



Fomentando el pensamiento crítico con laboratorios remotos sobre circuitos eléctricos

Promoting Critical Thinking with Remote Laboratories on Electrical Circuits

Marcos Francisco Guerrero Zambrano

Pedagogía de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, Universidad Estatal de Milagro, Ciudadela Universitaria «Dr. Rómulo Minchala Murillo», Guayas, Ecuador.

mguerreroz@unemi.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5617-6836>

Sonia Beatriz Concari

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional del Rosario, Rosario.

sconcari@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9151-2276>

RESUMEN • La investigación evaluó una estrategia didáctica con laboratorios remotos en circuitos eléctricos para desarrollar el pensamiento crítico (PC) en estudiantes de ingeniería en Ecuador, usando investigación basada en diseño (IBD). En una primera intervención con 60 estudiantes, el 61 y el 63 % mejoraron su PC y logros de aprendizaje, respectivamente. Tras ajustar la estrategia, en una segunda intervención con 41 estudiantes, el 81% mostró mejoras en PC y el 85 % en logros de aprendizaje. Las pruebas estadísticas, como la de Wilcoxon y la ganancia de Hake, respaldaron los resultados, mostrando un incremento del 20 % en PC y un 22 % en logros de aprendizaje, confirmando la efectividad de los ajustes en la estrategia didáctica.

PALABRAS CLAVES: Investigación basada en diseño; Pensamiento crítico; Logros de aprendizaje; Laboratorio remoto; Circuitos eléctricos.

ABSTRACT • The research evaluated a teaching strategy with remote laboratories in electrical circuits so as to develop critical thinking (CT) in engineering students in Ecuador, using design-based research (DBR). In the first intervention with 60 students, 61% and 63% of them improved their CT and learning achievements, respectively. After adjusting the strategy, in a second intervention with 41 students, 81% showed improvements in CT and 85% in learning achievements. Statistical tests, such as Wilcoxon's and the Hake gain, supported the results, showing a 20% increase in CT and 22% in learning achievements, which confirms the effectiveness of the adjustments in the teaching strategy.

KEYWORDS: Design-based inquiry; Critical thinking; Learning achievements; Remote laboratory; Electrical circuits.

Recepción: octubre 2024 • Aceptación: abril 2025 • Publicación: noviembre 2025

Guerrero Zambrano, M. F. y Concari, S. B. (2025). Fomentando el pensamiento crítico con laboratorios remotos sobre circuitos eléctricos. *Enseñanza de las Ciencias*, 43(3), 51-71.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6328>

INTRODUCCIÓN

El PC se define como la capacidad humana para analizar y evaluar la información disponible sobre un tema específico, con el objetivo de esclarecer la veracidad de dicha información y construir una idea fundamentada al respecto, desestimando posibles sesgos externos.

Ennis (1962) lo describe como un pensamiento razonado y reflexivo, enfocado en decidir en qué creer y qué hacer, utilizando la información de manera lógica y racional.

La aplicación del PC permite discernir afirmaciones válidas mediante el análisis de los razonamientos que las sustentan, promoviendo una comprensión justificada y evitando la aceptación acrítica de ideas externas. En el ámbito educativo, su desarrollo es fundamental, ya que potencia la resolución de problemas complejos, la toma de decisiones informadas y la adaptación a contextos diversos. Además, fortalece el rendimiento académico, la argumentación, la gestión de la incertidumbre y la comunicación efectiva (Ilbay Guaña y Espinosa Cevallos, 2024).

Investigaciones recientes evidencian que el PC puede ser promovido a través de preguntas dirigidas, del aprendizaje basado en proyectos y de estrategias didácticas diversas. En este contexto, los laboratorios remotos (LR) surgen como una alternativa innovadora en la enseñanza de la física, al ofrecer acceso a laboratorios reales sin necesidad de presencia física y con horarios flexibles. Sin embargo, sus implicaciones en el desarrollo del PC aún requieren mayor exploración (Cardona Aristizábal et al., 2022).

Actualmente, los LR están en expansión en la enseñanza de la física, destacando plataformas como VISIR, LabsLand, UNEDlabs y Rexlabs (Idoyaga y Arguedas-Matarrita, 2021). Estos laboratorios permiten realizar prácticas a distancia mediante experimentos operados en línea, presentando ventajas en comparación con los laboratorios tradicionales, tales como menores costes de operación y mantenimiento, disponibilidad 24/7, mayor acceso y seguridad (Faulconer y Gruss, 2018).

En el contexto de Ecuador, se destaca la falta de recursos financieros en universidades públicas, especialmente en la región 5, y el impacto de la pandemia de la COVID-19, lo que ha limitado el uso de laboratorios tradicionales. Además, se subraya la necesidad de estrategias didácticas que promuevan el desarrollo del PC en los cursos de ingeniería.

Según lo presentado, se plantean los siguientes interrogantes: ¿Cómo influye la estrategia didáctica implementada en el desarrollo del PC en estudiantes de ingeniería? ¿Cómo impacta el uso de LR en actividades experimentales en el desarrollo del PC? ¿Cómo se puede impulsar el desarrollo del PC a través de la experimentación remota?

El principal objetivo de esta investigación es diseñar, implementar y evaluar una estrategia didáctica utilizando un LR en el tema de circuitos eléctricos en la asignatura de Física con el fin de promover el desarrollo del PC en estudiantes de especialidades de ingeniería en una universidad estatal de Ecuador. En este trabajo se describe un resumen de una investigación de posgrado.

MARCO TEÓRICO

Pensamiento crítico

El PC se refiere a la capacidad de analizar y evaluar de manera reflexiva la información, los argumentos y las evidencias para llegar a conclusiones bien fundamentadas. León (2014) complementa esta idea, destacando que el PC también involucra procesos reflexivos que promueven el desarrollo de juicios fundamentados. Según Morales Zúñiga (2014), el PC es esencial en la educación contemporánea, lo que permite a los estudiantes no solo adquirir conocimiento, sino también cuestionar y construir ideas basadas en una comprensión profunda de los temas. Paul y Elder (2021) destacan que fomentar el PC contribuye al desarrollo de una ciudadanía más activa y responsable, capaz de tomar decisiones éticas y fundamentadas.

Mejorar el PC en los estudiantes de ingeniería, particularmente en física, es crucial por varias razones. El PC es una habilidad fundamental necesaria para evaluar, explorar y resolver problemas complejos, que son inherentes a ingeniería y Física (Gong et al., 2024). En el siglo XXI, estas habilidades son indispensables para que los futuros profesionales puedan afrontar y abordar los desafíos del mundo de manera eficaz.

Ossa-Cornejo et al. (2017) subrayan la importancia de definir y medir el PC, señalando la complejidad y las divergencias en los métodos de evaluación en contextos educativos.

Investigadores como Tiruneh et al. (2017) diseñaron una prueba para evaluar habilidades de PC en electricidad y magnetismo, con una confiabilidad aceptable: Alpha de Cronbach de 0.72 y Kappa de Cohen de 0.83. Por su parte, Suprpto et al. (2024) reportaron que docentes de física fomentaron habilidades de PC mediante estrategias como simulaciones, preguntas socráticas, experimentación, trabajo en grupo y enfoques basados en investigación y resolución de problemas. Fadilah et al. (2023), a través de una investigación cuasiexperimental con grupo control y experimental, evidenciaron que el aprendizaje basado en proyectos, apoyado en YouTube, mejora las habilidades de PC en estudiantes de Física de undécimo grado, según análisis MANOVA con significancia mayor a 0.05.

Por ello, en el ámbito académico, fortalecer el PC permite a los estudiantes analizar problemas desde diversas perspectivas, enriqueciendo su aprendizaje y favoreciendo su adaptación a distintos contextos. Promoverlo es clave para afrontar los retos del siglo XXI.

Laboratorios remotos: definición e importancia

Aunque los LR para la educación científica cuentan ya con décadas de desarrollo y experimentación (Matarrita y Concari, 2015), hasta hace pocos años estos recursos tecnológicos no se habían aprovechado plenamente. Sin embargo, durante la pandemia de la COVID-19, el cierre de las instituciones educativas impulsó la adaptación de los laboratorios de física a formatos remotos y virtuales. En este contexto, el uso de LR se destacó como una estrategia clave, al permitir que los estudiantes interactúen a distancia con experimentos reales controlados por *software*, asegurando la continuidad del aprendizaje práctico.

Cabe distinguir que los LR se diferencian de los laboratorios virtuales en que estos últimos son simulaciones computacionales de fenómenos físicos, donde se manipulan parámetros desde un entorno digital que representa aspectos clave de la realidad, omitiendo algunos secundarios. En cambio, los LR permiten interactuar con equipos reales a distancia mediante internet, brindando experiencias auténticas de experimentación controlada, es «aquel que tiene equipos físicos que realizan los ensayos localmente, pero en los que el usuario accede en forma remota a través de una interfaz que está implementada mediante *software*. De esta forma el usuario realiza prácticas reales a través de un sistema de gestión de aprendizaje, conocido como LMS (*Learning Management System*), un software que permite administrar, distribuir y gestionar cursos en línea» (Marchisio et al., 2011, p. 131).

Abumalloh et al. (2021) señalaron que los LR representan una alternativa eficaz en contextos de acceso presencial limitado, como ocurrió durante la última pandemia. Su implementación facilitó el desarrollo de habilidades académicas y profesionales, al permitir la experimentación real a través de herramientas en línea. Cornelio et al. (2020) describen los LR como sistemas que posibilitan la realización de prácticas experimentales en entornos automatizados, donde los estudiantes pueden adquirir experiencia práctica al controlar equipos reales en tiempo real, desde cualquier ubicación.

Arguedas Matarrita et al. (2016) realizaron una evaluación comparativa del uso de LR en mecánica dentro de distintos contextos institucionales, evidenciando su versatilidad. Los resultados mostraron que los LR pueden adaptarse eficazmente a diversas realidades educativas, siempre que cada docente diseñe actividades acordes a su entorno y objetivos formativos.

Vergne et al. (2020) abordaron los LR como herramientas para actividades cooperativas, utilizando un *escape room* educativo en línea, demostrando que estas herramientas mantienen el interés y la participación de los estudiantes en la educación científica.

Por su parte, Klein et al. (2021) evaluaron el impacto positivo de los LR en la enseñanza de la física durante la pandemia, y contribuyeron significativamente al desarrollo de habilidades prácticas y a una comprensión cognitiva sólida en los estudiantes, con resultados comparables a los obtenidos en laboratorios presenciales. Finalmente, Gamage et al. (2020) presentaron los LR como una solución integral que permitió sostener altos estándares en la enseñanza de las ciencias aplicadas. Se evidenció que su implementación no fue únicamente una medida temporal frente al aislamiento, sino un paso significativo hacia la consolidación de la educación digital en campos como la ingeniería y las ciencias.

METODOLOGÍA

Se utilizó la metodología de investigación basada en diseño (IBD), enfocada en crear y evaluar intervenciones reales para mejorar el aprendizaje y generar conocimiento útil en educación y tecnología. Según Wang y Hannafin (2005), la IBD es una metodología iterativa y pragmática, donde las soluciones educativas se prueban en ciclos continuos, permitiendo evaluar su eficacia y, al mismo tiempo, enriquecer la teoría educativa que las sustenta. Anderson y Shattuck (2012) resaltan que la IBD se caracteriza por su enfoque participativo, donde investigadores y docentes colaboran en el diseño y mejora de soluciones a problemas reales, garantizando su efectividad contextual y generando principios aplicables a otros entornos educativos.

La IBD combina metodologías cualitativas y cuantitativas, estructurándose en cuatro fases: análisis y exploración, diseño y desarrollo, implementación y evaluación, y, finalmente, reflexión y ajuste según los resultados obtenidos.

Es importante mencionar que el diseño de la estrategia didáctica consideró las concepciones alternativas en el tema de circuitos eléctricos y los estilos de aprendizaje presentados en la muestra de estudio.

La figura 1 muestra las cuatro fases de la investigación. En la primera, se identificó el problema, se revisó la literatura y se analizó el contexto para comprender los desafíos de docentes y estudiantes. Se exploraron pruebas para medir el PC, LR disponibles y actividades sobre circuitos eléctricos. En la segunda fase se diseñó la solución al problema, y se eligió una prueba para medir el desarrollo del PC y un LR para realizar prácticas experimentales en circuitos eléctricos. Además, se integraron actividades de aprendizaje y una prueba para evaluar los conocimientos construidos por los estudiantes. En la tercera fase, dedicada a la implementación y evaluación, se aplicaron todos los recursos de la estrategia didáctica. Se utilizaron dos pruebas, una para medir el desarrollo del PC y otra para evaluar los logros de aprendizaje, antes y después de la intervención. Además, se realizaron observaciones mediante un cuaderno de notas y entrevistas individuales con el docente y los estudiantes, con el fin de identificar mejoras a la estrategia aplicada. Finalmente, en la cuarta fase, centrada en la reflexión y el ajuste, se analizaron los resultados de las pruebas de PC y de logros de aprendizaje, junto a las observaciones registradas en el cuaderno de notas y las opiniones del docente y los estudiantes sobre la estrategia didáctica (Guerrero y Concari, 2023).

Durante la segunda fase de la segunda intervención, se realizaron las modificaciones a la estrategia didáctica de acuerdo con las observaciones y resultados de las encuestas realizadas al docente y a los estudiantes. En la tercera fase se aplicó la estrategia didáctica con los cambios sugeridos y luego, durante la cuarta fase, se obtuvieron los resultados finales de las pruebas del nivel de desarrollo del PC y de logros de aprendizaje.

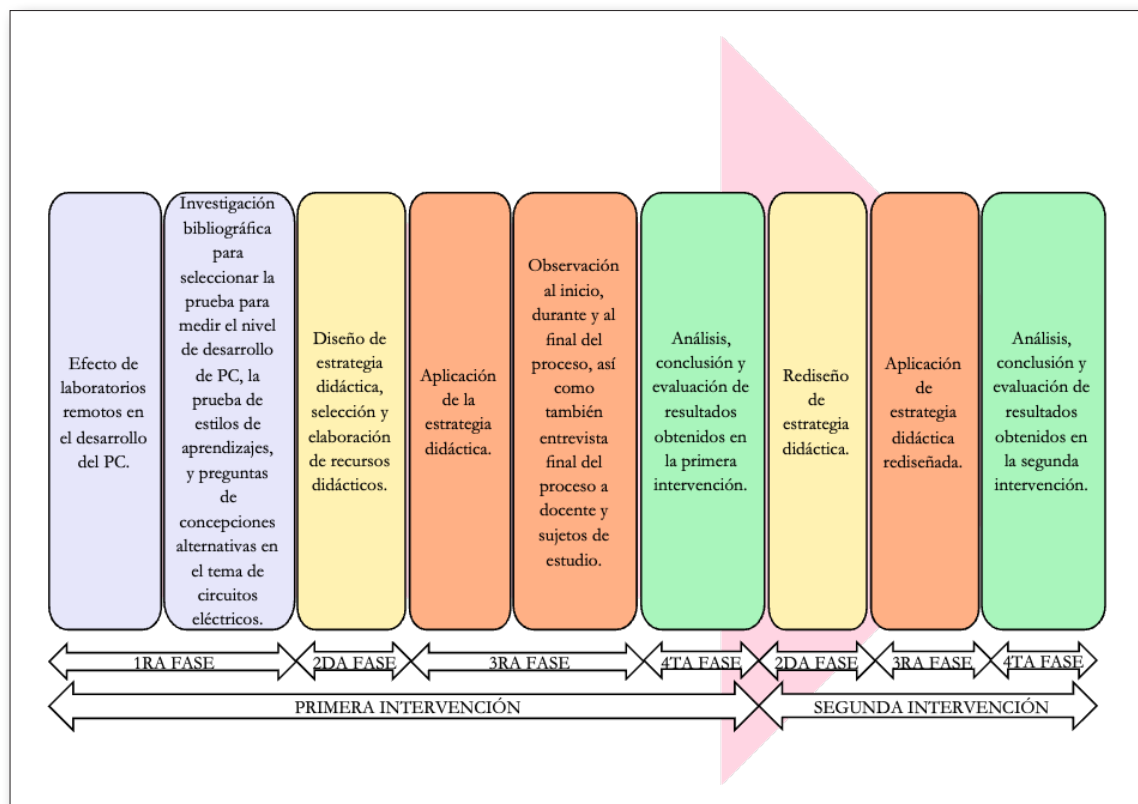


Fig. 1. Enfoque metodológico de IBD seguida en el trabajo de investigación. Fuente: M. Guerrero.

Escenario y muestra de estudio

La investigación se llevó a cabo con estudiantes de entre 18 y 20 años, del primer semestre de la asignatura de Física, de cinco horas semanales, común a las carreras de Ingeniería Industrial, Ingeniería en Alimentos e Ingeniería de Software de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro, en la provincia del Guayas, Ecuador. La unidad de Electricidad, que abarca 20 horas en 4 semanas según la planificación, fue el foco del estudio, específicamente en los temas: Ley de Ohm, resistores en serie y en paralelo, y el uso de voltímetro y amperímetro. Para implementar la estrategia didáctica, se emplearon 17 horas en la primera intervención y 21,5 horas en la segunda, y fueron requeridas horas adicionales.

Como se indicó previamente, la investigación comprendió dos intervenciones. En la primera, participó un docente y 60 de los 120 estudiantes matriculados en Física durante el primer semestre de 2021. En la segunda, se trabajó con otro grupo de 41 estudiantes y un docente, entre los 80 matriculados en el segundo semestre del mismo año, sin incluir estudiantes recursantes de la primera intervención.

Laboratorio remoto VISIR

En la actualidad existen varios laboratorios remotos de física, como Labshare, WebLab-Deusto, Virtual Instrument Systems in Reality (VISIR), iLabs, Go-Lab, Laboratorios Virtuales y remotos de la UNED (UNEDLab), Remotely Controlled Laboratory (RCL), Labster, Open Learning Approach with Remote Experiments (OLAREX) y LabsLand, que permiten a los estudiantes realizar experimentos de

manera virtual, controlando equipos reales a través de internet. Estos laboratorios se presentan como herramientas esenciales para la enseñanza experimental en entornos educativos a distancia. En esta investigación se utilizó LabsLand (<https://labsland.com/es>), que recoge una red de LR, incluido el VISIR (Hernandez-Jayo et al., 2018), con el que cuentan varias universidades, abarcando diversas áreas, como física, electrónica, biología y robótica. La plataforma LabsLand, radicada en Estados Unidos, está destinada tanto a estudiantes de secundaria como de nivel universitario, y permite el aprendizaje práctico mediante la integración de tecnología remota para realizar experimentos que tradicionalmente requerirían presencia física en un laboratorio real. Adicionalmente LabsLand permite integrar el acceso a sus LR en plataformas como Canvas, Moodle, Ilias y Sakai.

Por medio de contactos personales con los investigadores de la Universidad de Deusto, se obtuvo de LabsLand la habilitación para el uso libre y gratuito del VISIR durante dos años para fines de investigación.

El laboratorio remoto VISIR presenta una arquitectura que permite a los estudiantes realizar experimentos electrónicos a distancia a través de una página web, que se conecta mediante *Hypertext Transfer Protocol Secure* (HTTPS) con un servidor web Apache para gestionar las solicitudes (Gustavsson et al., 2008). Este servidor se comunica con el servidor de medidas a través de *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP), el cual, a su vez, interactúa con el servidor de equipos mediante *Hypertext Transfer Protocol* con *Extensible Markup Language* (HTTP XML), donde el software en LabVIEW controla la plataforma *PCI eXtensions for Instrumentation* (PXI) + matriz de conmutación para ejecutar los experimentos. Finalmente, los datos son procesados y almacenados en una base de datos *Structured Query Language* (MySQL), lo que permite que los resultados sean devueltos al estudiante en tiempo real (Lima et al., 2016). En la figura 2 se muestra la arquitectura del LR VISIR utilizado en esta investigación.

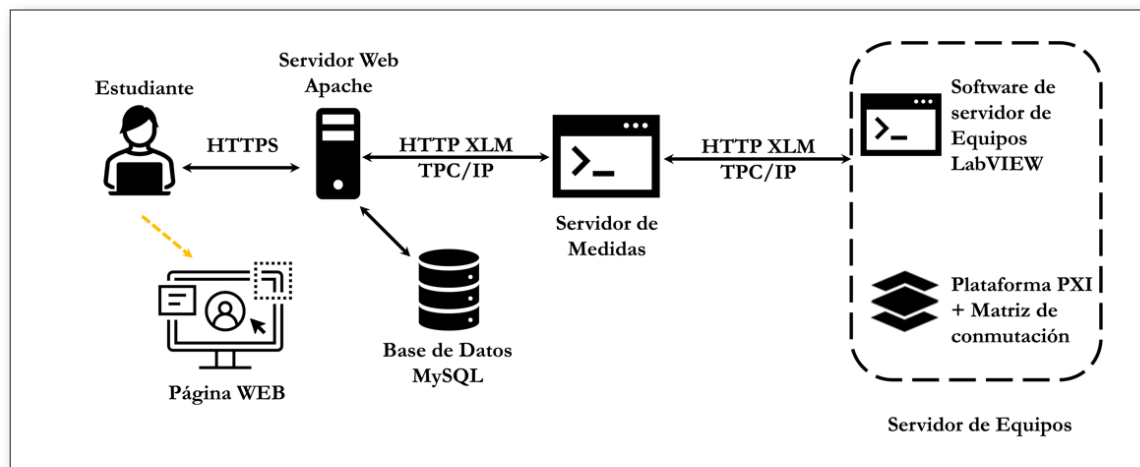


Fig. 2. Arquitectura del laboratorio remoto VISIR. Fuente: elaborado por M. Guerrero.

Para el acceso de los estudiantes en ambas intervenciones, se empleó la plataforma Moodle de la Universidad Estatal de Milagro. En las figuras 3 y 4 se muestran las referidas páginas de acceso.

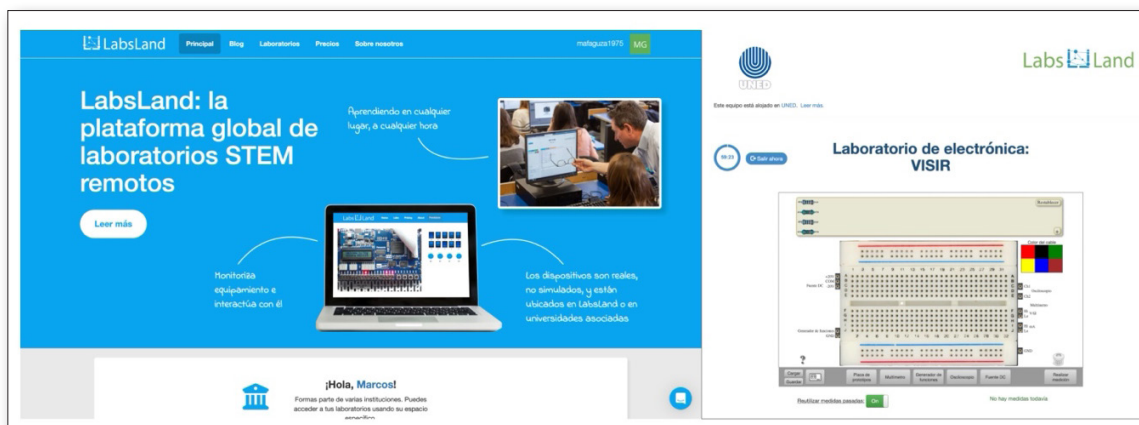


Fig. 3. Acceso al laboratorio remoto VISIR desde la plataforma LabsLand (<https://labsland.com/es>).

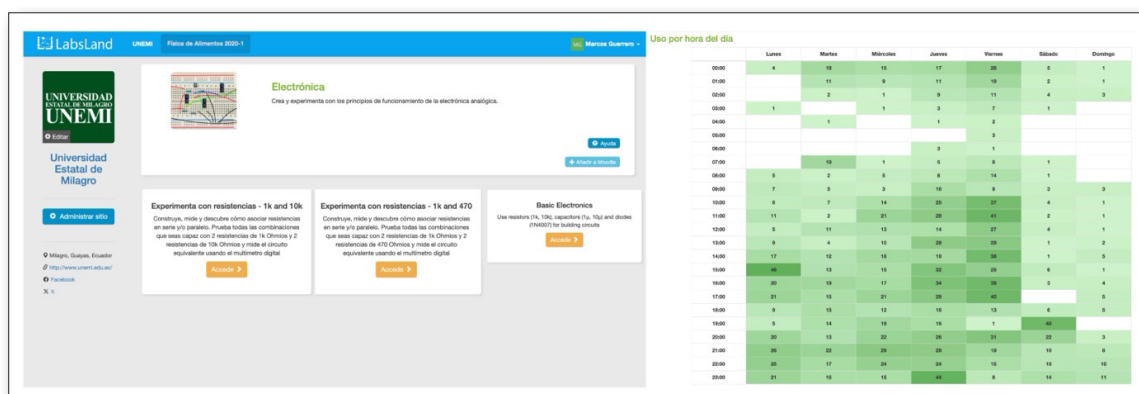


Fig. 4. Registro de día y hora de acceso de los estudiantes a lo largo de una semana, provisto por el sistema LabsLand.

Medición del nivel de desarrollo de pensamiento crítico

Existen diversos instrumentos para evaluar el PC, tanto cuantitativos como cualitativos, que buscan medir diferentes habilidades. Uno de los más utilizados es el *California Critical Thinking Skills Test* (CCTST), que evalúa habilidades como la interpretación, el análisis, la inferencia, la evaluación y la explicación en escenarios realistas de toma de decisiones (Facione, 2023). Otro instrumento es el *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal* (WGCTA), una prueba estandarizada que mide la capacidad para hacer inferencias correctas, deducciones, interpretar conclusiones, reconocer suposiciones y evaluar argumentos (Watson y Glaser, 1980). La rúbrica de la American Association of Colleges and Universities (AAC&U) proporciona una evaluación cualitativa sobre cómo los estudiantes aplican el PC en tareas escritas o proyectos, clasificando sus habilidades en distintos niveles. El *Halpern Critical Thinking Assessment* (HCTA) combina preguntas de opción múltiple y abiertas para evaluar cómo los individuos abordan problemas complejos y ambiguos, proporcionando una comprensión más holística de sus habilidades críticas (Halpern, 1998). Finalmente, las autoevaluaciones y encuestas, como el *Critical Thinking Disposition Inventory* (CTDI), permiten medir las disposiciones hacia el PC, evaluando si los individuos tienen la actitud y la apertura necesarias para el razonamiento reflexivo (Pithers y Soden, 2000).

Actualmente, existen dos tipos de pruebas: aquellas con preguntas de selección de respuesta múltiple (cerradas) y las preguntas de desarrollo con respuestas abiertas o ensayos. Las pruebas con res-

puestas cerradas son estadísticamente sólidas en términos de validez y confiabilidad, pero su limitación radica en que evalúan solo algunas habilidades de PC (Ossa-Cornejo et al., 2017).

Tras investigar diversos instrumentos validados para medir el desarrollo del PC, se eligió la prueba Watson-Glaser, la cual cuenta con un coeficiente de validez $\alpha = 0.74$ y un intervalo de confianza del 95 % entre 0.689 y 0.791, además de haber sido aplicada a estudiantes de diversas facultades (El-Hasan y Madhum, 2007). La prueba seleccionada se eligió por varias razones: evalúa habilidades clave del PC, es estandarizada, validada y ampliamente utilizada en contextos universitarios, y además es de libre acceso en la web, lo que la hace adecuada para esta investigación. El instrumento contiene 86 preguntas, cada una con valor de 1 punto, distribuidas en cinco dimensiones: evaluación de argumentos (25), reconocimiento de supuestos (14), interpretación de conclusiones (14), inferencias (14) y deducciones (21) (Watson y Glaser, 1980). La prueba se aplicó al inicio y al final de la estrategia didáctica, permitiendo comparar los resultados en cada aspecto evaluado y en el resultado global.

En la figura 5, se presenta un ejemplo de una de las preguntas de la prueba de Watson-Glaser, de la sección «Inferencia»:

INFERENCIA. Declaración 1.

Declaración 1: Aunque se acepta que China está modernizando rápidamente su ejército, existen algunas dudas en torno a la cantidad exacta que está gastando. El instituto de investigación 'PIPPI', sostiene que el gasto anual de defensa chino ha aumentado de casi \$ 31 mil millones en 2000 a más de \$ 120 mil millones en 2010. Esta cifra es casi el doble de la cifra oficial publicada por el gobierno chino, que no incluye otras áreas como investigación y desarrollo en la cifra oficial de cada año. En 2010, el gobierno de Estados Unidos gastó alrededor de \$ 400 mil millones en defensa militar. Con base en el nivel actual de crecimiento militar, las estadísticas sugieren que el gasto de defensa de China podría superar al de Estados Unidos en 2030. Además del gasto militar, el ejército de China continúa disfrutando del mayor número de personas dentro de las filas de su ejército que cualquier otro país.

1: Se cree que las cifras oficiales publicadas por el gobierno chino en relación con su gasto militar son engañosas.

A. Verdadero

B. Probablemente cierto

C. Se requiere más información

D. Probablemente falso

E. Falso

2: Se sabe que el gobierno chino omite áreas como "investigación" y "desarrollo" de sus cifras oficiales, sin embargo, esto también sugeriría que otras áreas de gasto también se omiten de su cifra oficial de gasto militar.

A. Verdadero

B. Probablemente cierto

C. Se requiere más información

D. Probablemente falso

E. Falso

3: El gobierno chino omite varias áreas clave de sus cifras oficiales de gasto, en áreas como gasto militar, agricultura, derechos humanos y derecho.

A. Verdadero

B. Probablemente cierto

C. Se requiere más información

D. Probablemente falso

E. Falso

4: Si hay alguna anomalía entre las cifras publicadas sobre gastos militares y la cifra real gastada, se trata simplemente de un error administrativo.

A. Verdadero

B. Probablemente cierto

C. Se requiere más información

D. Probablemente falso

E. Falso

5: En 2010, Estados Unidos de América gastó menos en su defensa militar que el gobierno chino.

A. Verdadero

B. Probablemente cierto

C. Se requiere más información

D. Probablemente falso

E. Falso

Fig. 5. Declaración 1. Con sus 5 inferencias y cada una con sus opciones múltiples. Fuente: elaborado por M. Guerrero.

La sección «Inferencia» del cuestionario cuenta con 3 declaraciones, la declaración 1 y 2 con 5 inferencias cada una, y la declaración 3 con 4 inferencias, lo que da un total de 14 preguntas. La misma fue completada por los estudiantes de forma virtual a través de un formulario de Google en una sesión sincrónica por medio de la plataforma Zoom.

Medición de los logros de aprendizaje

Para valorar los logros de aprendizaje se diseñó un cuestionario con 20 preguntas de opciones múltiples, cada una con 4 respuestas posibles, en la cual los estudiantes debían seleccionar la respuesta correcta y justificarla (ver en Anexo).

Cada pregunta del cuestionario asigna 1 punto por seleccionar la respuesta correcta y 2 puntos por una justificación con argumentos válidos, hasta sumar un máximo de 3 puntos por ítem. En total, el cuestionario alcanza un puntaje máximo de 60 puntos. Cabe destacar que estas preguntas fueron elaboradas exclusivamente para evaluar los aprendizajes en el contexto de esta investigación. La siguiente figura muestra un ejemplo representativo.

Seleccione ¿cuál es la lectura del amperímetro ideal mientras el interruptor S está abierto, tal como se muestra en la figura?

A. 10 A
B. 5 A
C. 2 A
D. 0 A

Justifique la respuesta seleccionada:

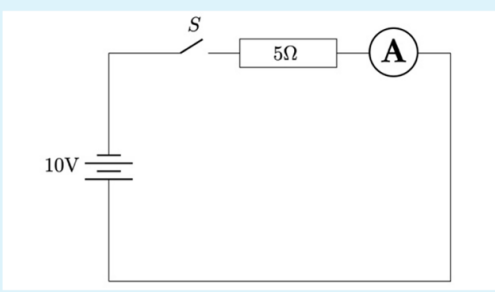


Fig. 6. Pregunta extraída del test de logros de aprendizaje. Fuente: elaborado por M. Guerrero.

Estrategia didáctica

Las estrategias didácticas son un conjunto de métodos y técnicas que emplean los docentes para facilitar el proceso tanto de enseñanza como el de aprendizaje, con el objetivo de promover la comprensión y construcción de conocimientos por parte de los estudiantes. Según Álvarez-Ossa et al. (2022), una estrategia didáctica es un enfoque estructurado que busca facilitar el aprendizaje mediante la participación activa de los estudiantes en actividades significativas. Suele integrar métodos pedagógicos como el trabajo colaborativo y las dinámicas lúdicas, con el fin de potenciar el desarrollo cognitivo, sociocultural y emocional.

Para esta investigación se implementaron diversas actividades de aprendizaje individual. Los estudiantes realizaron lecturas guiadas con respuestas a preguntas cerradas sobre nuevos contenidos, respondieron preguntas abiertas y cerradas durante las clases mediante la plataforma Quizizz, y completaron 3 prácticas en LR, acompañadas de preguntas cerradas incluidas en la guía práctica.

Es importante mencionar que los recursos didácticos se diseñaron teniendo en cuenta resultados de investigaciones sobre concepciones alternativas en el tema de electricidad, como los de González-Gómez et al. (2016), sobre la persistencia de concepciones alternativas sobre electricidad, los de Hussain et al. (2013), quienes se centraron en concepciones sobre circuitos eléctricos básicos, y los resultados de Solano et al. (2002), referidos a las concepciones sobre circuitos eléctricos de corriente continua. Asimismo, se ofrecieron actividades que tengan en cuenta los cuatro estilos de aprendizaje de Kolb (1981): acomodador, asimilador, divergente y convergente.

Durante la implementación de la estrategia didáctica, se abordaron las concepciones alternativas sobre circuitos eléctricos y se emplearon recursos adaptados a distintos estilos de aprendizaje. Para estudiantes con estilo acomodador se utilizaron gráficas ilustrativas; para los asimiladores, lectura del texto guía; para los divergentes, actividades experimentales; y para los convergentes, demostraciones prácticas. La prueba de logros de aprendizaje (PLA), común a todos, fue diseñada en función de los objetivos de aprendizaje y considerando estos estilos.

En ambas instancias, debido al aislamiento por la pandemia, la estrategia didáctica se diseñó para un entorno no presencial y se aplicó en dos modalidades: clases sincrónicas a través de Zoom y actividades autónomas que los estudiantes debían realizar desde casa. Estas actividades fueron alojadas en la plataforma Moodle.

En la figura 7 se muestra las 12 etapas que se aplicaron a los sujetos en la estrategia didáctica, considerando los tiempos de duración en ambas intervenciones que se realizaron durante dos semanas.

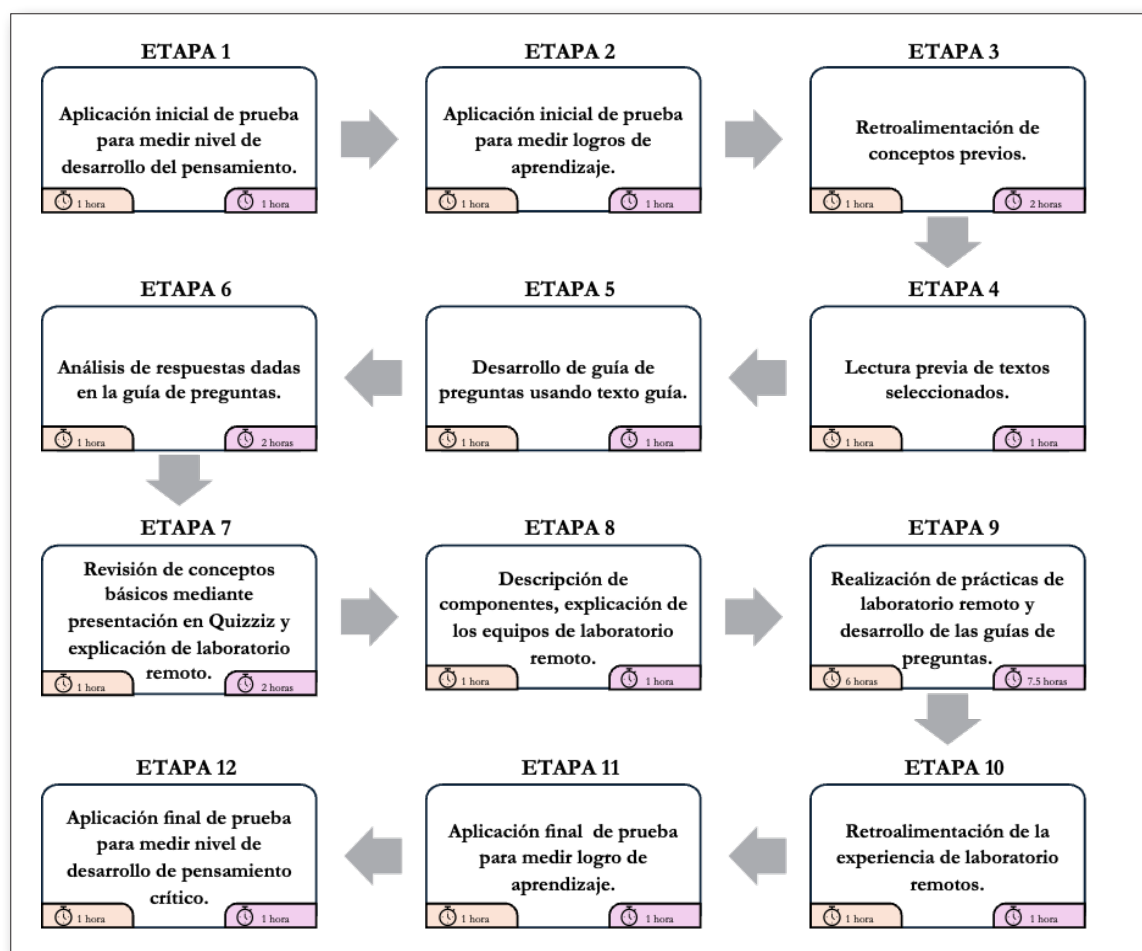


Fig. 7. Estrategia didáctica aplicada con su tiempo de duración, en la primera intervención (color naranja) y segunda intervención (color morado). Fuente: elaborada por M. Guerrero.

La estrategia didáctica se inició con la aplicación de la prueba para medir el nivel de desarrollo de PC, luego en la etapa 2 se aplicó la prueba para medir aprendizaje; ambas pruebas fueron administradas a través de la plataforma Zoom y por medio del formulario de Google, mientras los estudiantes eran monitoreados por el docente. Posteriormente, en la etapa 3 el docente realizó una clase expositiva

sincrónica por Zoom con ayuda de la herramienta Quizizz, como se aprecia en la figura 8, que incluyó conceptos, figuras y animaciones, para recordar los conceptos previos relacionados con intensidad de corriente eléctrica, diferencia de potencial, voltaje y resistencia eléctrica.

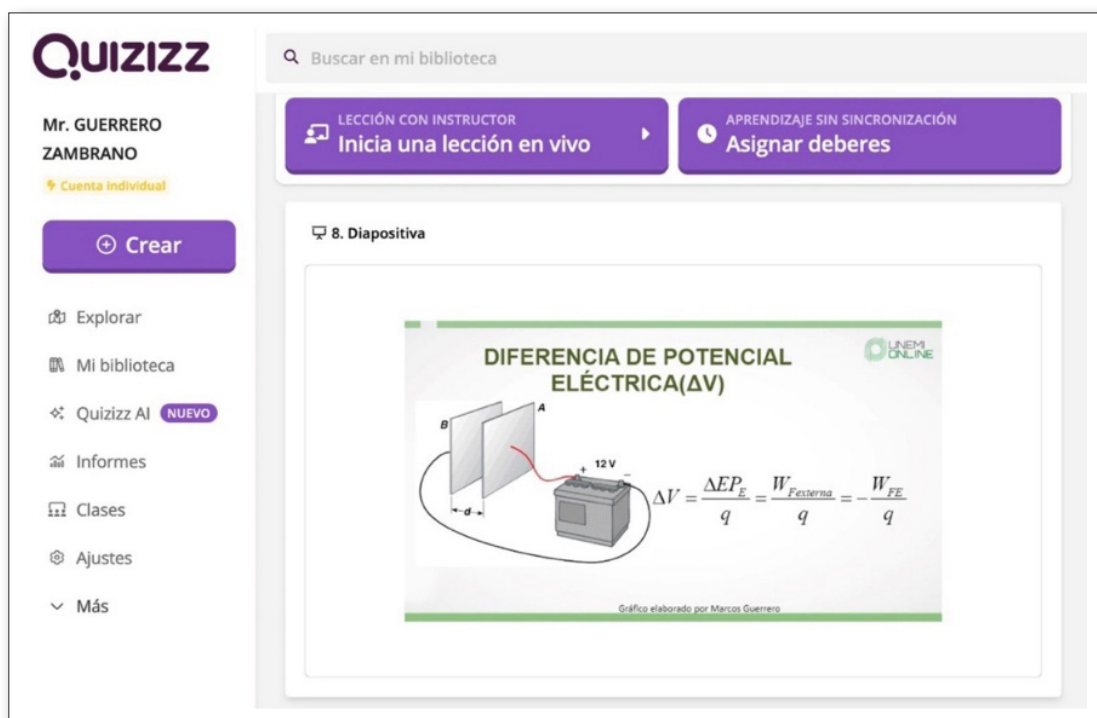


Fig. 8. Herramienta Quizizz utilizada para indagar sobre los conceptos previos relacionados con el nuevo tema.

En la etapa 4 se les solicitó a los estudiantes realizar una lectura del libro guía, para lo cual se consideró el texto de *Física Universitaria con Física Moderna* de Sears, Zemansky, Young y Freedman (vol. 2, caps. 25 y 26). En la etapa 5, cada estudiante respondió por escrito una serie de preguntas cerradas sobre el nuevo tema que sirvieron de guía para el aprendizaje. A continuación, se transcriben a modo de ejemplo algunas preguntas de la guía referidas a la Ley de Ohm:

- Describa en qué consiste el experimento de la Ley de Ohm.
- Mencione el enunciado de la Ley de Ohm.
- Indique cuál es el significado de la pendiente de una gráfica de corriente eléctrica en función del voltaje.
- Explique por qué aumenta la temperatura en el interior de una lámpara de filamento.

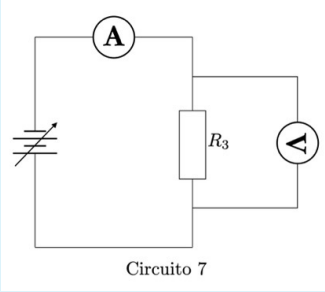
Después de que los estudiantes respondieran a las preguntas cerradas, estas fueron enviadas a la plataforma Moodle para su revisión. En la etapa 6 el docente analizó esas respuestas para identificar los temas que tuvieron mayores dificultades. En la etapa 7 se facilitaron los nuevos contenidos de los temas Ley de Ohm, la combinación de resistores en serie y en paralelo, y el uso del voltímetro y amperímetro con ayuda de la herramienta Quizizz, haciendo énfasis en los temas que habían presentado dificultades de aprendizaje. En el proceso de desarrollo de los nuevos contenidos se presentaron preguntas abiertas y cerradas que fueron respondidas en forma escrita u oral por los estudiantes. A continuación, en la

etapa 8, el docente ingresó a la plataforma Moodle, específicamente al LR VISIR, y proporcionó una explicación sobre las componentes y los equipos del LR.

En la etapa 9, los estudiantes accedieron a la plataforma Moodle y al LR para realizar 3 prácticas: una sobre la Ley de Ohm, otra sobre resistores en serie y paralelo, y una tercera sobre el uso del voltímetro y amperímetro. Cada práctica incluyó preguntas de respuesta corta y larga, orientadas a estimular habilidades clave del PC, como la argumentación, formulación de supuestos, interpretación, inferencia y deducción. Estas actividades buscaron fortalecer el razonamiento analítico, la toma de decisiones informadas y la comprensión profunda en contextos académicos y profesionales. (Agoestanto et al., 2019; Rashid et al., 2023; Tripon, 2018).

En la figura 9, se presentan, a modo de ejemplo, una de las preguntas que se diseñaron para la práctica de LR relacionada al tema de Ley de Ohm:

Seleccionar 9 voltajes diferentes de la fuente; por cada valor asignado se deberá medir con el voltímetro y el amperímetro, el voltaje y la corriente eléctrica respectivamente del resistor R_3 , tal como se muestra en el circuito eléctrico 7. Luego, construya la gráfica de la corriente eléctrica en función del voltaje, usando Excel, trace la curva de mejor ajuste e indique el valor del coeficiente de correlación y su ecuación, para luego explicar el comportamiento de esta gráfica y compararlo con la ley de Ohm.



Circuito 7

Fig. 9. Pregunta modelo extraída de la práctica de laboratorio aplicado. Fuente: elaborado por M. Guerrero.

La pregunta mostrada involucra varias habilidades cognitivas relacionadas con la prueba para medir el nivel de desarrollo de PC, entre ellas, inferencia, deducción e interpretación. En la tabla 1, se desglosa la pregunta en partes y se explica la habilidad cognitiva correspondiente:

Tabla 1.
Explicación de la pregunta con relación a la habilidad cognitiva

<i>Partes de la pregunta</i>	<i>Explicación</i>
«Trace la curva de mejor ajuste e indique el valor del coeficiente de correlación y su ecuación».	Esta parte de la pregunta implica el uso de habilidades de inferencia y deducción, porque se debe utilizar la información proporcionada para trazar una curva de mejor ajuste en la gráfica y calcular el coeficiente de correlación.
«Para explicar el comportamiento de esta gráfica».	Esto implica la habilidad de interpretación, ya que se debe analizar el comportamiento de la gráfica obtenida y explicar su significado en relación con los valores de voltaje y corriente.

Fuente: elaborada por M. Guerrero.

Tras completar las prácticas de laboratorio y responder las preguntas de las guías, los estudiantes subieron sus trabajos a la plataforma Moodle para su revisión. En la etapa 10, el docente brindó retroalimentación sobre las respuestas. Posteriormente, en las etapas 11 y 12 se reaplicaron las pruebas para medir los logros de aprendizaje y el desarrollo del pensamiento crítico (PC). Ambas evaluaciones se realizaron mediante la plataforma Zoom y formularios de Google, bajo la supervisión del docente.

Este proceso de las 12 etapas se realizó en las dos intervenciones, pero con una diferencia, ya que durante la primera intervención se realizó un registro de la estrategia didáctica en la libreta de apuntes, y al finalizar esta se entrevistó al docente y a los estudiantes con una única pregunta: «Explique con sus palabras en qué mejoraría la propuesta de la estrategia y recursos didácticos aplicada». A continuación, se da un resumen de las respuestas dadas en las entrevistas:

- Mejorar las preguntas planteadas en la guía, contenidos, manual de prácticas de LR y PLA. Especialmente, respecto al tiempo de los verbos, se recomienda usar el presente.
- Practicar técnicas de lectura y de estudio durante la clase.
- Aumentar en el LR la cantidad de preguntas que fomenten el PC.
- Corregir la mayoría de las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas propuestas en la práctica de LR.
- Aumentar el tiempo de realización de cada práctica de LR y del desarrollo de la estrategia didáctica.
- Explicar con mayor detalle el uso de los materiales y equipos del LR.
- Realizar un contrato pedagógico con los sujetos que servirán de muestra en la investigación, para aumentar el interés y la motivación de estos, así como también la efectividad de los resultados.

Considerando estas respuestas, se revisaron y se cambiaron las preguntas planteadas en la guía, los contenidos, el manual de prácticas de LR y PLA, y se cambió la redacción a tiempo presente.

Durante las clases sincrónicas se incrementó la lectura de definiciones y se evaluó que la cantidad de preguntas en los manuales de LR era adecuada para fomentar el aprendizaje y el desarrollo del PC. Además, se amplió el tiempo destinado a ciertas actividades. Para asegurar la participación completa de los estudiantes en la segunda intervención, se estableció un contrato pedagógico que ofrecía 5 puntos adicionales en la calificación final a quienes completaran todas las actividades de la estrategia didáctica.

RESULTADOS

Logro de aprendizaje

En ambas intervenciones la prueba consistió en 20 preguntas, cada una con 4 respuestas posibles. Cada respuesta correcta acreditó 1 punto y 2 puntos más por justificarla, con un valor máximo total de 60 puntos.

La figura 10 presenta los resultados de las pruebas de entrada y salida para medir los logros de aprendizaje, utilizando la ganancia de Hake (g) y representados en un histograma por intervalos. En la primera intervención, 38 de 60 estudiantes (63 %) mejoraron sus logros de aprendizaje, mientras que, en la segunda intervención, tras ajustes en la estrategia didáctica, lo hicieron 35 de 41 estudiantes (85 %).

Según los rangos establecidos por Hake (1998): baja ($0 < g \leq 0,3$), media ($0,3 < g \leq 0,7$) y alta ($g > 0,7$), los resultados muestran que en la primera intervención 29 estudiantes lograron una ganancia baja, 8 una media y tan solo 1 sujeto alta. En la segunda intervención, 18 lograron una ganancia baja, 16 una media y 1 alta. Por otro lado, 22 estudiantes (37 %) no mejoraron su nivel de logro en la primera intervención, mientras que esta cifra se redujo a solo 6 estudiantes (15 %) en la segunda.

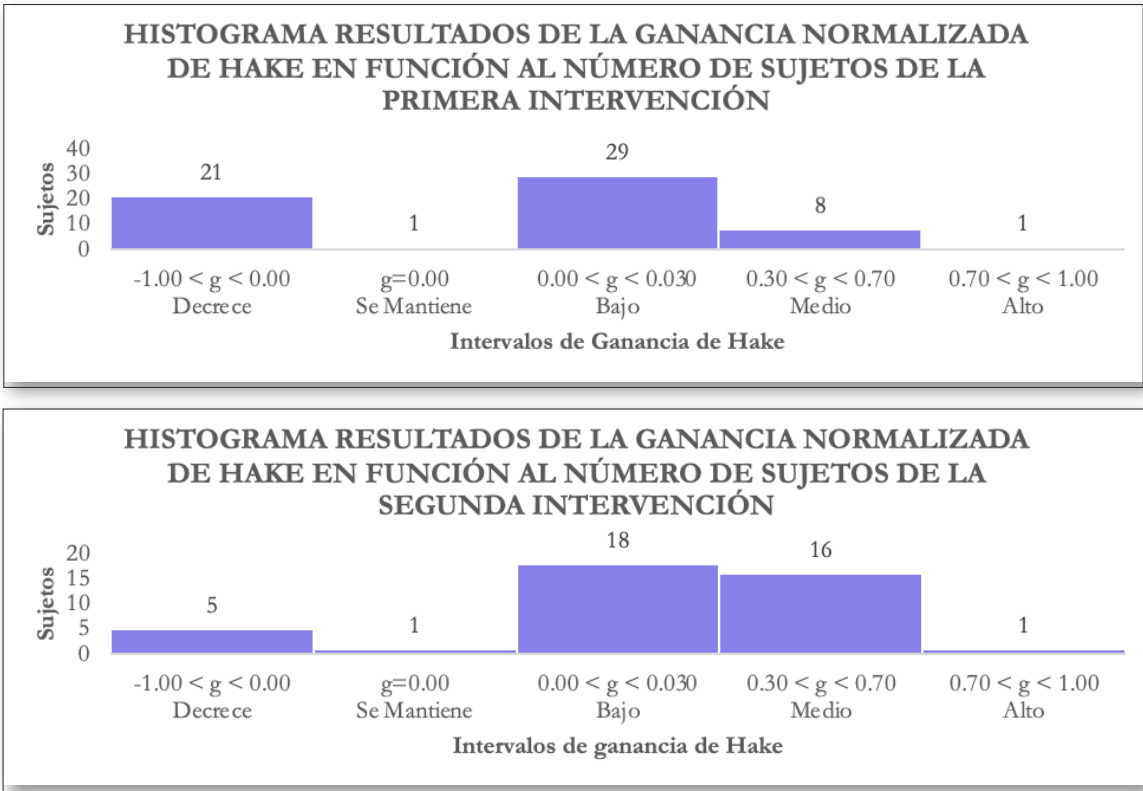


Fig. 10: Resultados de logro de aprendizaje. Histograma de la ganancia normalizada de Hake en función del número de sujetos de la primera y segunda intervención. Fuente: elaborada por M. Guerrero.

Nivel de desarrollo de pensamiento crítico

Al comparar los puntajes entre las pruebas de entrada y salida en la primera intervención, se observó que 37 de los 60 estudiantes (61 %) mejoraron su nivel de desarrollo del pensamiento crítico (PC) en al menos un punto, mientras que en el 39 % restante no hubo cambios. Sin embargo, seis estudiantes (10 %), los sujetos 35, 36, 37, 40, 55 y 57, incrementaron su puntaje en al menos 26 puntos.

En la segunda intervención, 33 de los 41 estudiantes (80 %) mejoraron su desarrollo del PC en al menos un punto, mientras que el 20 % restante no mostró variación. Destaca que 19 estudiantes (46 %), los sujetos 3, 4, 6, 8, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 33, 35, 37, 40 y 41, lograron un aumento de al menos 26 puntos, y se reflejó un impacto aún más significativo tras los ajustes a la estrategia didáctica.

En la figura 11 se muestra los histogramas de frecuencias de la cantidad de sujetos en función de la diferencia de puntaje entre la prueba de entrada y de salida de desarrollo del PC en intervalos de 5 puntos. En la primera intervención, los sujetos que aumentaron más de 25 puntos (6 de 60, el 10 %) son mucho menos que los correspondientes a la segunda intervención (22 de 41, el 54 %).

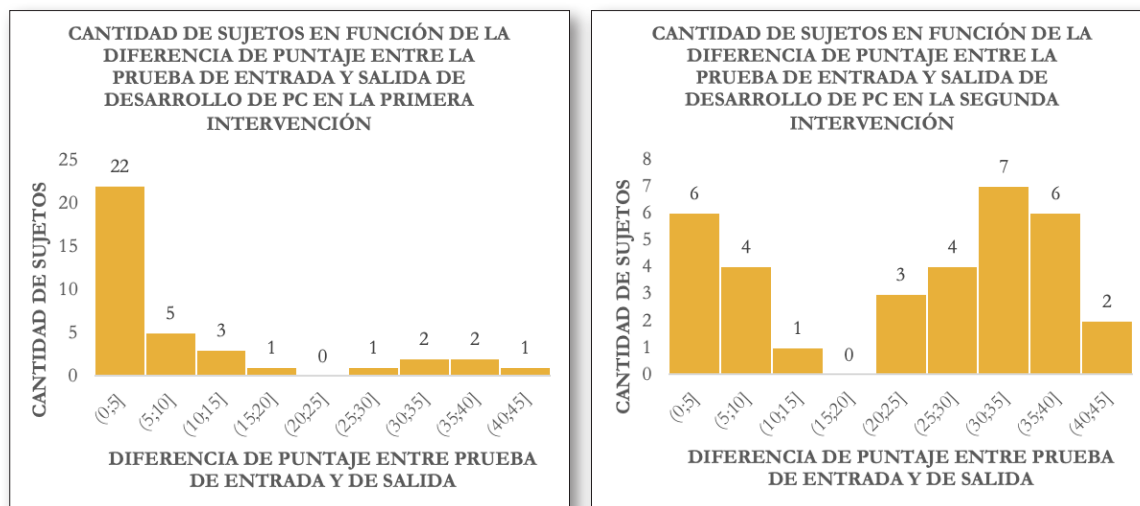


Fig. 11. Histogramas de frecuencias de la cantidad de sujetos en función de la diferencia de puntaje entre la prueba de entrada y de salida de desarrollo del PC. Fuente: elaborada por M. Guerrero.

Para validar los resultados de ambas intervenciones, se aplicó la herramienta estadística prueba del Wilcoxon con ayuda del programa Minitab. En la tabla 2 se muestran los resultados de esta prueba aplicada a los 37 sujetos de la primera intervención y a los 33 sujetos de la segunda intervención que obtuvieron al menos 1 punto de diferencia entre la prueba antes y después de aplicada la estrategia didáctica (Triola, 2018).

Tabla 2.

Resultados de la prueba de Wilcoxon aplicada a los resultados de la prueba de desarrollo del PC

Variables	Test de Wilcoxon					
	PRIMERA INTERVENCIÓN (N = 60)			SEGUNDA INTERVENCIÓN (N = 41)		
	Desviación estándar		p-sig	Desviación estándar		p-sig
	Entrada	Salida		Entrada	Salida	
Total, de la prueba	7,489	13,410	0,005	6,183	16,438	0,000
Argumentación	2,638	3,744	0,589	3,286	5,229	0,000
Supuestos	1,676	2,881	0,022	1,955	3,564	0,000
Deducción	2,688	3,918	0,003	2,647	4,504	0,000
Inferencia	2,129	2,931	0,029	1,920	2,709	0,029
Interpretación	1,993	2,303	0,001	1,400	2,879	0,000

En ese sentido, en la primera intervención se observó que los sujetos 4, 8, 10, 12, 15, 19, 20, 22, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 37, 39, 40, 41, 44 y 48, que corresponden a 23 de los 60 (38 %), aumentaron tanto el nivel de desarrollo del PC como el nivel de logro de aprendizaje. En el caso de la segunda intervención, 19 sujetos aumentaron más de 25 puntos y 14 sujetos aumentaron entre 1 y 25 puntos el nivel de desarrollo del PC. Así mismo, se infiere que los sujetos 4, 8, 10, 12, 15, 19, 20, 22, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 37, 39, 40, 41, 44 y 48, que corresponden a 23 de 41 (38 %), aumentaron tanto el nivel de desarrollo del PC como el nivel de logro de aprendizaje.

En ambas intervenciones se plantearon las siguientes hipótesis: nula (H_0), que sostiene que *existe* un cambio significativo entre las pruebas de entrada y salida, y alterna (H_1), que indica que *no existe* dicho cambio. El análisis estadístico se realizó en el programa Minitab con un nivel de significancia de $p = 0,05$. Según los resultados presentados en la tabla 2, el valor de significancia total en ambas intervenciones fue menor en el umbral establecido, por lo que se acepta H_0 y se rechaza H_1 . Esto indica que hubo un cambio significativo en el desarrollo del PC tras aplicar la estrategia didáctica.

En la primera intervención, el incremento fue significativo en 37 estudiantes (62 %). Las habilidades de supuestos, deducción, inferencia e interpretación mostraron mejoras significativas ($p < 0,05$), mientras que en la habilidad de argumentación no se evidenció un cambio relevante, dado que la diferencia de medias fue de solo 0,066 y el valor de significancia fue $p = 0,589$, superando el umbral crítico.

En la segunda intervención, el impacto fue aún más evidente: 33 estudiantes (80 %) presentaron mejoras significativas en el desarrollo del PC, y todas las habilidades evaluadas mostraron cambios estadísticamente significativos, al registrar valores de p inferiores al nivel estándar de 0,05.

SÍNTESIS, CONCLUSIONES Y EVALUACIONES

El principal objetivo de este trabajo fue evaluar la propuesta didáctica como medio para promover el desarrollo del PC. Durante la primera intervención, de los 60 participantes que completaron el proceso, se compararon los puntajes de la prueba aplicada al inicio y al final de la estrategia didáctica. Según la prueba de Wilcoxon, el 61 % (37 sujetos) aumentó al menos 1 punto en su nivel de desarrollo del PC. Sin embargo, el 39 % no mostró mejoras, lo cual podría atribuirse a la falta de interés, motivación y compromiso, exacerbado por la modalidad de clases en línea, donde algunos estudiantes no activaban sus cámaras ni participaban activamente. Las habilidades que más se desarrollaron fueron la formulación de supuestos, deducción, inferencia e interpretación. En la segunda intervención, con la introducción de un contrato pedagógico, 41 sujetos completaron el proceso. Según los resultados de la prueba de Wilcoxon, el 81 % (33 sujetos) mejoró su nivel de PC en al menos 1 punto, mientras que el 19 % no mostró cambios. Este resultado refleja una mejora en la efectividad de la estrategia didáctica con la segunda intervención.

Al comparar los resultados de la primera y segunda intervención, se observó un aumento del 20 % en los sujetos que mejoraron su nivel de desarrollo del PC y un aumento del 22 % en los logros de aprendizaje. Esto se atribuye a la mejora de la estrategia didáctica basada en la encuesta realizada a los docentes y estudiantes, además del uso de un contrato pedagógico que aumentó la motivación y el compromiso de los estudiantes en el tema de circuitos eléctricos.

En cuanto a las habilidades específicas, se registraron aumentos en los niveles de argumentación (11 %), deducción (29 %), interpretación (21 %) y supuestos (11 %), mientras que la inferencia disminuyó en un 5 %. Durante la primera intervención, de los 60 sujetos, el 63 % mejoró en al menos 1 punto en los logros de aprendizaje, según la prueba aplicada antes y después de la estrategia. Sin embargo, la ganancia de Hake mostró que solo 38 de los 60 sujetos presentaron una ganancia mayor o igual a cero, escasos resultados de aprendizaje en circuitos eléctricos, posiblemente debido a la falta de interés y compromiso de algunos estudiantes.

En la segunda intervención, de los 41 sujetos, el 85 % aumentó en al menos 1 punto en los logros de aprendizaje, y la ganancia de Hake mostró una mejora en 34 de 41 sujetos, lo que sugiere un panorama más alentador en términos de aprendizaje y efectividad de la estrategia didáctica. Solo el 15 % no mostró cambios, posiblemente (aunque no excluyente) debido a distracciones durante la explicación del uso del laboratorio remoto.

Al comparar los resultados de la primera y segunda intervenciones, se observó un aumento del 20 % en la diferencia de porcentajes de sujetos que mejoraron, lo que refleja un progreso considerable.

Esta mejora se atribuye a los ajustes realizados en la estrategia didáctica tras la encuesta al docente y los estudiantes, y a la implementación de un contrato pedagógico que incrementó la motivación, el compromiso y el interés de los estudiantes en el proceso de aprendizaje de circuitos eléctricos. Los resultados obtenidos revelan que la estrategia didáctica aplicada en dos intervenciones distintas generó una mejora significativa en los resultados de los estudiantes, especialmente tras la segunda intervención.

En conclusión, los resultados de este estudio muestran que la modificación de la estrategia didáctica, junto con la introducción del contrato pedagógico, resultaron en una mejora considerable en el desarrollo del PC y en los logros de aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo, persisten ciertos desafíos, como el bajo compromiso de algunos estudiantes, lo que indica la necesidad de seguir adaptando las metodologías para involucrar activamente a todos.

El desarrollo del PC, como se ha visto en los resultados, ha aumentado en gran medida, sin embargo, esto es un proceso que se inicia desde el nivel cognitivo más bajo hasta el nivel cognitivo más alto; la lectura, la escritura, la exposición y la discusión son herramientas que realmente fomentan el desarrollo del PC hasta un cierto nivel cognitivo intermedio, sin embargo, el desarrollo de las preguntas de laboratorio en forma individual y sin apoyo del docente ayudan realmente a incrementar más el desarrollo del PC.

Con respecto al desarrollo del PC, los resultados revelaron un avance significativo en los estudiantes. La introducción del contrato pedagógico y el ajuste de la estrategia didáctica, con base en las encuestas al docente y a los estudiantes, fue un factor clave para mejorar los resultados. Los incrementos en habilidades como la argumentación (11 %), deducción (29 %) y formulación de supuestos (11 %) reflejan un progreso considerable. En el caso de los logros de aprendizaje, en la primera intervención, solo el 63 % de los estudiantes mostró una mejora, y la ganancia de Hake indicó que menos de dos tercios de los estudiantes obtuvieron resultados alentadores. Sin embargo, en la segunda intervención, el 85 % de los participantes mejoró, mostrando un panorama más favorable para el aprendizaje de los conceptos relacionados con los circuitos eléctricos. Entre los factores que afectaron el rendimiento durante la primera intervención, tenemos la falta de motivación, de participación activa y de compromiso en las clases en línea que limitaron el progreso de algunos estudiantes; en cambio, en la segunda intervención, con la implementación de un contrato pedagógico, estos problemas disminuyeron considerablemente, lo que se tradujo en una mayor participación y mejores resultados.

La recomendación para futuras intervenciones es mantener y expandir el uso del contrato pedagógico, dado que incrementó la motivación y el compromiso de los estudiantes. Además, se podría expandir su uso a otros temas y disciplinas para evaluar su efectividad en diferentes contextos de aprendizaje. También se debe ajustar el enfoque en la enseñanza de la inferencia, dado que el desarrollo de esta habilidad disminuyó en un 5 % durante las intervenciones, por lo que se recomienda revisar y ajustar las actividades didácticas que fomentan esta habilidad. Sería útil implementar ejercicios más enfocados en el desarrollo de inferencias correctas para mejorar esta área crítica. Adicionalmente, se debe mejorar la interacción en las clases en línea, para abordar los problemas relacionados con la falta de participación activa, por lo que se sugiere implementar estrategias de enseñanza que promuevan mayor interacción, como el uso obligatorio de cámaras y micrófonos, o actividades más participativas en línea, como discusiones en grupo y debates, para asegurar una mayor implicación de los estudiantes. También sería conveniente aplicar encuestas de seguimiento continuo, tanto a docentes como a estudiantes, para obtener una retroalimentación continua sobre la efectividad de las estrategias didácticas empleadas. Este enfoque permitiría realizar ajustes más dinámicos y adaptados a las necesidades de los estudiantes en tiempo real. Finalmente, se debe fortalecer el uso de LR, dado que algunos estudiantes experimentaron distracciones durante la explicación del manejo de estos, por lo que es recomendable proporcionar instrucciones más claras y asegurar que los estudiantes comprendan completamente el uso de estas herramientas. Ofrecer tutoriales adicionales y recursos de apoyo diversos siempre será beneficioso.

ANEXO

La siguiente información corresponde a la evaluación correspondiente a la prueba de logros de aprendizaje. Se puede consultar en Guerrero-Zambrano (2025).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la empresa LabsLand el uso libre del LR VISIR para la realización de las actividades experimentales durante el lapso de ejecución de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abumalloh, R. A., Asadi, S., Nilashi, M., Minaei-Bidgoli, B., Nayer, F. K., Samad, S., Mohd, S., & Ibrahim, O. (2021). The impact of coronavirus pandemic (COVID-19) on education: The role of virtual and remote laboratories in education. *Technology in Society*, 67, 101728. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101728>
- Agostanto, A., Sukestiyarno, Y. L., Isnarto, I., & Rochmad, R. (2019). Analysis of the ability to interpreting information in algebraic critical thinking. *Unnes Journal of Mathematics Education*, 8(3), Article 3. <https://doi.org/10.15294/ujme.v8i3.35224>
- Álvarez-Ossa, M. E., Patricia-Arteaga, Á., Henao-Franco, F. J., & Ramírez-Dávila, É. H. (2022). Estrategia didáctica basada en el aprendizaje significativo, la pedagogía social para el desarrollo humano. *Mundo FESC*, 12(S2), Article S2. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.1152>
- Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 41(1), 16-25. <https://doi.org/10.3102/0013189X11428813>
- Arguedas Matarrita, C., Concari, S. B., Conejo Villalobos, M., Pérez Sottile, R., & Herrero Villareal, D. H. (2016). El uso de un Laboratorio Remoto de mecánica en la enseñanza de la física en dos modalidades de educación superior. *Revista de Enseñanza de la Física*, 28, 305-312.
- Cardona Aristizábal, J. E., Vera Tasamá, A., López Parrado, A., Aldana Gutiérrez, J. A., Arias Gómez, J. D., Bañol Gómez, Ó. A., & Mazo Valencia, C. A. (2022). Una propuesta de laboratorio remoto para circuitos eléctricos. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*. <https://doi.org/10.26507/paper.2187>
- Cornelio, O. M., González, J. G., Ching, I. S., & Fonseca, B. B. (2020). Remote Laboratory System for Automatic Engineering. *Journal of Cybersecurity and Information Management*, 1(2), 55-63. <https://doi.org/10.54216/JCIM.010201>
- El-Hasan, K. & Madhum, G. (2007). Validating the Watson Glaser Critical Thinking Appraisal. *Higher Education*, 54(3), 361-383. <https://doi.org/10.1007/s10734-006-9002-z>
- Ennis, R. H. (1962). A concept of critical thinking. *Harvard Educational Review*, 32(1), 81-111.
- Facione, P. A. (2023). Critical Thinking: What It Is and Why It Counts. *Insight Assessment*, 1-31.
- Fadilah, S., Yuberti., & Hidayah, N. (2023). PjBL Learning Model Assisted by YouTube: The Effect on Student's Critical Thinking Skills and Self-Confidence in Physics Learning. *Online Learning In Educational Research (OLER)*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.58524/oler.v3i1.198>
- Faulconer, E. K. & Gruss, A. B. (2018). A Review to Weigh the Pros and Cons of Online, Remote, and Distance Science Laboratory Experiences. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 19(2), 156-168. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i2.3386>
- Game, K. A. A., Wijesuriya, D. I., Ekanayake, S. Y., Rennie, A. E. W., Lambert, C. G., & Gunawardhana, N. (2020). Online Delivery of Teaching and Laboratory Practices: Continuity of University Programmes during COVID-19 Pandemic. *Education Sciences*, 10(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/educsci10100291>

- Gong, Y., Guo, J., & Sun, X. (2024). The Cultivation of Critical Thinking Ability in Middle School Physics Teaching. *Journal of Innovation and Development*, 7(3), Article 3. <https://doi.org/10.54097/nqd48z70>
- Gonzalez-Gomez, D., Castellanos, D., & Jeong, J. (2016). Persistencia de concepciones alternativas sobre Electricidad en Maestros en Formación. En *Encuentros de didáctica de las ciencias experimentales* (vol. 27, pp. 1223-1229). https://www.researchgate.net/publication/308115574_Persistencia_de_concepciones_alternativas_sobre_Electricidad_en_Maestros_en_Formacion
- Guerrero, M. & Concarí, S. B. (2023). Desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de Ingeniería mediante una estrategia didáctica que integra laboratorios remotos sobre circuitos eléctricos: Primera intervención. *Revista de Enseñanza de la Física*, 35(2). <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v35.n2.43684>
- Guerrero-Zambrano, Marcos (2025). *Test de circuitos eléctricos*. Figshare. Media. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.30490499.v1>
- Gustavsson, I., Zackrisson, J., Nilsson, K., Garcia-Zubia, J., Håkansson, L., Claesson, I., & Lagö, T. (2008). A Flexible Electronics Laboratory with Local and Remote Workbenches in a Grid. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 4(2). <https://doi.org/10.3991/ijoe.v4i2.504>
- Hake, R. (1998). *Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses*, 66(1), 64-74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains: Disposition, skills, structure training, and metacognitive monitoring. *American Psychologist*, 53(4), 449-455. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.53.4.449>
- Hernandez-Jayo, U., Garcia-Zubia, J., Colombo, A. F., Marchisio, S., Concarí, S. B., Lerro, F., Pozzo, M. I., Dobboletta, E., & Alves, G. R. (2018). Spreading the VISIR Remote Lab Along Argentina. The Experience in Patagonia. En M. E. Auer y D. G. Zutin (Eds.), *Online Engineering y Internet of Things* (pp. 290-297). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64352-6_27
- Hussain, N. H., Salim, K. R., & Haron, H. N. (2013). Student's alternative conception in basic electric circuit. *Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium 2013 – Kuala Lumpur*, 1, 1-6. https://www.researchgate.net/publication/282009342_Student's_Alternative_Conception_in_Basic_Electric_Circuit
- Idoyaga, I. & Arguedas-Matarrita, C. (2021). Análisis representacional de cuatro laboratorios remotos para la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 33(2). <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v33.n2.35267>
- Ilbay Guaña, E. L. & Espinosa Cevallos, P. A. (2024). La importancia del pensamiento crítico y la resolución de problemas en la educación contemporánea. *Revista Científica Kosmos*, 3(1), 4-18. <https://doi.org/10.62943/rck.v3n1.2024.50>
- Klein, P., Ivanjek, L., Dahlkemper, M. N., Jeličić, K., Geyer, M.-A., Küchemann, S., & Susac, A. (2021). Studying physics during the COVID-19 pandemic: Student assessments of learning achievement, perceived effectiveness of online recitations, and online laboratories. *Physical Review Physics Education Research*, 17(1), 010117. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.010117>
- Kolb, D. (1981). Learning Styles and Disciplinary Differences. En *Learning Styles and Disciplinary Differences* (1.^a ed., vol. 18, pp. 232-255). Jossey-Bass Inc., Publishers. https://www.researchgate.net/publication/283922529_Learning_Styles_and_Disciplinary_Differences
- León, F. R. (2014). Sobre el pensamiento reflexivo, también llamado pensamiento crítico. *Propósitos y representaciones*, 2(1), 161-214.

- Lima, N., Viegas, C., Alves, G., & Garcia-Peñalvo, F. J. (2016). VISIR's usage as an educational resource: A review of the empirical research. *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 893-901. <https://doi.org/10.1145/3012430.3012623>
- Marchisio, S., Lerro, F., & Pamel, O. V. (2011). Empleo de un laboratorio remoto para promover aprendizajes significativos en la enseñanza de los dispositivos electrónicos. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 129-139.
- Matarrita, C. A. & Concari, S. B. (2015). Hacia un estado del arte de los laboratorios remotos en la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(Extra), 133-139.
- Morales Zúñiga, L. C. (2014). El pensamiento crítico en la teoría educativa contemporánea. *Actualidades Investigativas en Educación*, 14(2), 591-615.
- Ossa-Cornejo, C. J. et al. (2017). Análisis de instrumentos de medición del pensamiento crítico. *Ciencias Psicológicas*, 11(1), 19-28. <https://doi.org/10.22235/cp.v11i2.1343>
- Paul, R. & Elder, L. (2021). *Critical Thinking: Tools for Taking Charge of Your Learning yamp; Your Life* (4.^a ed.). Rowman y Littlefield. <https://www.criticalthinking.org/store/products/critical-thinking-tools-for-taking-charge-of-your-learning-amp-your-life-2nd-edition/143>
- Pithers, R. T. & Soden, R. (2000). Critical thinking in education: A review. *Educational Research*, 42(3), 237-249. <https://doi.org/10.1080/001318800440579>
- Rashid, H., Khudhur, N., Hayashi, Y., & Hirashima, T. (2023). The Effect of Logical Argument Recomposition using Triangular Logic Model on Critical Thinking Compared to Conventional Method. *Proceedings of the 2022 6th International Conference on Education and E-Learning*, 220-226. <https://doi.org/10.1145/3578837.3578869>
- Solano, F., Pérez, A., Gil, J., & Suero, M. (2002). *Persistencia de Preconcepciones sobre los Circuitos Eléctricos de Corriente Continua*. 24, 460-470.
- Suprpto, N., Rizki, I. A., & Cheng, T.-H. (2024). Profile of Students' Physics Critical Thinking Skills and Prospect Analysis of Project-Oriented Problem-Based Learning Model. *Journal of Educational and Social Research*, 14(3). <https://doi.org/10.36941/jesr-2024-0062>
- Tiruneh, D. T., De Cock, M., Weldeslassie, A. G., Elen, J., & Janssen, R. (2017). Measuring Critical Thinking in Physics: Development and Validation of a Critical Thinking Test in Electricity and Magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 663-682. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9723-0>
- Triola, M. F. (2018). *Estadística* (13.^a ed., vol. 12). Pearson educación. <http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/B0038.pdf>
- Tripon, C. (2018). Learning to Learn: Critical Thinking Skills to Help Students for Life. *Logos Universality Mentality Education Novelty: Philosophy y Humanistic Sciences*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.18662/lumenphs/06>
- Vergne, M. J., Smith, J. D., & Bowen, R. S. (2020). Escape the (Remote) Classroom: An Online Escape Room for Remote Learning. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2845-2848. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00449>
- Wang, F. & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23. <https://doi.org/10.1007/BF02504682>
- Watson, G. & Glaser, E. M. (1980). *Watson-Glaser critical thinking appraisal: Manual*. Psychological Corp.

Promoting Critical Thinking with Remote Laboratories on Electrical Circuits

Marcos Francisco Guerrero Zambrano

Pedagogía de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, Universidad Estatal de Milagro, Ciudadela Universitaria «Dr. Rómulo Minchala Murillo», Guayas, Ecuador.

mguerreroz@unemi.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5617-6836>

Sonia Beatriz Concari

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional del Rosario, Rosario.

sconcari@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9151-2276>

The research conducted aimed to evaluate a didactic strategy that incorporated the use of remote laboratories (RL) in the study of electrical circuits, with the purpose of promoting the development of critical thinking (CT) among engineering students at a public university in Ecuador. To this end, the methodological approach of Design-Based Research (DBR) was adopted, which allowed for the progressive implementation of the strategy through two interventions. This process facilitated the identification of significant improvements, resulting from a reflective analysis supported by feedback provided by both faculty members and students during the first intervention.

The first intervention involved 60 students, of whom 61% demonstrated improvement in the development of CT, while 63% showed progress in their learning achievements related to electrical circuits. The activities implemented were designed to accommodate a diversity of learning styles and to address students' alternative conceptions of electricity through experimental practices conducted using the VISIR remote laboratory, accessed via the LabsLand platform. Nevertheless, despite the progress observed, a considerable proportion of students did not show improvement, a situation largely attributed to limited active participation and low engagement within the virtual modality.

In response to these results, adjustments were made to the didactic strategy in order to strengthen its effectiveness. Among the main improvements were the restructuring of guiding questions, the reinforcement of reading comprehension, the extension of the time allocated for experimental practices, and the implementation of a pedagogical contract aimed at fostering student motivation and responsibility.

The second intervention, conducted with another 41 students—without any repeat participants from the first intervention—reflected the positive impact of these adjustments: 81% of participants improved their CT development, and 85% enhanced their learning achievements. These results represented significant increases of 20% and 22%, respectively, compared with the outcomes of the first intervention.

Statistical analysis using the Wilcoxon signed-rank test and the calculation of Hake's normalized gain validated these findings. The Wilcoxon test revealed significant differences in CT levels and in specific cognitive skills such as argumentation, deduction, inference, and interpretation. Hake's gain analysis showed that in the second intervention, a considerable number of students reached medium or high gains, whereas the first intervention was characterized by a majority of low gains.

The results demonstrated that the modifications introduced into the didactic strategy—particularly the implementation of more focused experimental practices, the incorporation of a pedagogical contract, and the reinforcement of higher-order cognitive skills—generated a positive effect on both students' learning outcomes and the development of their CT abilities.

The main conclusion is that a didactic strategy based on experimentation with RL is effective in promoting CT development in engineering physics courses. However, active student engagement remains a crucial factor for its success. For future implementations, it is recommended to maintain the pedagogical contract, foster greater interaction during virtual classes, and reinforce inference-related activities, as a slight decrease in this skill was observed.

In summary, the study shows that an adaptive, research-based educational design can significantly enhance both critical thinking skills and learning achievements in experimental science courses. These gains can occur even in contexts with limited technology or fully remote learning modalities.

