

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2026,
Volumen 10, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1

DESARROLLO DE UN MEDIDOR DE INDUCTANCIA DE BAJO COSTO COMO ESTRATEGIA PARA FORTALECER EL APRENDIZAJE EXPERIMENTAL EN EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

**DEVELOPMENT OF A LOW-COST INDUCTANCE
METER BASED ON LC OSCILLATIONS AS A STRATEGY
TO STRENGTHEN EXPERIMENTAL LEARNING IN
TECHNOLOGICAL EDUCATION**

José Arturo Barbosa Moreno
Tecnológico Nacional de México, México

Jair Hernández Martínez
Tecnológico Nacional de México, México

Rogelio Chong Flores
Tecnológico Nacional de México, México

Arturo Barbosa Olivares
Tecnológico Nacional de México, México

Oscar del Ángel Castillo
Tecnológico Nacional de México, México

Desarrollo de un Medidor de Inductancia de Bajo Costo Como Estrategia para Fortalecer el Aprendizaje Experimental en Educación Tecnológica

José Arturo Barbosa Moreno¹

barbosa.arturo@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8262-8509>

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero
México

Rogelio Chong Flores

rchong.flores@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-8763-7642>

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero
México

Oscar del Ángel Castillo

oscar.dc@cdvictoria.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0004-0529-9168>

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria
México

Jair Hernández Martínez

jairhm@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0002-4607-6719>

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero
México

Arturo Barbosa Olivares

arturo_barbosa_o@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8111-594X>

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero
México

RESUMEN

La experimentación práctica constituye un elemento fundamental en la formación tecnológica; sin embargo, el acceso a instrumentación especializada suele estar limitado en contextos educativos con restricciones presupuestales. El presente estudio tuvo como objetivo diseñar, implementar y evaluar un medidor de inductancia de bajo costo basado en oscilaciones amortiguadas en un circuito resonante LC, utilizando una plataforma Arduino como herramienta didáctica en educación tecnológica. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con diseño experimental, involucrando a 15 estudiantes en una práctica de laboratorio. El prototipo fue validado técnicamente mediante la comparación de mediciones con un medidor comercial de referencia, obteniendo variaciones relativas entre 3% y 7%. En el ámbito educativo, se aplicaron evaluaciones diagnóstica y posterior, observándose una mejora en la comprensión de conceptos asociados a resonancia, comportamiento dinámico de circuitos y procesos de medición. Los resultados evidencian que es posible desarrollar instrumentación funcional de bajo costo con precisión adecuada para fines formativos, favoreciendo la integración entre teoría y práctica. Se concluye que la instrumentación open-hardware representa una estrategia viable para fortalecer el aprendizaje experimental y ampliar el acceso a experiencias tecnológicas significativas.

Palabras clave: educación tecnológica, instrumentación didáctica, aprendizaje experimental, hardware abierto, medición de inductancia

¹ Autor principal

Correspondencia: barbosa.arturo@gmail.com

Development of a Low-Cost Inductance Meter Based on LC Oscillations as a Strategy to Strengthen Experimental Learning in Technological Education

ABSTRACT

Practical experimentation is a fundamental component in technological education; however, access to specialized instrumentation is often limited in educational contexts with budget constraints. This study aimed to design, implement, and evaluate a low-cost inductance meter based on damped oscillations in an LC resonant circuit using an Arduino platform as a didactic tool in technological education. The research followed a quantitative approach with an experimental design involving 15 students in a laboratory activity. The prototype was technically validated by comparing its measurements with those obtained from a commercial inductance meter, showing relative variations between 3% and 7%. In the educational dimension, pre- and post-assessments indicated improvements in students' understanding of resonance phenomena, dynamic circuit behavior, and measurement processes. The findings demonstrate that functional low-cost instrumentation with adequate accuracy for educational purposes can be developed, promoting stronger integration between theory and practice. Open-hardware instrumentation is therefore presented as a viable strategy to enhance experimental learning and expand access to meaningful technological experiences.

Keywords: technological education, didactic instrumentation, experimental learning, open hardware, inductance measurement

Artículo recibido 02 enero 2026

Aceptado para publicación: 30 enero 2026



INTRODUCCIÓN

La experimentación práctica representa un componente fundamental en la formación de estudiantes en áreas tecnológicas y de ingeniería, ya que permite conectar los conceptos teóricos con experiencias reales que enriquecen la comprensión y el pensamiento crítico. En muchos contextos educativos, sobre todo en instituciones con recursos limitados, el acceso a instrumentación profesional de medición — como medidores de impedancia LCR— es restringido debido a su costo elevado y los requisitos técnicos asociados. Esto limita las oportunidades de realizar prácticas experimentales significativas, reduciendo la calidad formativa y la motivación del estudiantado (Rodríguez-Díaz, 2024).

El uso de plataformas de hardware abierto (open hardware) como Arduino ha permitido el desarrollo de dispositivos de medición de bajo costo que pueden ser utilizados como herramientas educativas, facilitando la experimentación y fomentando el aprendizaje activo. Estas herramientas permiten a los estudiantes involucrarse en todas las etapas del proceso experimental —desde la construcción del instrumento hasta la interpretación de resultados— lo cual fortalece su comprensión conceptual y habilidades prácticas (Inácio, Guerra, & Stallinga, 2022)

Los demostradores experimentales de bajo costo han sido implementados con éxito como estrategias pedagógicas para reforzar y contrastar conceptos teóricos en cursos de circuitos eléctricos y otras asignaturas tecnológicas, generando ambientes de aprendizaje más significativos y motivadores para los estudiantes (Jiménez, Rey, & Ribero, 2022). Además, el diseño y uso de instrumentación didáctica centrada en la educación permite explorar no sólo los aspectos técnicos del fenómeno físico, sino también el desarrollo de competencias integrales en contextos educativos diversos.

Es dentro de este marco que proponemos el desarrollo de un medidor de inductancia basado en un circuito resonante LC controlado por Arduino para ser utilizado como herramienta didáctica en prácticas experimentales (Hernández, Rodríguez, & Aguilar, 2018).

Este instrumento de bajo costo no sólo permite medir la inductancia de componentes reales, sino que también ofrece una experiencia de aprendizaje donde los estudiantes pueden observar fenómenos de oscilación y resonancia, comprender el papel de cada componente y reflexionar sobre la relación entre teoría y práctica.



El objetivo central de este trabajo es evaluar la viabilidad de esta herramienta como apoyo al aprendizaje experimental en educación tecnológica, así como analizar las posibles mejoras en la comprensión de conceptos clave por parte de los estudiantes (Hinojosa & Sanmartí, 2024).

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con alcance aplicativo y diseño experimental en contexto educativo, orientado al diseño, implementación y evaluación de un instrumento de medición de inductancia de bajo costo como estrategia didáctica en educación tecnológica.. La investigación consistió en el diseño, construcción e implementación de un medidor de inductancia de bajo costo basado en oscilaciones amortiguadas en un circuito resonante LC, con el propósito de evaluar tanto su viabilidad técnica como su impacto en la comprensión conceptual de estudiantes de educación tecnológica.

Diseño de la investigación

El diseño fue experimental simple con aplicación en contexto educativo. Se desarrolló un prototipo funcional de medidor de inductancia basado en la generación de oscilaciones amortiguadas en un circuito resonante LC y la detección digital de cruces por cero mediante una plataforma Arduino. Posteriormente, el instrumento fue implementado como recurso didáctico en una práctica de laboratorio con estudiantes de formación tecnológica.

El estudio contempló dos dimensiones de análisis:

- Dimensión técnica, centrada en la validación funcional del instrumento. Durante este periodo se diseñó, construyó y calibró el prototipo funcional empleando una plataforma Arduino UNO, un sistema de detección de cruces por cero mediante amplificador operacional y una pantalla OLED para visualización de resultados.
- Dimensión educativa, enfocada en la evaluación del impacto en la comprensión conceptual de los estudiantes.

Descripción del sistema desarrollado

El prototipo consistió en una etapa de generación de oscilación LC, donde un capacitor previamente cargado se descarga sobre un inductor bajo prueba, generando una señal oscilatoria amortiguada.



Una etapa de acondicionamiento de señal mediante amplificador operacional configurado como comparador, encargado de transformar la señal analógica oscilatoria en pulsos digitales detectables por el microcontrolador.

Una etapa de procesamiento digital utilizando Arduino UNO, donde se midió el periodo de oscilación a partir de los cruces por cero.

Un módulo de visualización mediante pantalla OLED I2C, en la cual se mostraba el valor calculado de inductancia.

El valor de inductancia se determinó a partir de la expresión:

$$L = \frac{T^2}{4\pi^2 C}$$

donde T corresponde al periodo medido experimentalmente y C al valor conocido del capacitor utilizado en el circuito.

Validación técnica

Para evaluar la precisión del dispositivo desarrollado, se realizaron mediciones sobre inductores comerciales de valores conocidos. Los resultados obtenidos fueron comparados con las mediciones realizadas mediante un medidor LCR comercial de referencia.

El análisis mostró variaciones relativas entre aproximadamente 3% y 7%, dependiendo del inductor evaluado. Estos márgenes de error se consideran aceptables dentro de un contexto educativo y susceptibles de optimización mediante ajustes de software y calibración adicional.

Se calculó el error relativo porcentual mediante:

$$Error(\%) = \left| \frac{L_{experimental} - L_{referencia}}{L_{referencia}} \right| \times 100$$

Asimismo, se realizaron múltiples mediciones por componente con el fin de obtener un valor promedio y reducir la influencia de errores aleatorios.

Contexto y muestra

La implementación educativa se realizó con estudiantes de nivel superior del área de ingeniería eléctrica del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero con aproximadamente 15 alumnos.



La muestra fue no probabilística por conveniencia, conformada por estudiantes inscritos en la asignatura de Instrumentación Industrial.

Para evaluar el impacto educativo se utilizaron:

- Una prueba diagnóstica previa (pretest) orientada a medir conocimientos sobre resonancia, oscilaciones y comportamiento de circuitos RLC.
- Una prueba posterior (posttest) aplicada después de la práctica experimental.
- Un cuestionario de percepción sobre utilidad, motivación y comprensión conceptual.

Procedimiento: Primeramente se realizó una presentación teórica del fenómeno de resonancia en circuitos LC. Posteriormente se continuo con una explicación del prototipo a desarrollar y la construcción del mismo. Acto seguido se realizó de mediciones prácticas con distintos inductores. Se llevo un registro y análisis de resultados. Ya casi para finalizar se aplicó una evaluación posterior para comparar resultados del antes y después de la práctica.

Análisis de datos

Los datos cuantitativos fueron analizados mediante estadística descriptiva básica (media, desviación estándar y error porcentual). Para evaluar el impacto educativo, se compararon los resultados del pretest y posttest mediante diferencia de medias, identificando variaciones en el nivel de comprensión conceptual. Los resultados mostraron una mejora en la comprensión del fenómeno de resonancia y del proceso de medición de inductancia, evidenciando que la construcción e implementación del instrumento favoreció la integración entre teoría y práctica.

Consideraciones éticas

La participación de los estudiantes fue voluntaria y los datos recolectados fueron utilizados exclusivamente con fines académicos y de investigación, garantizando confidencialidad y anonimato.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados técnicos

Se realizaron mediciones sobre diversas bobinas comerciales empleando el prototipo desarrollado y un medidor de inductancia comercial como instrumento de referencia. Para cada inductor se efectuaron múltiples mediciones, calculando posteriormente el valor promedio con el fin de reducir la influencia de variaciones aleatorias.

Los resultados mostraron una variación relativa comprendida entre aproximadamente 3% y 7% respecto al instrumento comercial. En términos generales, los valores obtenidos con el prototipo mantuvieron una tendencia consistente y proporcional respecto a los valores de referencia.

A modo ilustrativo, la Tabla 1 presenta un ejemplo representativo de los resultados obtenidos. Los valores obtenidos evidencian que el dispositivo presenta un comportamiento estable dentro de márgenes aceptables para fines didácticos. Las diferencias observadas pueden atribuirse a factores como: tolerancia del capacitor utilizado, resistencia interna de la bobina, precisión temporal del microcontrolador, influencia del umbral de detección en el comparador operacional, ruido eléctrico presente en el montaje sobre protoboard.

Cabe señalar que el margen de error identificado es susceptible de reducción mediante calibración por software, compensación de offset y corrección por factor de amortiguamiento.

En la dimensión pedagógica, la implementación del instrumento permitió que los estudiantes observaran de manera directa el fenómeno de oscilación en un circuito resonante LC y comprendieran la relación entre periodo, capacitancia e inductancia.

La comparación entre evaluación diagnóstica previa (pretest) y evaluación posterior (postest) evidenció una mejora en la comprensión conceptual de:

- Fenómeno de resonancia.
- Naturaleza de las oscilaciones amortiguadas.
- Relación matemática entre periodo e inductancia.
- Importancia de la medición experimental frente al valor nominal del componente.

Además, durante la práctica se observó mayor participación activa, discusión técnica entre estudiantes y formulación de hipótesis respecto a las diferencias entre valores teóricos y medidos. Estos resultados sugieren que la experiencia de construcción y utilización del instrumento favoreció el aprendizaje significativo al integrar teoría, experimentación y análisis crítico.

Desde la perspectiva técnica, los resultados obtenidos demuestran que es posible desarrollar instrumentación funcional de bajo costo con márgenes de error reducidos, adecuados para entornos educativos. Si bien el prototipo no busca reemplazar equipos de laboratorio profesional, sí constituye una alternativa viable en contextos donde el acceso a instrumentación especializada es limitado.

El rango de error observado (3%–7%) se encuentra dentro de tolerancias comparables a las variaciones propias de muchos componentes electrónicos comerciales, lo que refuerza la viabilidad del instrumento como recurso didáctico.

En el ámbito educativo, la experiencia evidenció que la construcción y utilización del medidor permitió trascender la enseñanza meramente teórica del fenómeno de resonancia. El estudiante dejó de ser un receptor pasivo de fórmulas para convertirse en constructor y analista del fenómeno físico. Esta transición favorece el desarrollo de competencias técnicas, pensamiento crítico y comprensión profunda del proceso de medición. Asimismo, la implementación de instrumentación open-hardware en el aula se alinea con principios de democratización del acceso a la tecnología educativa, contribuyendo potencialmente a reducir brechas en instituciones con recursos limitados. Desde esta perspectiva, el desarrollo de herramientas de bajo costo no sólo representa una solución técnica, sino también una estrategia pedagógica con impacto social.

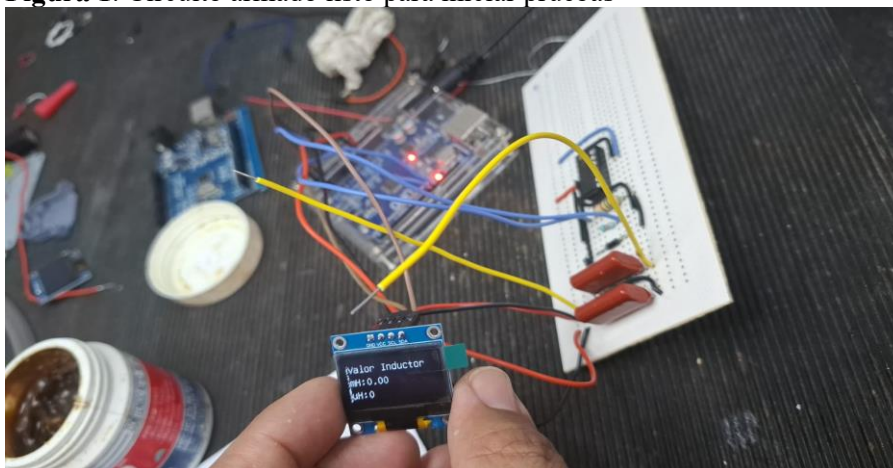
Finalmente, el estudio abre la posibilidad de ampliar el diseño hacia una plataforma modular que permita medir otros parámetros eléctricos (capacitancia, resistencia o impedancia compleja), consolidando una línea de investigación en instrumentación educativa de bajo costo.

ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS

Tabla 1. Comparación entre mediciones del prototipo y medidor comercial

Inductor nominal	Medidor comercial	Prototipo desarrollado	Error (%)
10 mH	9.85 mH	10.12 mH	2.74 %
22 mH	21.6 mH	22.95 mH	6.25 %
47 mH	46.2 mH	48.9 mH	5.84%
150 mH	149.1 mH	144.1 mH	3.3%

Figura 1. Circuito armado listo para iniciar pruebas



CONCLUSIONES

El desarrollo e implementación de un medidor de inductancia de bajo costo basado en oscilaciones amortiguadas en un circuito resonante LC demostró ser técnicamente viable y pedagógicamente pertinente en el contexto de la educación tecnológica. Los resultados obtenidos evidencian que el prototipo alcanzó márgenes de error comprendidos entre 3% y 7% respecto a un instrumento comercial de referencia, valores que resultan aceptables dentro de un entorno formativo y que pueden optimizarse mediante procesos adicionales de calibración y ajuste por software.

Desde el punto de vista técnico, el estudio confirma que es posible diseñar y construir instrumentación funcional utilizando plataformas open-hardware, integrando etapas de generación de señal, acondicionamiento mediante amplificador operacional y procesamiento digital con microcontrolador. Esto demuestra que la medición experimental no necesariamente requiere equipamiento de alto costo para cumplir fines educativos.

En el ámbito pedagógico, la experiencia permitió fortalecer la comprensión conceptual de fenómenos asociados a la resonancia y al comportamiento dinámico de circuitos LC, promoviendo una integración efectiva entre teoría y práctica. La participación activa de los estudiantes durante la construcción y uso del instrumento favoreció el aprendizaje significativo, el análisis crítico de resultados y la reflexión sobre las fuentes de error en procesos de medición reales.

Asimismo, el estudio pone de manifiesto el potencial de la instrumentación didáctica de bajo costo como estrategia para ampliar el acceso a experiencias experimentales en contextos con limitaciones presupuestales. En este sentido, el trabajo no sólo representa una contribución técnica, sino también una propuesta alineada con la democratización del acceso a herramientas tecnológicas en la educación.

Finalmente, se plantea como perspectiva futura el perfeccionamiento del prototipo mediante mejoras en calibración, reducción de ruido y modelado del amortiguamiento, así como la ampliación del sistema hacia una plataforma modular capaz de medir otros parámetros eléctricos. Estas líneas de desarrollo podrían consolidar una propuesta integral de laboratorio tecnológico de bajo costo, con impacto tanto académico como social.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Franco, G. A. (2020). Circuito LCR. Oscilaciones amortiguadas. Obtenido de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/fem/oscilador/oscilador.html>
- Hernández, M. C., Rodríguez, V. L., & Aguilar, A. M. (26 de 01 de 2018). *PAG Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*. Obtenido de <https://www.pag.org.mx/>: <https://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/724/1012>
- Hinojosa, L. J., & Sanmartí, P. N. (03 de 06 de 2024). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Obtenido de <https://revistas.uca.es/>: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2602
- Inácio, P. M., Guerra, R., & Stallinga, P. (13 de 03 de 2022). *MDPI*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/>: <https://doi.org/10.3390/s22062227>
- Jiménez, A. D., Rey, L. J., & Ribero, A. L. (07 de 09 de 2022). *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2022*. Obtenido de <https://acofipapers.org/>: <https://doi.org/10.26507/paper.2557>
- Nilsson, J. W. (2020). *Electric circuits (11th ed.)*. Pearson.
- Reider, B. J. (2015). *Instituto Tecnológico de Celaya*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://iee.azc.uam.mx/ilg/labcca/Recurso_inductancia.pdf
- Rodríguez-Díaz, A. (08 de 02 de 2024). *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. Obtenido de <https://rlee.iberomx/>: <https://doi.org/10.48102/rlee.2024.54.1.604>
- StudySmarter. (2025). *Circuitos de inductor-capacitor (LC): Teoría, ejemplos*.

