

# Aplicación de la metodología del aprendizaje basado en proyectos para el uso de transistores BJT

Luis David Patarroyo<sup>1</sup>, Óscar Mauricio Hernández<sup>1</sup>, Leidy Yurani Villa García<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Colombia

<sup>2</sup>Universidade Federal do Pará. Brasil

## Resumen

Durante mucho tiempo la pedagogía en el campo de la educación superior fue descuidada, dejando la responsabilidad de la enseñanza a los profesores. Tanto así, que esta enseñanza universitaria no atrajo la atención hasta la década de los 60 cuando se evidenció un aumento del número de estudiantes, generando innovaciones como la educación basada en casos y la educación basada en proyectos los cuales intentan ofrecer experiencias prácticas en el aula. Entre las innovaciones mencionadas, el aprendizaje basado en proyectos se volvió bastante conocido y exitoso.

En este trabajo se implementa la metodología de enseñanza que tiene como sustento teórico el aprendizaje basado en proyectos en la asignatura Electrónica I en la escuela de ingeniería electrónica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, sede Tunja. Con el fin de evaluar en los estudiantes la comprensión de las regiones de operación del transistor, demostrando que las competencias de trabajo en equipo mejoran significativamente la formación del estudiante permitiendo abordar problemáticas de la vida real, lo cual contribuye en el desarrollo profesional del ingeniero.

Cabe resaltar que en las primeras etapas de formación del ingeniero electrónico de la Universidad, se orienta al estudiante para que comprenda y aplique conceptos relacionados con el análisis de circuitos eléctricos y electrónicos, razón por la cual, en la asignatura seleccionada, se propone una actividad que consiste en diseñar un circuito que controla la apertura y cierre de una cerradura electrónica, permitiendo comprender el funcionamiento y la aplicación de las regiones de corte y saturación en el transistor de unión bipolar (BJT: Bipolar Junction Transistor). La metodología de aprendizaje basado en proyectos (PBL: Project Based Learning) se aplica a un grupo de 50 estudiantes organizados en equipos de trabajo, logrando abordar el problema que involucra electrónica analógica, digital y conceptos de circuitos eléctricos.

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en dos etapas, en la primera etapa, los estudiantes investigan conceptos básicos de electrónica digital, siendo un reto debido a que esta asignatura no ha sido cursada por los estudiantes, seguido de esto sugieren la lógica necesaria para verificar el ingreso correcto de una contraseña que accionará la cerradura electrónica, así como la activación de una alarma que indica el ingreso de una contraseña errónea. Durante la etapa dos se realiza la realimentación objetiva de las propuestas de diseño, promoviendo en los estudiantes la optimización del circuito para reducir la cantidad de transistores y resistencias con el objetivo de mejorar el consumo energético del circuito.

Los resultados de este caso de estudio revelan que los estudiantes desarrollaron habilidades de investigación, análisis y puesta en funcionamiento del sistema, lo cual se debe a que más del 90 % de los estudiantes logró concluir el proyecto cumpliendo con los requisitos establecidos, indicando una alta motivación y compromiso por parte de los equipos de trabajo.

**Palabras clave:** aprendizaje basado en proyectos; transistores; educación superior; ingeniería electrónica

### **Abstract**

*For a long time, pedagogy was overlooked in higher education, leaving the responsibility for teaching entirely to professors. It wasn't until the 1960s—when student enrollment saw a significant increase—that university teaching began to draw attention, prompting the introduction of innovative methodologies such as case-based learning and project-based learning, both aimed at providing practical experiences in the classroom. Among these innovations, project-based learning (PBL) emerged as particularly effective and widely adopted.*

*This study implements a teaching methodology based on PBL in the Electronics I course at the School of Electronic Engineering at the Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja campus. The objective was to assess students' understanding of transistor operating regions, demonstrating how teamwork significantly enhances student development by preparing them to tackle real-world challenges—an essential factor in the professional growth of future engineers.*

*In the early stages of the University's Electronic Engineering program, students are guided toward understanding and applying concepts related to the analysis of electrical and electronic circuits. Accordingly, the selected course incorporates an activity in which students design a circuit to control the opening and closing of an electronic lock, allowing them to grasp the operation and application of the cutoff and saturation regions in a bipolar junction transistor (BJT). PBL is implemented with a group of 50 students, organized into work teams, effectively addressing a problem that integrates concepts from both analog and digital electronics as well as electrical circuit analysis.*

*The project unfolded in two stages. In the first, students researched fundamental concepts of digital electronics—a challenge considering that they had not yet taken a formal course on the subject. They then developed the logical framework required to verify password entry for activating the electronic lock and designed an alarm system to indicate incorrect password attempts. During the*



*second stage, students received objective feedback on their design proposals, prompting them to optimize their circuits by reducing the number of transistors and resistors, thereby improving energy efficiency.*

*The results of this case study highlight the effectiveness of the PBL approach: over 90% of students successfully completed the project and met the predefined requirements, demonstrating high levels of motivation and commitment within their teams. Additionally, the methodology fostered the development of critical skills in research, analysis, and system implementation, reinforcing its value in engineering education.*

**Keywords:** *project-based learning; transistors; higher education; electronic engineering*

## 1. Introducción

Fortalecer la fuerza laboral en ciencias e ingeniería es importante para la económica global (National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, & Institute of Medicine, 2007). No obstante, las instituciones de educación superior presentan dificultades debido a las metodologías tradicionales que se emplean en su desarrollo curricular. Es allí, donde se evidencia que los profesores y los estudiantes requieren contar con información actualizada que conecte conceptos relevantes ya existentes, nuevas ideas, conceptos, proposiciones en un ambiente multidisciplinar (Moreira, 2005). Es decir, generar espacios que permitan al estudiante construir conocimientos relacionados a su contexto cotidiano y laboral que funcione como anclaje para lograr un aprendizaje significativo.

Esto implica en el profesor un reto interesante de aplicación de los conocimientos para la enseñanza en el mundo real. Generar estrategias de aprendizaje en contexto basada en proyectos, lo cual fortalece el aprendizaje en ingeniería para el desarrollo de competencias y reforzar la motivación para aprender. Es así, como este trabajo presenta una oportunidad para el profesor de ingeniería para diseñar espacios que permitan el uso de diferentes habilidades en la resolución de problemas concretos. Implementando la metodología de enseñanza que tiene como sustento teórico el aprendizaje basado en proyectos en la asignatura Electrónica I en la escuela de ingeniería electrónica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, sede Tunja. Con el fin de evaluar en los estudiantes la comprensión de las regiones de operación del transistor, demostrando que las competencias de trabajo en equipo mejoran significativamente la formación del estudiante permitiendo abordar problemáticas de la vida real, lo cual contribuye en el desarrollo profesional del ingeniero.

Esta estrategia permite el proceso de integración, construcción y apropiación de los conceptos por parte de los futuro ingenieros, al igual que contextualizar la construcción del aprendizaje en un ambiente de resolución de problemas. Que permita la retroalimentación y el seguimiento continuo del proceso. La problemática que se presenta en este trabajo se ubica en las primeras etapas de formación del ingeniero electrónico y se enfoca en la comprensión y aplicación de conceptos relacionados al análisis de circuitos eléctricos y electrónicos bajo la situación problema que consiste en diseñar un circuito que controla la apertura y cierre de una cerradura electrónica, permitiendo

comprender el funcionamiento y la aplicación de las regiones de corte y saturación en el transistor de unión bipolar (BJT: Bipolar Junction Transistor). La metodología de aprendizaje basado en proyectos (PBL: Project Based Learning) se aplica a un grupo de 50 estudiantes organizados en equipos de trabajo, logrando abordar el problema que involucra electrónica analógica, digital y conceptos de circuitos eléctricos.

## **2. Aprendizaje basado en proyectos**

Bajo la premisa que la ingeniería permite relacionar el conjunto de conocimientos y técnicas aplicadas a la creación, innovación, perfeccionamientos, implementación y resolución de problemas que afectan las actividades humanas. Se hace necesario transformar la enseñanza en la ingeniería para la construcción de un conocimiento práctico. Es así como, toma importancia la estrategia metodológica del aprendizaje basado en proyectos. Adaptando los currículos de ingeniería al desarrollo de competencias para que los futuros profesionales comprendan desde la resolución de problemas la naturaleza de su profesión.

Bajo este panorama, la estrategia del aprendizaje basado en proyectos se vuelve interesante y de mayor aplicación en las carreras técnicas (Case y Light, 2011). considerándose un reto en la educación superior, específicamente en la formación del ingeniero. En el aprendizaje basado en proyectos, podemos identificar algunos pasos entre los que encontramos: (i) establecer conexiones entre los conocimientos previos y el contexto problemático establecido (práctica cotidiana y contexto profesional) (Sayago y Chacon, 2006). (ii) Planteamiento de situaciones problema que emergen de las necesidades del entorno o del ejercicio profesional del ingeniero. (iii) El proyecto se visualiza como estrategia de trabajo donde se construye sobre la acción y reflexión de la acción, se interactúa con otros, se requiere disciplina y autonomía. Aspectos que ubican al estudiante como sujeto activo y su proceso evaluativo es formativo.

Este tipo de metodologías implica un aprendizaje significativo que busca plantear la problematización y resignifica las prácticas en el aula, dejando de lado la aprehensión memorística de los conceptos. Lo cual lleva al desarrollo de competencias y la capacidad de relacionarse estudiante-docente en cuestión de gestión de conocimiento y negociación práctica (Harwell, 1997). La enseñanza con este enfoque presenta el desarrollo de un proyecto que busca la elaboración de un producto final con la participación del estudiante en el proceso de su aprendizaje (Markham, 2003).

Finalmente, se destaca que los estudiantes organizados en equipo realizan proyectos multidisciplinarios que son coordinados por el profesor. Estos equipos diseñan una ruta para la resolución de la problemática, generando un sistema completo con más de una implementación posible, simulando el contexto laboral de su profesión y aplicando diferentes tipos de conocimientos y habilidades.

### 3. Metodología

En esta sección se presenta una descripción de la asignatura y la población estudiantil que llevó a cabo el desarrollo del proyecto, se describe el proyecto y la forma en la que se organizaron los estudiantes en equipos de trabajo, se presentan las fases de desarrollo, seguido de esto, se da una explicación de cada una de las fases de las etapas de implementación del proyecto.

#### 3.1 Descripción del curso Electrónica I y población estudiantil.

La escuela de ingeniería electrónica de la UPTC sede Tunja, en el semestre académico II – 2024, contaba con dos grupos en la asignatura Electrónica I, con un total de 50 estudiantes. La asignatura se sitúa en el cuarto semestre académico y se desarrolla como una asignatura teórico-práctica. Los estudiantes adquieren conocimientos teóricos y ponen en práctica la implementación en laboratorio. Esta asignatura es la primera en la formación del ingeniero electrónico en la que se tratan temáticas de semiconductores y sus aplicaciones.

#### 3.2 Diseño del proyecto: creación de un circuito para una cerradura electrónica.

Se presenta a los estudiantes un proyecto que involucra la aplicación de los transistores en las regiones de operación, corte y saturación. La operación en estas regiones se utiliza en la construcción de compuertas lógicas que son de utilidad en electrónica digital. El proyecto consiste en diseñar un circuito que controla la apertura y cierre de una cerradura electrónica mediante una contraseña. Los estudiantes deben consultar lo referente a compuertas y funciones lógicas para así proponer un diseño usando compuertas lógicas mediante circuitos integrados; luego de esto, deben simular para verificar si su propuesta de diseño es correcta. Una vez verificado el funcionamiento del circuito, los estudiantes implementan el mismo reemplazando los circuitos integrados por su equivalente con BJT.

#### 3.3 Organización de los estudiantes en equipos y fases del desarrollo.

El desarrollo del proyecto se lleva a cabo mediante la metodología PBL. Se organizan los grupos de trabajo de forma voluntaria, esto con la finalidad de que se realice la actividad con personas que cada estudiante conoce en su desempeño académico, así como su participación en actividades grupales. A continuación, se presentan las fases de desarrollo del proyecto.

- Socialización del problema en los grupos de trabajo por parte del docente orientador de la asignatura.
- Búsqueda de información y estudio de conceptos de electrónica digital: funciones y compuertas lógicas, tarea realizada por los estudiantes.
- Diseño y simulación de circuito lógico propuesto por cada equipo de trabajo.
- Implementación de circuito usando BJT.
- Realimentación objetiva a los estudiantes en la implementación del circuito en laboratorio.

#### 3.4 Explicación de las etapas de implementación:

El enfoque PBL inició con la asignación del problema a los equipos de trabajo, indicando que se debe solucionar durante las cuatro semanas finales del semestre académico. Luego los estudiantes se enfocan en el aprendizaje autónomo para dar la solución al problema real usando lógica digital. A continuación, se implementa el circuito con BJT para controlar la apertura y cierre de la cerradura

electrónica, así como la implementación de la lógica para verificar la contraseña proporcionada por el usuario. Para lograrlo, deben aplicar leyes fundamentales de circuitos eléctricos y sugerir configuraciones de circuitos con BJT.

Seguido de esto, se brinda un acompañamiento a los estudiantes para dar apoyo conceptual y hacer seguimiento de la lógica propuesta por los grupos de trabajo, generando interrogantes para que se lleven a cabo tareas de forma independiente y así llevar a cabo ajustes o modificaciones en los diseños propuestos.

Cada grupo de trabajo planea, organiza y realiza simulaciones e implementación en laboratorio con el diseño propuesto. A partir de este punto, se inicia la etapa dos, se identifican fallas en la implementación de los circuitos y también exceso de elementos que afectan la eficiencia del sistema electrónico, se da una realimentación a los equipos de trabajo explicando la importancia de la eficiencia energética en el funcionamiento de un circuito electrónico y se llevan a cabo las modificaciones en los circuitos presentados por los estudiantes.

Finalmente, en la fase de evaluación y análisis, los equipos presentaron sus resultados. Se analizaron las dificultades encontradas y se plantearon mejoras para futuras implementaciones. A través de esta metodología PBL, los estudiantes no solo adquirieron conocimientos teóricos, sino que también fortalecieron habilidades en aprendizaje autónomo, búsqueda de información, trabajo en equipo y habilidades en diseño. En la siguiente sección se presentan los resultados del caso de estudio.

#### **4. Resultados y discusión**

Para evaluar el conocimiento adquirido por los estudiantes y llevar a cabo una realimentación del proceso desarrollado, se realizó una encuesta virtual de quince preguntas divididas por temáticas relacionadas con el conocimiento, trabajo en equipo y dificultades y fortalezas asociadas al desarrollo del proyecto. La encuesta fue respondida individualmente. El tipo de respuesta de algunas preguntas implica la redacción de un párrafo, otras implican selección única. Las preguntas realizadas a cincuenta estudiantes del curso, con su respectivo análisis, son las siguientes:

1. Describe de manera general el principio de funcionamiento de los transistores y del circuito diseñado para cumplir el objetivo del proyecto.

Gran parte de las respuestas describen el funcionamiento del transistor en corte y saturación y cómo estos se usaron para construir un comparador lógico transistorizado que permite validar la contraseña ingresada por el usuario y llevará a cabo la apertura de la cerradura electrónica. Sin embargo, algunos estudiantes describieron las regiones de operación del transistor e indicaron que se comportaba como un interruptor, evidenciando que falta claridad en los conceptos y aplicaciones del transistor.

2. ¿Cómo calificarías la dinámica de trabajo en equipo durante el proyecto?

El 4 % de los estudiantes indica que debe mejorar la dinámica de trabajo en equipo, el 10 % la califica como regular, el 30 % indica que es buena y el 56 % la califica como excelente.

3. ¿Qué aspectos del trabajo en equipo funcionaron bien? ¿Qué podría mejorarse?

La mayoría de las respuestas indican que el trabajo en equipo fue bueno, contribuyó a conocer a los miembros del equipo de trabajo, además, el asignar roles y optar por estudiar y simular en grupo hizo que se facilitara aclarar dudas. Se presentaron respuestas en las que no fue buena la comunicación y algunos integrantes no contribuían a tiempo en la entrega de las actividades.

4. ¿El grupo llevó a cabo una investigación exhaustiva sobre el tema del proyecto? Explica

Las respuestas de los estudiantes muestran que se llevó a cabo una investigación de compuertas lógicas y comparaciones bit a bit y cómo se implementan con transistores otro tipo de compuertas que no se abordaron en clase. Además, se investigó cómo enviar las señales a la cerradura electrónica. Esto evidencia que los equipos de trabajo efectuaron una investigación activa de lo requerido para el desarrollo del proyecto de forma adecuada.

5. ¿Se elaboró un plan detallado que incluyera objetivos, tareas y plazos? Explica

Gran parte de los estudiantes respondieron que no definieron objetivos, pero si tareas y plazos de entrega, incluso algunos establecieron un cronograma para el desarrollo del proyecto; sin embargo, la menor parte de los estudiantes respondieron que no se elaboró ningún plan debido a que la comunicación entre los integrantes del grupo fue complicada.

6. ¿Se lograron los objetivos propuestos en el proyecto? Explica

Más del 90 % lograron cumplir los objetivos; sin embargo, se presentaron inconvenientes con la señal de activación de la cerradura. Todos los grupos lograron implementar correctamente la señal de comparación para validación de la clave que permite dar apertura a la cerradura.

7. ¿Qué nuevos conocimientos o habilidades adquiriste durante el proyecto?

Las respuestas muestran que los conocimientos adquiridos corresponden a la aplicación del transistor como compuerta lógica, uso de diodos y transistores, conexión de circuitos, organización de elementos y conexiónado en protoboard y adquirir habilidad para el diagnóstico y solución de fallos en los circuitos.

8. ¿Hubo algún concepto o tema que te resultó especialmente interesante o relevante?

La mayor parte de las respuestas muestra que se torna interesante la aplicación del transistor y las compuertas lógicas, debido a que se lleva a cabo la construcción de un circuito que puede realizar tareas específicas como el caso de la apertura y cierre de la cerradura electrónica. Uno de los estudiantes indico como estas en mayor escala son la base de la computación, evidenciando que se hizo una investigación en profundidad de lógica combinacional, teoría que corresponde al curso Electrónica Digital, que se aborda en el quinto semestre del programa de ingeniera electrónica de la UPTC.

9. ¿Cuáles fueron los principales desafíos o dificultades que enfrentaste durante el desarrollo del proyecto?

Se destaca que el principal desafío corresponde a la correcta conexión en el protoboard y una incorrecta polarización de los transistores. Algunos estudiantes mencionaron que se presentaban cortocircuitos y falsos contactos. Incluso se presentaron corrientes altas a la salida del circuito,

evidenciando que se presentó una dificultad en el dimensionamiento de los elementos del circuito y errores en los cálculos de las resistencias que hacen parte del circuito.

10. ¿Cómo los superaste o qué estrategias utilizaste para resolverlos?

Los estudiantes indicaron que el problema de conexión se resolvió verificando por etapas las salidas de cada combinación lógica, esto apoyándose en simuladores y comparando los resultados. Además, se verificaban los niveles de tensión para validar si correspondían a un estado lógico de 1 o 0. En algunos casos, se optó por implementar nuevamente todo el circuito para solucionar el problema de falsos contactos.

11. ¿Qué fue lo más complicado en el desarrollo del proyecto? ¿Por qué?

En general, el ensamble del circuito, ya que los componentes pueden llegar a dañarse o ser complicados de ensamblar con los limitantes de una protoboard. Esto se debe a que los estudiantes están iniciando a implementar circuitos que involucran una gran cantidad de elementos y las conexiones incorrectas hacen que estos se expongan a daños y a su vez se presenten respuestas incorrectas por parte del circuito electrónico.

12. ¿Qué fue lo más sencillo o lo que mejor dominaste? ¿Por qué crees que fue así?

Las respuestas de los estudiantes coinciden en que lo más sencillo fue la simulación del circuito, esto debido a que en la simulación no se presentan problemas de conexión ni limitaciones en potencia.

13. ¿Cómo pudiste relacionar los conocimientos de diferentes materias al desarrollo del proyecto?

Los estudiantes hicieron énfasis en que la asignatura Circuitos I contribuyó para lograr entender y analizar problemas en el diseño y la implementación. También, la asignatura algoritmos y programación fue de utilidad para la temática de compuertas lógicas.

14. ¿En qué momentos aplicaste conceptos aprendidos en otras asignaturas?

Las respuestas dadas por los estudiantes evidencian que se aplicaron conceptos en la simulación e implementación del circuito. En el momento de identificar los fallos del circuito implementado se usaron los conceptos de teoría de circuitos eléctricos, haciendo seguimiento a los niveles de tensión para validar los estados lógicos a la salida de cada etapa del circuito, además, del cálculo de las resistencias para evitar sobre calentamiento en las mismas.

15. ¿Hay algo más que quieras compartir sobre tu experiencia en el proyecto?

Las respuestas dadas por gran parte de los estudiantes muestran motivación para seguir aprendiendo este tipo de temáticas, además, se menciona que es una experiencia muy buena debido a que se lleva a la práctica lo aprendido en la teoría, apoyándose en conceptos y usando software, poniendo a prueba los conocimientos de los equipos de trabajo. Un factor por destacar es la selección del equipo de trabajo, ya que esto facilitó el desarrollo del proyecto.



## 5. Conclusiones

De acuerdo con la realimentación facilitada por los estudiantes del curso Electrónica I del segundo semestre de 2024 de la escuela de ingeniería electrónica de la UPTC Tunja, para el desarrollo del proyecto planteado, se puede concluir que:

Para el desarrollo del proyecto, los estudiantes aplicaron los conceptos teóricos abordados en clase, y, además, investigaron conceptos básicos de electrónica digital. Se asignaron roles para el diseño de cada una de las etapas del circuito para lograr controlar la apertura y cierre de la cerradura electrónica, en algunos casos, los grupos planearon fechas de entrega y reuniones de socialización para cada etapa de diseño, evidenciando armonía en el trabajo en equipo.

El aprendizaje basado en proyectos logró generar motivación en el desarrollo de esta actividad, se presentaron casos en que los estudiantes investigaron más allá, generando interrogantes en electrónica, identificando aplicaciones como el diseño de procesadores e incluso afirmaciones como: "todo está hecho con transistores", lo anterior indica que esta metodología contribuye a procesos de investigación en ingeniería electrónica.

Se identificó que la gran dificultad de los estudiantes fue la implementación del circuito. Eventos como falsos contactos y conexiones erróneas fueron el principal problema para el funcionamiento del circuito. El trabajo en equipo contribuyó en la corrección de los errores para lograr el correcto funcionamiento del circuito.

## 6. Referencias

- Case, J. M. y Light, G. (2011). Emerging Methodologies in Engineering Education Research. *Journal of Engineering Education*, 100 (1), 186–210. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2011.tb00008.x>
- Harwell, S. (1997). Project-based learning. In Blank, W. and Harwell, S. (eds.), *Promising practices for connecting high school to the real world* (pp. 23-28). Tampa, United States:
- Markham, T. (2003). *Project based-learning handbook*. Buck IFE
- Moreira, M. A. (2005). Aprendizaje significativo crítico (Critical meaningful learning). *Indivisa. Boletín de Estudios e Investigación*, 6 (1) 83-102. <https://doi.org/10.37382/indivisa.vi6.379>
- National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, & Institute of Medicine (2007) *Rising above the gathering storm: energizing and employing America for a brighter economic future*. National Academies Press
- Sayago, Z. B. y Chacón, M. A. (2006). Las prácticas profesionales en la formación docente: hacia un nuevo diario de ruta. *Educere*, 10(32), 55-66

## Sobre los autores

- **Óscar Mauricio Hernández Gómez:** Ingeniero Electrónico, Especialista en Automatización industrial, Máster en Ingeniería Electrónica, Doctor en Ingeniería Eléctrica

de la Universidad Federal de Pará en Brasil. Profesor asociado de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. [oscarmauricio.hernandez@uptc.edu.co](mailto:oscarmauricio.hernandez@uptc.edu.co)

- **Luis David Patarroyo Gutiérrez:** Ingeniero Electrónico, Máster en Ingeniería Electrónica. Profesor asistente de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. [luis.patarroyo@uptc.edu.co](mailto:luis.patarroyo@uptc.edu.co)
- **Leidy Yurani Villa García:** Licenciada en Educación básica con énfasis en ciencias naturales y educación ambiental, Máster en enseñanza de las ciencias, Doctora en Educación en Ciencias y Matemáticas de la Universidad Federal de Pará en Brasil. [Leidyvilla10@gmail.com](mailto:Leidyvilla10@gmail.com)

---

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

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)