RELATIVIDAD_EDITORIAL_LIMUSA
- Samaniego Banuelos, F., & Hernández Cornejo, N. (2022). La evolución de los conceptos de la física del siglo XIX: un análisis a partir de la tipología de Shapere. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 22(44), 59-103. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v22i44.3404>
- Sánchez Ruíz, K. A., & Moreno Acuña, C. A. (2026). Estrategias metodológicas haciendo uso de tecnología para los contenidos: espectro electromagnético y vector de Poynting. *Ciencia y Educación*, 7(4), 240-252. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19598373>
- Soto, R. (2005). Albert Einstein, 1905. La revolución en la Física. *El Hombre y la Máquina*, 1(25), 100-109. <https://www.redalyc.org/pdf/478/47802510.pdf>
- Tapasco Tapasco, L. F. (2025). La mecánica clásica determinista y la mecánica cuántica indeterminista ¿son inconmensurables? [Tesis de Grado]. Universidad Tecnológica de Pereira. <https://repositorio.utp.edu.co/entities/publication/bb69ed0d-13aa-4749-8570-0d25192ed6a6>
- Tebaldi, M. C. (2023). Física cuántica y relativista. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/162042>
- Vilchez-Ruiz, M. I., López-Gutiérrez, E., & Herrera-Castrillo, C. J. (2026). Software para la adquisición de datos de Física Clásica utilizando sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS). *Revista Científica Ciencia y Método*, 4(1), 154-169. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n1/119>