



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

Desarrollo de laboratorios portátiles para la enseñanza en ingeniería

Luis Alejandro Cárdenas, Juan C. Rodríguez, David Nova, Fernando A. Herrera

**Universidad Nacional de Colombia
Bogotá, Colombia**

Resumen

La virtualidad fruto de la pandemia del covid 19 trajo consigo grandes retos en torno a la educación, especialmente en ingeniería donde se requiere el conocimiento práctico para interiorizar los conceptos físicos que sustentan las aplicaciones tecnológicas. Por ello, el Laboratorio de Innovación en Alta Tensión y Energías Renovables (LIAT-ER) de la Universidad Nacional de Colombia desarrolló dos laboratorios portátiles que permiten realizar experimentos relacionados con la luz, energía y sistemas fotovoltaicos. Estos laboratorios portátiles son: *“La caja de la luz”* y *“La caja solar”*.

La caja de la luz es un conjunto de dispositivos integrados para desarrollar experimentos por medio de luz e iluminación, el cual, busca impulsar la divulgación y apropiación social de la ciencia, la tecnología, el arte de la luz y la iluminación en los integrantes de la sociedad. La caja de la luz integra elementos como fuentes de luz y láser, sistemas de lentes para el estudio de fenómenos ópticos, un calibrador de luxómetros para celulares y gafas de realidad virtual.

Por otro lado, el laboratorio portátil de iluminación está acompañado por una guía de ejercicios y experimentos con la luz y la iluminación con el objetivo de promover en los diferentes usuarios infantiles, jóvenes y adultos la experimentación científica y artística de los fenómenos ópticos y lumínicos, y así, interiorizar el conocimiento de las propiedades de la luz, el arte y la tecnología de la iluminación.

Este laboratorio portátil de iluminación ha sido empleado en actividades no presenciales y remotas como la Cátedra internacional de la luz, los diplomados de iluminación, el XV Congreso Iberoamericano de Iluminación, LUXAMERICA 2020 y eventos organizados por la Universidad Nacional de Colombia durante los años 2020 y 2021.

La caja solar es un equipo de prueba fotovoltaico, el cual permite desarrollar e implementar experimentos y prácticas haciendo uso de la energía solar. Es un proyecto educativo, cuyo principal objetivo es incentivar e impulsar el uso y aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica como un instrumento para el desarrollo social y económico con conciencia ambiental.

La caja solar se compone de elementos como un módulo fotovoltaico, regulador de carga, baterías recargables, cargas típicas como lámparas y bombas de agua, equipos de seguridad y equipos de medida. Este laboratorio de prueba fotovoltaico ha sido empleado en procesos educativos dentro de la Universidad Nacional, especialmente en los diplomados de instalaciones fotovoltaicas ofertados por la Facultad de Ingeniería en los años 2020, 2021 y 2022.

Este documento presenta la experiencia del laboratorio LIAT-ER en el desarrollo de laboratorios portátiles enfocados en la enseñanza de conceptos de ingeniería, energía, iluminación para niños, jóvenes y adultos. Adicionalmente, muestra el trabajo en el desarrollo de nuevas metodologías de enseñanza y la importancia de generar nuevas apuestas para promover la experimentación práctica en medio de la virtualidad generada por la pandemia. Finalmente, exhibe los resultados obtenidos al utilizar estos laboratorios en procesos educativos.

Palabras clave: educación; laboratorio; iluminación; fotovoltaico; portátil

Abstract

Virtual education, because of the covid 19 pandemic, generated big challenges to the pedagogy environment, especially in engineering where practical knowledge is required. The High Voltage and Renewable Energy Innovation Laboratory (LIAT-ER) of the National University of Colombia developed two portable laboratories to do experiments related to light, energy, and photovoltaic systems.

“Caja de la luz” is a device set integrated to develop tests with light. It combines different elements, such as light and laser sources, lens systems for the study of optical phenomena, a calibrator of lux meters for cell phones and virtual reality glasses. Additionally, the portable laboratory goes with an exercises and experiments guidebook to promote the scientific and artistic experimentation of optical and light phenomena in students. It has been used in non-face-to-face and remote activities such as the International Chair of Light, lighting diploma courses, the XV Ibero-American Lighting Congress - LUXAMERICA 2020 and events organized by the National University of Colombia during the years 2020 and 2021.

On the other hand, “Caja Solar” is a photovoltaic test laboratory developed to do experiments with solar energy. It is an educational project that seeks to encourage and promote the use and exploitation of photovoltaic solar energy in a pedagogical environment. It is made-up of a solar module, charge regulator, rechargeable batteries, typical loads such as lamps and water pumps, safety, and measurement equipment. It has been used in virtual courses offered by the Faculty of Engineering in the years 2020, 2021 and 2022.



This paper presents the experience of LIATER developing portable laboratories, which are focused on teaching engineering concepts for children, youth and adults. It shows the development of new teaching methodologies and the importance of generating new bets to promote practical experimentation in the virtual education environment generated by the pandemic. Finally, it exhibits the results obtained by using these laboratories in educational processes.

Keywords: education; laboratory; lighting; photovoltaic; portable

1. Introducción

Durante los años 2020 y 2021 el mundo atravesó por una crisis sanitaria ocasionada por la propagación del virus covid 19, lo cual, generó que todos los procesos educativos tuvieran una transición instantánea de la presencialidad a la virtualidad. Este panorama generó entonces la necesidad de transformar los ambientes académicos para afrontar los retos impuestos por la no presencialidad, siendo aún más crítico en áreas que requieren del conocimiento práctico como lo son las ingenierías. Con respecto a ambientes educativos se han identificado dificultades por parte de estudiantes para conceptualizar conocimientos teóricos relevantes y articularlos con los conocimientos prácticos (Crujeiras et al., 2015). Es por ello, que algunos autores han propuesto la implementación de laboratorios remotos para la enseñanza de áreas básicas del conocimiento como lo es la física (Romero et al., 2020).

Considerando lo anterior se hace necesario proponer alternativas educativas para complementar los conocimientos teóricos, en particular sobre energía y luz, impartidos en ingeniería durante el marco de la pandemia y post-pandemia con conocimiento práctico. La "Caja de la Luz" y la "Caja Solar" son dos laboratorios portátiles que tienen como objetivo promover la comprensión de los conceptos teóricos en torno a la iluminación y la energía solar fotovoltaica mediante la realización de experimentos y talleres prácticos. Aunque estos laboratorios fueron propuestos para la complementación del aprendizaje en la virtualidad, pueden ser implementados como un recurso adicional en actividades académicas presenciales.

2. Objetivos de aprendizaje y metodología

Los procesos educativos no presenciales en ingeniería generan grandes retos pedagógicos debido a la necesidad de formación práctica y experimental para la concepción de fenómenos físicos y conceptos de ingeniería. Por ello, es importante formular alternativas que permitan el desarrollo práctico en entornos virtuales de aprendizaje.

2.1. Objetivos

El diseño y desarrollo de los laboratorios portátiles "Caja de la Luz" y "Caja Solar" son concebidos con el fin de cumplir con los siguientes objetivos de aprendizaje y lograr que los estudiantes, al utilizar estos laboratorios, estén en capacidad de:



- Comprender fenómenos físicos y de ingeniería relacionados con la luz y la energía solar fotovoltaica.
- Diseñar y formular experimentos con los elementos de los laboratorios para evaluar conceptos teóricos de forma experimental.
- Realizar prácticas y experimentos asociados con iluminación y sistemas de generación solar.

2.2. Metodología

La metodología general seguida para cumplir con los objetivos de aprendizaje propuestos se presenta en la Figura 1. Esta metodología se compone fundamentalmente de 5 etapas, las cuales, se describen a continuación.

- **Concepción del laboratorio:** En la primera etapa se realiza la consulta detallada de los fenómenos físicos y conceptos de ingeniería relacionados con la iluminación y la energía solar fotovoltaica. La identificación de lo anterior permite seleccionar las prácticas y experimentos necesarios para cumplir con los objetivos de aprendizaje que se desarrollarán con el laboratorio portátil. La información recopilada permite establecer el estado del arte inicial y definir los equipos necesarios para elaborar los experimentos propuestos.



Figura 1. Metodología general.

- **Construcción del laboratorio:** Luego de determinar los experimentos e identificar los dispositivos necesarios, se procede a diseñar y construir el laboratorio portátil basado en la integración de dispositivos disponibles en el mercado. Debido a que no todos los equipos identificados en la etapa anterior están disponibles a un costo accesible, se propone la elaboración de estos por un grupo de ingenieros y estudiantes del laboratorio LIAT-ER. Para la "Caja de la Luz" se desarrolla un calibrador de luxómetros y para la "Caja Solar" un trazador de curvas I-V para módulos fotovoltaicos.

Finalmente, se diseña y construye un empaque con apoyo de diseñadores industriales y diseñadores gráficos para los dispositivos seleccionados y desarrollados, con el objetivo de que el laboratorio portátil sea fácilmente transportado.

- **Elaboración de guías:** Posteriormente, se procede a elaborar la guía de experimentos y talleres para cada uno de los laboratorios, estos se proyectan con base en la información recopilada en la primera etapa. En la guía, para cada experimento, se presenta: una explicación científica del fenómeno físico o concepto de ingeniería, un ejercicio práctico propuesto para evidenciar el fenómeno en cuestión y finalmente se invita a proponer un experimento propio por parte de los estudiantes, utilizando los dispositivos y equipos del laboratorio.
- **Desarrollo de experimentos y talleres:** Con el fin de validar los objetivos de aprendizaje de los laboratorios portátiles se llevan a cabo los experimentos, generalmente con un grupo de estudiantes de las actividades académicas de la Universidad Nacional. Para ello, en primer lugar, el laboratorio es enviado a todos los estudiantes inscritos; luego, se realizan sesiones virtuales explicando el adecuado uso de los componentes; finalmente, los estudiantes desarrollan los experimentos y talleres propuestos en las guías y presentan informes con las principales conclusiones.
- **Consulta de percepción:** Con el objetivo de conocer la percepción de los estudiantes con respecto a los laboratorios portátiles se diseña una encuesta que reúne preguntas relacionadas con la funcionalidad, usabilidad y pertinencia académica de la “Caja de la Luz” y la “Caja Solar”. Esta encuesta permite identificar el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje y aspectos de mejora para futuras ediciones.

3. Descripción de los laboratorios

Los laboratorios portátiles desarrollados para la enseñanza y aprendizaje en ingeniería tienen las siguientes características.

3.1. Caja de la luz

La “Caja de la Luz”, al ser un desarrollo educativo diseñado para impulsar la concepción de fenómenos ópticos y lumínicos, integra los siguientes elementos:

- Un juego de fuentes de luz y láser monocromáticos
- Un sistema de posicionamiento de lentes para estudiar fenómenos ópticos
- Un sistema de calibración para emplear celulares como luxómetros, el cual, permite evaluar las condiciones lumínicas de espacios comunes.
- Gafas de realidad virtual para vivir experiencias virtuales con el material audiovisual científico y académico propuesto por el laboratorio LIAT-ER.



En la Figura 2 se presenta el laboratorio portátil de iluminación y el calibrador de celulares como luxómetro diseñado y construido por el laboratorio LIAT-ER. Este último elemento permite calibrar las aplicaciones de dispositivos móviles, disponibles libremente, y así emplear el celular como un medidor de iluminancia con un menor porcentaje de incertidumbre.



Figura 2. Componentes del laboratorio "Caja de la Luz" - Calibrador de celular como luxómetro.

Adicionalmente, con el fin de que quienes tengan acceso a la caja de la luz puedan desarrollar los experimentos y talleres, se desarrolló la guía de experimentos, la cual puede ser consultada libremente en medio digital.

La guía de laboratorio desarrollada contiene explicaciones y experimentos relacionados con el siguiente contenido: tipos de fuentes de luz, reflexión de la luz, refracción de la luz, dispersión de la luz, funcionamiento del ojo y un taller de medición de iluminancia. Para cada uno de los puntos mencionados anteriormente, se presenta el desarrollo del concepto científico a estudiar, ejercicios que pueden ser desarrollados con los dispositivos disponibles en la "Caja de la luz" y finalmente una conclusión del experimento.

3.2. Caja Solar

La caja solar, es un desarrollo educativo diseñado para impulsar e incentivar el uso de energías renovables. En la Figura 3 se presenta este laboratorio portátil, cuyo diseño permite integrar diferentes dispositivos y es de fácil transporte.



Figura 3. Componentes del laboratorio "Caja Solar"

Controlador de carga: La caja cuenta con un dispositivo controlador de carga PWM, con una capacidad de 120 W, el cual permite a los usuarios analizar y poner en práctica los conocimientos acerca de la operación de la a batería en relación con la conexión y desconexión de cargas, y el respaldo que ofrece la batería en condiciones de baja irradiancia y carga constante.

Sistema de posicionamiento: La caja solar está equipada con dos elementos que permiten establecer una posición específica para el módulo fotovoltaico. El orientador solar se utiliza para posicionar el módulo FV respecto al sistema de referencia cartesiano, además deberá estar acompañado de una aplicación móvil, brújula o información que permita identificar la ubicación de la salida y puesta del sol. El orientador se integra a una estructura de soporte con una base móvil que permite poner un ángulo de inclinación específico para el módulo FV.

Este sistema les permite a los usuarios ejecutar ejercicios de orientación e inclinación del módulo solar FV, con el fin de identificar la influencia del posicionamiento del módulo en el proceso de generación de energía, por parte del sistema solar fotovoltaico.

Medidor de energía: El equipo de medición permite identificar tensión, corriente, potencia, tiempo de carga, consumo y almacenamiento de energía de equipos pequeños que se conectan a través de un puerto USB, lo cual permitirá a los usuarios reconocer, discernir y afianzar los conocimientos acerca de las variables eléctricas.

Trazador de curvas: Para este laboratorio se diseñó y fabricó un trazador de curvas el cual permite caracterizar módulos fotovoltaicos trazando sus curvas de tensión vs corriente, tensión vs potencia y temperatura del módulo. El trazador cuenta con un software diseñado para la obtención de las curvas I-V y P-V, interfaz gráfica para el análisis de operación de los módulos, adicionalmente permite la exportación e importación de datos y la realización de mediciones de manera automatizada.

El laboratorio portátil caja solar está equipado además con un dispositivo de medición de variables eléctricas clase II, una fuente de luz LED dimerizable con tres temperaturas de color, dos sets de baterías recargables de puerto USB, una base para carga de baterías y equipo de seguridad.

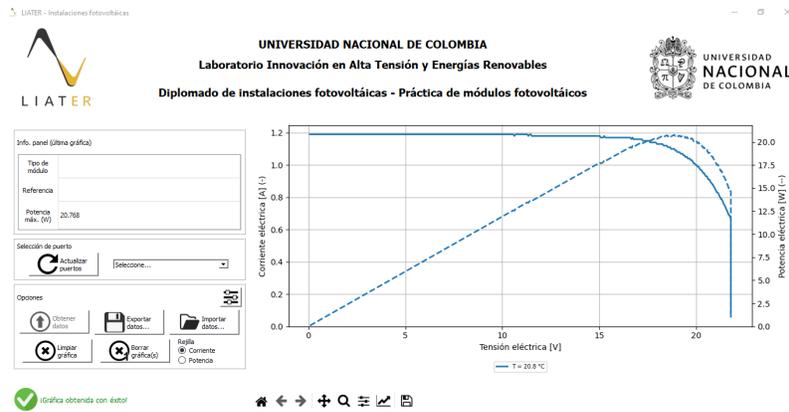


Figura 4. Interfaz del software diseñado para el trazador de curvas.

4. Percepción de los estudiantes

Con el fin de conocer la percepción de las y los estudiantes, quienes han interactuado con los laboratorios portátiles, se realizó un cuestionario que permitió recopilar y analizar sus experiencias. Para la "Caja de la Luz" se recibieron 29 respuestas y para la "Caja Solar" un total de 17 respuestas. A continuación, se presentan los resultados.

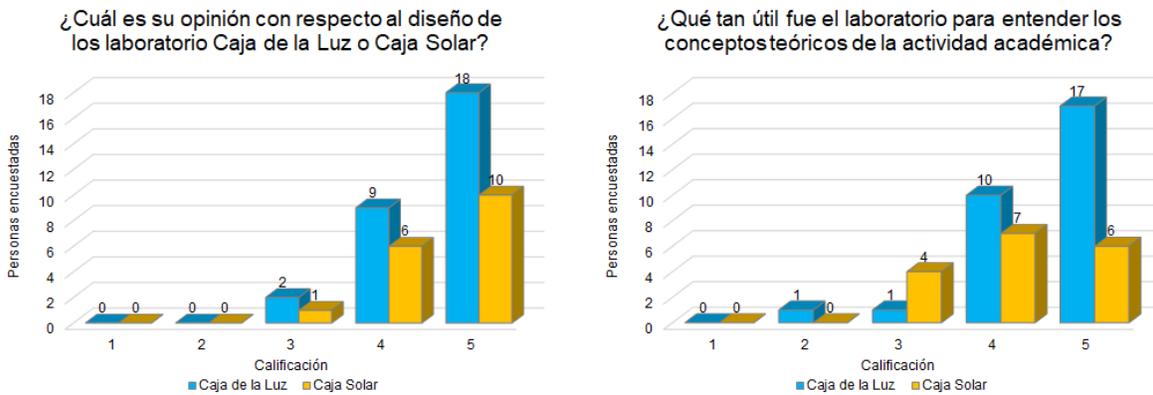


Figura 5. Resultados de la encuesta realizada sobre la percepción de los laboratorios portátiles.

En los resultados presentados se evidencia un alto porcentaje de validación sobre el diseño de la "Caja de la Luz" y la "Caja Solar", siendo bueno y excelente las respuestas de mayor porcentaje. Adicionalmente se valida la utilidad de estos laboratorios para entender los conceptos evaluados en los experimentos. Lo anterior permite inferir que el laboratorio portátil es adecuado para cumplir con los objetivos de aprendizaje propuestos.



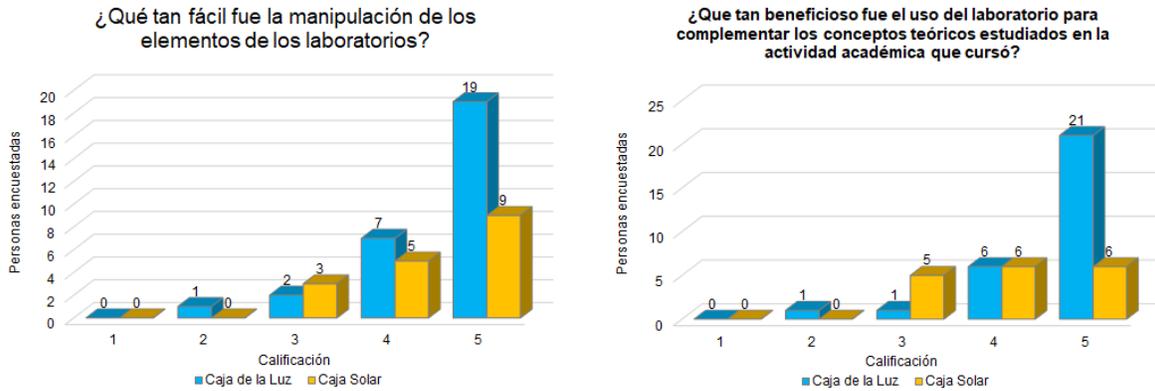


Figura 6. Resultados de la encuesta realizada sobre la percepción de los laboratorios portátiles.

Con respecto a la facilidad de manipulación de los elementos del laboratorio, se identifica que un alto porcentaje de los encuestados la consideran buena o excelente, lo anterior puede indicar el papel fundamental de incorporar una guía de experimentos en los laboratorios. Por otro lado, es expresado por un alto porcentaje de los encuestados cómo el uso del laboratorio complementa los conceptos teóricos cursados en las sesiones virtuales de enseñanza.

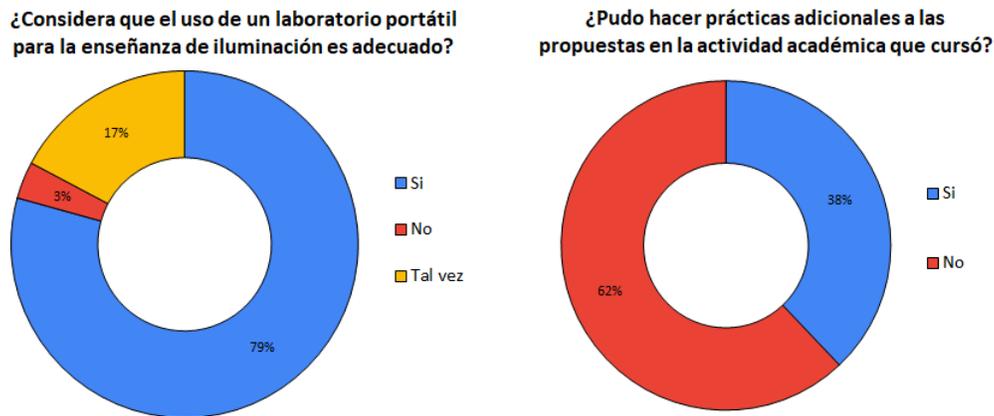


Figura 7. Resultados de la encuesta realizada sobre la percepción del laboratorio "Caja de la Luz".

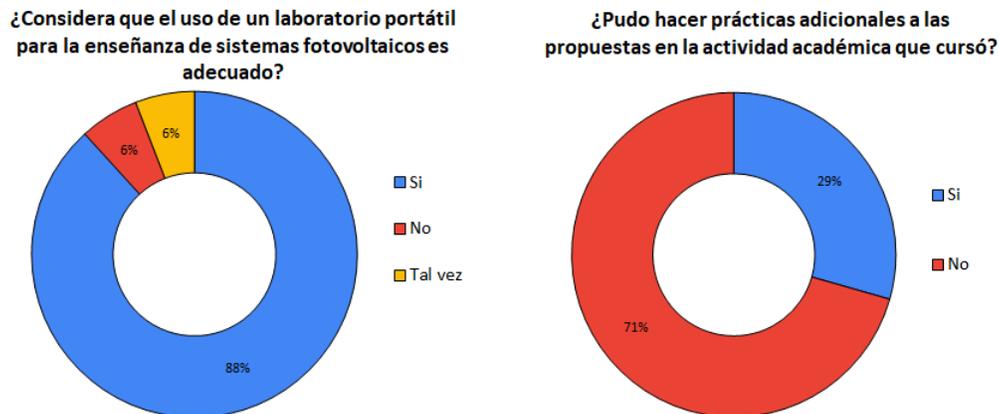


Figura 8. Resultados de la encuesta realizada sobre la percepción del laboratorio "Caja Solar".



Finalmente, se puede observar una clara tendencia en considerar adecuado un laboratorio portátil para la enseñanza de la iluminación y la energía solar. Por otro lado, de los resultados obtenidos se puede concluir que la guía desarrollada no facilita el planteamiento de nuevos experimentos por parte de los estudiantes, por lo cual, en próximas versiones de la guía se debe proveer de medios más motivantes para el desarrollo de prácticas propias.

5. Conclusiones

Los laboratorios portátiles diseñados por el laboratorio LIAT-ER de la Universidad Nacional de Colombia permiten, con mayor facilidad, la apropiación y comprensión básica de los conceptos teóricos sobre iluminación e instalaciones fotovoltaicas estudiados en medio de la virtualidad, lo anterior mediante la experimentación individual por parte de los estudiantes.

Por otro lado, el diseño de los laboratorios favorece la manipulación de sus elementos, permitiendo a los estudiantes realizar prácticas y experimentos de forma sencilla, rápida y segura. Lo anterior, a su vez promueve la creatividad de los alumnos para diseñar y formular experimentos con los elementos dispuestos en la “Caja de la Luz” y la “Caja Solar”.

Finalmente, se evidencia cómo la utilización de los laboratorios portátiles complementa los procesos académicos, ya sea presencial o virtualmente, con un componente práctico y didáctico, motivando así la creatividad de los estudiantes con herramientas seguras.

6. Agradecimientos

Extendemos un agradecimiento especial a Paula Acuña, Iván Arango, Jesús Quintero, Francisco Javier Amórtegui, Antonio Muñoz, John Luengas, Antonio Muñoz, John Martínez, Paola Cuervo, Gabriel Prieto, Mauricio Rodríguez, Leonardo Mercado, Hugo Ardila, Miguel Ochoa y Carlos Muñoz quienes hicieron parte del equipo de diseño y desarrollo de los laboratorios.

7. Referencias

- Crujeiras Pérez, Beatriz; Jiménez Aleixandre, María (2015). Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, Vol. 33, n.º 1, pp. 63-84.
- Romero, R. E., Fuhr Stoessel, A., & Rocha, A. (2020). Un estudio de diseño sobre la implementación de laboratorios remotos en la enseñanza de la física universitaria: la observación del trabajo de los estudiantes. Revista De Enseñanza De La Física, 32(1), 75–91.



Sobre los autores

El Laboratorio de Innovación en Alta Tensión y Energías Renovables (LIAT-ER) de la Universidad Nacional de Colombia es una iniciativa apoyada por el Grupo ENEL- CODENSA concebido como una escuela de formación de ingenieros y profesionales donde se brindan espacios académicos y técnicos para que los estudiantes de pregrado, maestría y doctorado complementen la formación brindada en el plan de estudios mediante desempeños auténticos y multidisciplinarios propios del ejercicio profesional, de la innovación e investigación en ingeniería.

- **Luis Alejandro Cárdenas:** Ingeniero Electricista, estudiante de Maestría en Ingeniería - Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia. Ingeniero de proyectos del Laboratorio de Innovación en Alta Tensión y Energías Renovables. luacardenasga@unal.edu.co
- **Juan C. Rodríguez:** Ingeniero Electricista. Ingeniero de proyectos del Laboratorio de Innovación en Alta Tensión y Energías Renovables. jcrodiguezm@unal.edu.co
- **David Nova:** Ingeniero Electricista, estudiante de Maestría en Ingeniería - Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia. Ingeniero de proyectos del Laboratorio de Innovación en Alta Tensión y Energías Renovables. dnovar@unal.edu.co
- **Fernando A. Herrera:** Ingeniero Electricista, Magíster en Educación, Profesor Asociado Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia. Director del Laboratorio de Innovación en Alta Tensión y Energías Renovables. Coordinador académico de los Diplomados en Iluminación e instalaciones fotovoltaicas. fherrera@unal.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

