EIEI ACOFI 2025
5º Congreso Latinoamericano de Ingeniería
Más Información: www.acofi.edu.co/eiei
Ingeniería de impacto para cuidar y transformar la vida
ACOFI: 50 años por la excelencia de la educación en ingeniería.

Más allá de los números: el poder oculto de las matemáticas en la ingeniería del siglo XXI

[1]Diego Alejandro Castrillón Osorio, [1]Julián Mauricio Granados Morales, [2,3]María Patricia León Neira, [3]Carola Hernández Hernández

[1]Institución Universitaria de Envigado. Envigado, Colombia
[2]Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia
[3]Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia

Resumen

La formación de ingenieros a nivel mundial requiere un enfoque pedagógico que promueva el desarrollo de competencias en pensamiento crítico y resolución de problemas, más allá de la simple transmisión de conocimientos. Estas competencias permiten a los futuros ingenieros enfrentar desafíos complejos, como el diseño de sistemas sostenibles y la optimización de procesos industriales. Sin embargo, se identifica que un grupo de estudiantes desarrolla una actitud de rechazo hacia las matemáticas, carece de motivación para aprender y muestra poco interés en participar en clase, lo que impacta su desempeño académico y profesional.

Diversos estudios atribuyen esta resistencia a factores relacionados con el aprendizaje, como la dificultad para aplicar conceptos matemáticos a problemas reales, vacíos en su formación previa y la falta de una conexión evidente entre la teoría matemática y su aplicación en la ingeniería. Esta desconexión influye negativamente en su motivación y en la percepción del valor de las matemáticas en su desarrollo profesional.

En el marco de una investigación interinstitucional entre las Facultades de Ingeniería de la Institución Universitaria de Envigado, la Universidad de Los Andes y la Pontificia Universidad Javeriana, se realizan entrevistas y grupos focales con docentes y estudiantes de cursos de cálculo. Los resultados evidencian una falta de alineación entre las actividades de clase y el desarrollo de competencias matemáticas clave, como el razonamiento lógico y la resolución de problemas. Además, se observa que las evaluaciones se centran en la reproducción de procedimientos, lo que limita la comprensión profunda y la aplicación de los conceptos.

Se identifican deficiencias en competencias matemáticas fundamentales, incluyendo el razonamiento, la resolución de problemas, la comunicación, el modelado, el uso de herramientas, la comprensión de conceptos y la reflexión matemática. Asimismo, se detecta una falta de reflexión

DOI: https://doi.org/10.26507/paper.4811

docente sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje, lo que resulta en planes de estudio y metodologías centradas en contenidos más que en el desarrollo de competencias.

Ante esta situación, surge la pregunta: ¿Qué competencias matemáticas deben desarrollar los estudiantes en estos cursos? Este trabajo presenta aproximaciones a estas preguntas con base en la literatura especializada y los hallazgos de la investigación.

Finalmente, se evidencia que una barrera significativa en la enseñanza de las matemáticas en ingeniería radica en la concepción del proceso de enseñanza y aprendizaje por parte de los docentes. Resulta necesario transitar hacia un modelo donde el profesor actúa como facilitador del aprendizaje y los estudiantes asumen un rol activo en su formación. Para fortalecer el pensamiento matemático en la ingeniería del siglo XXI, se requiere revisar las competencias matemáticas necesarias en la formación en ingeniería, promoviendo la comprensión profunda, la aplicación creativa y la reflexión crítica sobre los conceptos matemáticos.

Palabras clave: competencias matemáticas; pensamiento matemático; educación en ingeniería; aprendizaje activo

Abstract

The training of engineers worldwide requires a pedagogical approach that promotes the development of critical thinking and problem-solving skills beyond the simple transmission of knowledge. These skills enable future engineers to tackle complex challenges, such as designing sustainable systems and optimizing industrial processes. However, a group of students has been identified as rejecting mathematics, lacking motivation to learn, and showing little interest in participating in class, which impacts their academic and professional performance.

Various studies attribute this resistance to learning-related factors, such as difficulty applying mathematical concepts to real-life problems, gaps in their prior training, and the lack of a clear connection between mathematical theory and its application in engineering. This disconnect negatively influences their motivation and perception of mathematics's value in their professional development. As part of an interinstitutional research project between the Engineering Faculties of the University of Envigado, the University of Los Andes, and the Pontifical Javeriana University, interviews and focus groups were conducted with faculty and students of calculus courses. The results reveal a lack of alignment between classroom activities and developing key mathematical competencies, such as logical reasoning and problem-solving. Furthermore, assessments are observed to focus on reproducing procedures, which limits the deep understanding and application of concepts.

Deficiencies are identified in fundamental mathematical competencies, including reasoning, problem-solving, communication, modeling, tool use, conceptual understanding, and mathematical reflection. A lack of faculty reflection on teaching and learning processes is also detected, resulting in curricula and methodologies focusing on content rather than competency development.

Given this situation, the question arises: What mathematical competencies should students develop in these courses? This paper presents approaches to these questions based on the specialized literature and research findings.

Finally, teachers' conception of the teaching and learning process is a significant barrier to teaching mathematics in engineering. It is necessary to move toward a model where the teacher acts as a facilitator of learning and students assume an active role in their education. To strengthen mathematical thinking in 21st-century engineering, it is necessary to review the mathematical competencies required in engineering education, promoting deep understanding, creative application, and critical reflection on mathematical concepts.

Keywords *mathematical competencies; mathematical thinking; engineering education; active learning*

1. Introducción

Este trabajo surge en el marco de una investigación colaborativa que se viene desarrollando desde 2023 entre la Institución Universitaria de Envigado, la Universidad de los Andes y la Pontificia Universidad Javeriana, con el propósito de analizar las competencias en los procesos de enseñanza y aprendizaje de los cursos de cálculo y métodos numéricos, dirigidos a estudiantes de ingeniería en la Institución Universitaria de Envigado (IUE). El estudio se motivó por la preocupación compartida frente a los bajos niveles de apropiación conceptual y la escasa conexión entre los contenidos matemáticos y su aplicación en problemas reales en el campo de la ingeniería.

De manera similar a muchas otras instituciones de educación superior los cursos de cálculo diferencial, calculo integral y métodos numéricos en la IUE que hacen parte del plan de estudios de los programas de la Facultad de Ingeniería han sido ofertados mediante un enfoque magistral, estructuradas a partir de la secuencia de contenidos más que de competencias u objetivos de aprendizaje.

A partir del proyecto de investigación se han realizado observaciones de la práctica docente en estos cursos y se identificó que en muchos casos predomina un enfoque tradicional, caracterizado por la exposición de contenidos a través de presentaciones y textos, el desarrollo de ejercicios tipo como estrategia de refuerzo, y una evaluación final escrita. Desde la perspectiva de la didáctica de la matemática, este modelo presenta limitaciones para promover un aprendizaje significativo, al asignar al estudiante un rol predominantemente pasivo y receptivo, se obstaculiza la conexión entre los conceptos matemáticos, las estructuras cognitivas previas del estudiante y su aplicabilidad en contextos disciplinares específicos.

La abstracción inherente a los cursos de cálculo y métodos numéricos, permiten identificar una desconexión entre el conocimiento formal y su aplicación, generando barreras afectivas como la frustración y la desmotivación. Tal como señala Schoenfeld (2020), las creencias y emociones del estudiante inciden de manera significativa en sus procesos de aprendizaje y en su disposición hacia el pensamiento matemático.

La formación de ingenieros en el siglo XXI exige una comprensión y sólida base de las matemáticas, más allá del dominio de algoritmos y procedimientos. Autores como Niss, et al., (2017) subrayan que el aprendizaje matemático debe orientarse al desarrollo de competencias que permitan a los estudiantes comprender, aplicar, comunicar, modelar y razonar matemáticamente en una variedad de contextos. Esta perspectiva contrasta con enfoques tradicionales centrados exclusivamente en la transmisión de contenidos, y plantea la necesidad de concebir las matemáticas como un lenguaje y una herramienta para el pensamiento crítico, la toma de decisiones fundamentadas y el diseño de soluciones sostenibles a problemas complejos.

En este marco, las matemáticas no pueden limitarse a ser una serie de algoritmos o fórmulas aisladas, sino que deben constituirse en un lenguaje que permita pensar críticamente, tomar decisiones fundamentadas y diseñar soluciones sostenibles. Por ello, en el desarrollo del proyecto al introducir propuestas educativas centradas en los estudiantes y con un enfoque más activo y participativo empezó a aparecer un cuestionamiento frente a ¿Qué competencias matemáticas deben desarrollar los estudiantes en estos cursos? En la siguiente sección abordamos la metodología propuesta para dar una respuesta a esta pregunta.

2. Metodología

Este estudio se desarrolló con un enfoque cualitativo y desde una perspectiva crítica y hermenéutica, la cual permite comprender un fenómeno desde la generalidad, pero también en el detalle. Lo anterior hace posible fortalecer y consolidar un discurso válido y pertinente frente a la realidad del tema estudiado (Alvesson, et al., 2009). En este caso, el propósito es identificar y caracterizar las competencias matemáticas que deben desarrollar los estudiantes de ingeniería en los cursos de cálculo y métodos numéricos de la IUE. Por ello, se realizó una revisión para identificar referentes teóricos y de política pública que permitan ampliar el conocimiento disciplinar de los académicos en el área de matemáticas.

En la siguiente sección se presentan los referentes identificados y se analiza su pertinencia para el proyecto que viene desarrollándose.

3. Resultados

3.1. Competencias y pensamiento matemático en la literatura

El desarrollo del pensamiento matemático en estudiantes de ingeniería requiere concepciones más amplias que la mera adquisición de contenidos. En este sentido, las competencias matemáticas se han convertido en un referente clave para orientar los procesos de enseñanza y evaluación en educación superior. Estas competencias integran conocimientos, habilidades, disposiciones y actitudes que permiten enfrentar problemas en contextos diversos, especialmente en áreas como la ingeniería, donde la matemática opera como lenguaje de modelación, predicción y control.

Existen diferentes enfoques y modelos en la literatura, pero coinciden en la necesidad de integrar el pensamiento matemático, la resolución de problemas, la reflexión crítica y la disposición hacia el aprendizaje continuo. La tabla 1 presenta los referentes más relevantes que se identificaron en este proceso. La tabla fue organizada de manera temporal y muestra que desde la década de 1990 este tema ha venido tomando relevancia. En el contexto colombiano, los Lineamientos Curriculares de Matemáticas (MEN, 1998) también reconocen que la formación matemática debe trascender la lógica instrumental y promover procesos de razonamiento, argumentación, comunicación y aplicación funcional del conocimiento, en coherencia con las demandas de una sociedad cambiante.

Los primeros modelos empiezan a elaborar conceptos como "mente matemática", "dimensiones del pensamiento matemático" proponiendo procesos de pensamiento más complejos que solo el dominio de los contenidos matemáticos. Este proceso abre la puerta al concepto de competencia que se desarrollará en la educación sobre la primera década del siglo XXI. Finalmente se identifica que los documentos de Niss (2003, 2019), la OCDE (PISA, 2015), la Unión Europea (2006), y Schoenfeld (2016) plantean que es importante que la educación matemática se oriente al uso, la modelación y la interpretación de los contextos reales, la vida cotidiana, y que no están carentes de actitudes.

En el contexto colombiano esta discusión no ha trascendido la educación básica y media tanto como se propuso en los lineamientos curriculares en 1998. Los resultados de Colombia en pruebas como PISA que utilizan estos referentes se han convertido más en noticias sobre la baja calidad educativa más que en comprender qué no se está enseñando y aprendiendo adecuadamente. Por lo cual no sorprende que las universidades tampoco han venido apropiando y desarrollando estos conceptos y se mantenga la idea de la educción matemática centrada en contenidos y procedimientos.

Tabla 1: Comparación de enfoques sobre competencias matemáticas.

Autor(es) – Año	Tipo de documento	Enfoque teórico	Principales aportes
Schoenfeld, A., 2016 (reedición de 1994)	Libro editado / Capítulo teórico	Cognitivo-metacognitivo	Relevancia de las heurísticas, el control metacognitivo y las creencias. La perseverancia es clave en la competencia matemática.
Cuoco, A. et al., 1996/2003	Artículo (diseño curricular)	Cognitivo-curricular	Introduce los hábitos de mente matemática: conjeturar, abstraer, buscar patrones, etc. Propone que el currículo forme modos de pensar matemáticos.
MEN, 1998	Lineamientos Curriculares de Matemáticas de Colombia/ Marco curricular	Curricular-constructivista	Sustentado en principios constructivistas y en estándares internacionales; fomenta la resolución de problemas, razonamiento y comunicación matemática como ejes del aprendizaje.
Kilpatrick, J. et al., 2001	Informe de investigación (NRC)	Cognitivo-educativo	Cinco dimensiones de la Proficiencia Matemática o competencias: comprensión conceptual, fluidez procedimental, competencia estratégica, razonamiento adaptativo, disposición productiva.

Niss, M. (KOM), 2003/2019	Artículo / Marco teórico	Didáctico-disciplinar Modelo KOM	Ocho competencias: pensamiento, resolución de problemas, modelación, razonamiento, representación, formalismo, comunicación, herramientas.
UE (Parlamento Europeo), 2006	Recomendación / Marco europeo	Político-curricular	Destaca la aplicación del pensamiento lógico y modelos matemáticos en la vida cotidiana.
OCDE (PISA), 2015	Marco de evaluación internacional	Educativo-curricular	Enfatiza en la formulación, uso e interpretación de matemáticas en contextos reales, con integración de conocimientos, habilidades y actitudes.

Tras la revisión de los documentos y su análisis, para el desarrollo del proyecto de investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje en los cursos de cálculo y métodos numéricos de la IUE, elegir el marco propuesto por Niss para orientar las competencias matemáticas resulta especialmente adecuado por las siguientes razones.

En primer lugar, el modelo KOM ofrece una visión estructurada y operativa de ocho competencias que abarcan no solo contenidos, sino procesos matemáticos fundamentales como la modelación, el razonamiento, la representación y la comunicación, aspectos esenciales para el desarrollo integral del pensamiento matemático (Niss, et al., 2019).

En segundo lugar, a diferencia de otros marcos que priorizan el rendimiento o los estándares curriculares, el modelo de Niss se centra en la capacidad del individuo para actuar competentemente en una variedad de situaciones matemáticas, lo cual es coherente con los retos que enfrentan los estudiantes de ingeniería y otras disciplinas aplicadas (Niss, et al., 2017; Jankvist, et al., 2020).
Finalmente, este enfoque ha sido ampliamente adoptado e integrado en marcos internacionales, como en las evaluaciones de PISA, y ha demostrado ser flexible para articularse con otras perspectivas teóricas y contextos educativos, incluyendo los desafíos de la era digital (Geraniou, et al., 2019). La riqueza conceptual y la aplicabilidad del modelo KOM lo convierten en una referencia robusta y fundamentada para definir las competencias matemáticas en el currículo universitario.

3.2. El modelo KOM y la Flor de Competencias de Niss

El modelo propuesto por Niss y sus colaboradores, conocido como KOM (Competencies and the Learning of Mathematics), ha sido ampliamente adoptado en varios países y marcos internacionales, incluyendo PISA y diversos estándares europeos. En este modelo se identifican ocho competencias matemáticas fundamentales: 1. competencia de pensamiento matemático, 2. competencia para plantear y resolver problemas, 3. competencia de modelación matemática, 4. competencia de razonamiento matemático, 5. competencia para la representación matemática, 6. competencia en símbolos y formalismo matemático, 7. competencia de comunicación matemática, 8. competencia en el uso de ayudas y herramientas matemáticas.

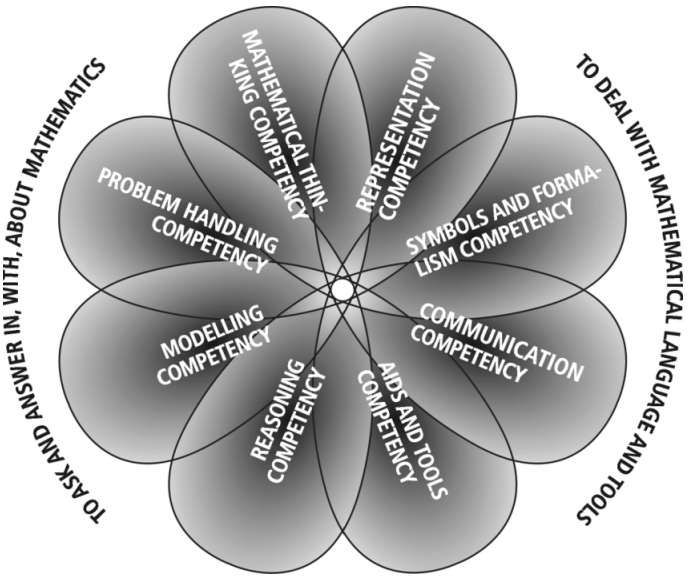

Figura 1. Flor de competencias propuesto por Niss (KOM), (2003/2019).

Estas competencias no se conciben como habilidades aisladas, sino como dimensiones interdependientes que permiten al individuo actuar matemáticamente en distintos contextos. La estructura se suele representar mediante una figura conocida como la Flor de competencias, en la cual cada pétalo simboliza una competencia. Este modelo permite diseñar experiencias de aprendizaje más integrales y evaluar la formación matemática de manera más significativa, superando la visión reduccionista centrada en la ejecución mecánica de algoritmos.

3.3. Competencias adaptadas al contexto IUE

A partir del análisis conceptual y de los hallazgos de este trabajo interinstitucional, con el objetivo de fortalecer el pensamiento matemático en la ingeniería del siglo XXI, se propone que la IUE priorice cinco competencias matemáticas esenciales que han sido adaptadas del modelo de Niss (2013):

- **Modelización matemática**: traducir fenómenos reales a expresiones y modelos matemáticos funcionales.
- **Resolución de problemas**: enfrentar situaciones abiertas, contextualizadas e interdisciplinarias.
- **Razonamiento lógico**: desarrollar la capacidad de justificar, inferir y generalizar.
- **Uso de herramientas tecnológicas**: incorporar software de cálculo, simuladores y entornos digitales.
- **Comunicación matemática**: expresar con claridad ideas, procesos y resultados ante diversos contextos.

Figura 2. Competencias para la IUE.

La modelación favorece la conexión entre fenómenos reales y conceptos matemáticos; el razonamiento lógico estimula la reflexión crítica; la resolución de problemas desarrolla estrategias autónomas; el uso de herramientas tecnológicas facilita la exploración dinámica; y la comunicación matemática impulsa la argumentación y el trabajo colaborativo. Esta priorización potencia experiencias de aprendizaje significativas, contextualizadas y participativas. A diferencia del enfoque tradicional centrado en contenidos, este modelo propone que el desarrollo de dichas competencias oriente el diseño curricular, las prácticas pedagógicas y la evaluación.

4. Hacia un modelo de enseñanza de las matemáticas en ingeniería

Los desafíos identificados en la formación matemática de estudiantes de ingeniería invitan a repensar el enfoque tradicional de enseñanza desde una perspectiva centrada en competencias, comprensión significativa y pertinencia contextual. A partir del proceso que se ha desarrollado en el proyecto de investigación al incluir prácticas más activas y centras en los estudiantes (Castrillon, et al., (2024) y los hallazgos identificados en la sección anterior el grupo de investigación identifica que es importante proponer un modelo de enseñanza para las matemáticas en ingeniería que articulé tres dimensiones clave: (i) competencias matemáticas esenciales, (ii) principios del aprendizaje activo, y (iii) alineación curricular-didáctica. Este modelo busca superar la fragmentación entre contenido, proceso y aplicación, integrando saberes matemáticos con situaciones auténticas de la ingeniería.

5. Conclusiones

Los hallazgos de esta investigación interinstitucional permiten afirmar que el poder oculto de las matemáticas en la ingeniería del siglo XXI no radica únicamente en su capacidad de modelar

sistemas o resolver ecuaciones, sino en su potencial para transformar el pensamiento del futuro ingeniero. Al centrar la formación en las competencias matemáticas esenciales se trasciende el contenido matemático y se aporta al pensamiento crítico, a la resolución de problemas, y a la modelación.

Bajo esta perspectiva, la educación matemática reposiciona su lugar en la formación en ingeniería no por la tradición sino por la importancia de estas competencias al futuro profesional. Los pasos siguientes son generar el modelo articulado y establecer una estrategia que movilice a más profesores en la transformación de su visión de la enseñanza de las matemáticas de manera que el modelo se implemente en la institución.

6. Referencias

- Alvesson, M., & Sköldberg, K. (2009). Reflexive methodology: New vistas for qualitative research (2ª ed.). SAGE Publications.
- Castrillón, D. A., Henao, M., Granados, J. M., León, M. P., & Hernández, C. (2024). Implementación de estrategias de aprendizaje activo en un curso de métodos numéricos en la Institución Universitaria de Envigado. *Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería*. https://doi.org/10.26507/paper.3733
- Cuoco, A., Goldenberg, E. P., & Mark, J. (1996). Habits of mind: An organizing principle for mathematics curricula. Journal of Mathematical Behavior, 15(4), 375–402. https://doi.org/10.1016/S0732-3123(96)90023-1
- Jankvist, U. T., & Niss, M. (2020). *Mathematical competencies in the digital era*. In U. T. Jankvist & E. Geraniou (Eds.), *Mathematical competencies in the digital era* (pp. 1–17). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-10141-0_1
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). Adding it up: Helping children learn mathematics. National Research Council, Mathematics Learning Study Committee. Washington, D.C.: National Academy Press. https://doi.org/10.17226/9822
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (1998). Lineamientos curriculares de matemáticas. Bogotá: MEN. Disponible en: https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340041_recurso_2.pdf
- Niss, M., Bruder, R., Planas, N., Turner, R., Villa-Ochoa, JA (2017). Conceptualización del rol de las competencias, el saber y el conocimiento en la investigación en educación matemática. En: Kaiser, G. (eds.), Actas del 13.° Congreso Internacional de Educación Matemática. Monografías ICME-13. Springer, Cham. 2(11) 235-248 https://doi.org/10.1007/978-3-319-62597-3_15
- Niss, M., & Højgaard, T. (2019). Mathematical competencies revisited. Educational Studies in Mathematics, 102, 9–28. https://doi.org/10.1007/s10649-019-09903-9
- OCDE. (2015). Draft framework for the PISA 2015 mathematics assessment. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Disponible en: https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft-Framework-for-the-PISA-2015-Mathematics-Assessment.pdf
- Schoenfeld, A. H. (2016). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. Journal of Education, 196(2), 1–38. https://doi.org/10.1177/002205741619600202
- Schoenfeld, A. H. (2020). Reframing teacher knowledge: A research and development agenda. *ZDM – Mathematics Education, 52*(2), 359–376. https://doi.org/10.1007/s11858-019-01057-5
- Unión Europea. Parlamento Europeo & Consejo de la Unión Europea. (2006). Recomendación sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente. Diario Oficial de la Unión Europea,

L394/10. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=EN

Sobre los Autores

- **Diego Alejandro Castrillón Osorio:** Licenciado en Educación Básica con énfasis en Matemáticas, Magíster en Enseñanza de las Matemáticas de la Universidad de Antioquia. Profesor de la Institución Universitaria de Envigado. dacastrillon@correo.iue.edu.co
- **Julián Mauricio Granados Morales:** Licenciado en Matemáticas y Física, Magíster en Ciencias-Matemáticas, Doctor en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana. Profesor titular, Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria de Envigado. jmgranados@correo.iue.edu.co
- **María Patricia León Neira:** Ingeniera Civil, Magíster en Ingeniería Civil, Estudiante de Doctorado en Ingeniería de la Universidad de los Andes. Profesora Asistente, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana. ma-leon@uniandes.edu.co
- **Carola Hernández Hernández:** Física, Magíster en Educación, Magíster en Ciencias-Física, Doctora en Tecnología y Ciencia de la Universidad de Aalborg. Profesora Asociada, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes. c-hernan@uniandes.edu.co

---

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)