

Microsimulaciones interactivas como herramienta pedagógica en la enseñanza de mecánica de sólidos

Jaime Andrés Vélez Zea, Adriana Gómez Gómez

**Pontificia Universidad Javeriana
Cali, Colombia**

Resumen

El presente artículo aborda la implementación de una plataforma web interactiva de microsimulaciones para la enseñanza de mecánica de sólidos, desarrollada con Python y orientada a estudiantes de ingeniería. Esta herramienta educativa responde a los desafíos persistentes en la comprensión de conceptos abstractos en fenómenos mecánicos como torsión, tracción, flexión entre otros. A diferencia del paradigma tradicional que requiere software especializado de alto costo, matemáticas avanzadas o equipos de última generación para la simulación en ingeniería, este trabajo propone un enfoque de "microsimulaciones" ligeras y accesibles desarrolladas con lenguajes de programación ampliamente disponibles como Python y herramientas para compartir aplicaciones online como Streamlit. Este enfoque democratiza tanto el uso como el desarrollo de recursos educativos interactivos, permitiendo que las instituciones puedan implementar laboratorios virtuales efectivos sin requerir grandes inversiones en recursos materiales o personales. La investigación parte de la necesidad de complementar la enseñanza teórica con experiencias prácticas que permitan visualizar procesos mecánicos internos, ordinariamente invisibles para los estudiantes. La plataforma desarrollada opera como un laboratorio virtual que permite la manipulación de parámetros en tiempo real, generando una comprensión inmediata de relaciones causa-efecto en el comportamiento de los materiales bajo diversas condiciones de carga. Metodológicamente, el piloto consiste en cinco módulos principales: (1) simulador de torsión para el análisis de esfuerzos cortantes en elementos sometidos a momento torsor; (2) simulador de tracción que visualiza el comportamiento elástico-plástico y construye diagramas esfuerzo-deformación; (3) simulador de flexión que analiza distribuciones de esfuerzo y deformaciones en vigas; (4) generador de indeterminaciones que resuelve sistemas hiperestáticos mediante métodos de compatibilidad y superposición; y (5) Constructor de círculos de Mohr. Los simuladores están siendo validados mediante comparación con soluciones analíticas y software comercial, confirmando su precisión para aplicaciones educativas. La arquitectura modular del sistema permite su expansión futura y actualización según necesidades curriculares específicas. El artículo propone un plan de implementación en cursos de Mecánica de Sólidos, con una metodología de evaluación

que permitirá medir: (a) cambios en la comprensión conceptual a través de evaluaciones comparativas; (b) impacto en la motivación estudiantil mediante encuestas estructuradas; y (c) desarrollo de intuición ingenieril, al permitir a los estudiantes explorar escenarios extremos o casos límite difíciles de reproducir en laboratorios físicos. El artículo detalla también las estrategias pedagógicas implementadas, entre ellas: ejercicios guiados de descubrimiento, proyectos de análisis paramétrico, y actividades de diseño basadas en simulaciones. Se discute cómo estas microsimulaciones constituyen un puente efectivo entre los fundamentos matemáticos abstractos y sus aplicaciones prácticas en ingeniería. Este proyecto representa un aporte a la modernización de la enseñanza en ingeniería mecánica, democratizando el acceso a experiencias prácticas y fomentando un aprendizaje más profundo e intuitivo de los principios fundamentales de la mecánica de sólidos.

Palabras clave: microsimulaciones; mecánica de sólidos; enseñanza en ingeniería; aprendizaje interactivo; Python; visualización científica

Abstract

This article addresses the implementation of an interactive web platform of microsimulations for teaching solid mechanics, developed with Python and aimed at engineering students. This educational tool responds to the persistent challenges in understanding abstract concepts in mechanical phenomena such as torsion, tension, bending, among others. Unlike the traditional paradigm that requires high-cost specialized software, advanced mathematics, or state-of-the-art equipment for engineering simulation, this work proposes an approach of lightweight and accessible "microsimulations" developed with widely available programming languages like Python and tools for sharing applications online such as Streamlit. This approach democratizes both the use and development of interactive educational resources, allowing institutions to implement effective virtual laboratories without requiring large investments in material or personnel resources. The research stems from the need to complement theoretical teaching with practical experiences that allow visualization of internal mechanical processes, ordinarily invisible to students. The developed platform operates as a virtual laboratory that allows real-time manipulation of parameters, generating an immediate understanding of cause-effect relationships in the behavior of materials under various loading conditions. Methodologically, the pilot consists of four main modules: (1) a torsion simulator for analyzing shear stresses in elements subjected to torsional moment; (2) a tension simulator that visualizes elastic-plastic behavior and constructs stress-strain diagrams; (3) a bending simulator that analyzes stress distributions and deformations in beams; (4) an indeterminacy generator that solves hyperstatic systems using compatibility and superposition methods; and (5) a Mohr circle constructor. The simulators are being validated through comparison with analytical solutions and commercial software, confirming their accuracy for educational applications. The modular architecture of the system allows for future expansion and updating according to specific curricular needs. The article proposes an implementation plan in Solid Mechanics courses, with an evaluation methodology that will measure: (a) changes in conceptual understanding through comparative assessments; (b) impact on student motivation through structured surveys; and (c) development of engineering intuition, by allowing students to explore extreme scenarios or limit cases difficult to reproduce in physical laboratories. The article also details the implemented



pedagogical strategies, including: guided discovery exercises, parametric analysis projects, and simulation-based design activities. It discusses how these microsimulations constitute an effective bridge between abstract mathematical foundations and their practical applications in engineering. This project represents a contribution to the modernization of teaching in mechanical engineering, democratizing access to practical experiences and fostering a deeper and more intuitive learning of the fundamental principles of solid mechanics.

Keywords: *microsimulations; solid mechanics; engineering education; interactive learning; Python; scientific visualization*

1. Introducción

La enseñanza de la mecánica de sólidos es un pilar fundamental en la formación de ingenieros, sin embargo, presenta desafíos pedagógicos considerables, debido que los estudiantes a menudo enfrentan dificultades en la comprensión de conceptos abstractos inherentes a fenómenos como la torsión, tracción y flexión. Los métodos de enseñanza convencionales, frecuentemente basados en representaciones matemáticas abstractas y diagramas estáticos, pueden resultar insuficientes para que los estudiantes visualicen y comprendan cabalmente los procesos mecánicos internos, los cuales son intrínsecamente invisible. Esta dificultad se ve agravada por la dependencia tradicional de software de simulación especializado, que suele ser de alto costo, alta complejidad, requiere hardware potente, y un conocimiento avanzado para crear los escenarios requeridos, limitando el acceso a experiencias prácticas interactivas.

En la búsqueda de estrategias pedagógicas que ayuden a la comprensión por parte de los estudiantes de conceptos abstractos es importante tener en cuenta que existen diferentes estilos de aprendizaje. Felder y Silverman (Felder & Silverman, 1988), por ejemplo, mencionan que existen grandes diferencias entre los estilos de aprendizaje comunes de los estudiantes de ingeniería y los estilos tradicionales de enseñanza de sus profesores, lo que causa que los estudiantes se sientan aburridos en clase, tengan un desempeño bajo en las notas y, en consecuencia: abandonen los cursos debido a la frustración, se cambien de programa académico y hasta puedan abandonar la universidad. Mecánica de Sólidos es una de las asignaturas, junto con Estática, que presentan históricamente un alto porcentaje de no culminación (hasta del 58% en Mecánica de Sólidos y 70% en Estática), ya sea porque la cancelan o porque la reprueban. De ahí la importancia de encontrar estrategias didácticas adecuadas para evitar que los estudiantes abandonen los cursos, enfocándose en actividades en clase que despierten su interés, y a su vez, promuevan un aprendizaje más efectivo.

Las estrategias didácticas se definen como: “procedimientos que el docente utiliza de manera reflexiva y flexible para promover el logro de sus aprendizajes en los estudiantes” (Botina Martínez, 2015). Deben ir encaminadas a promover el aprendizaje efectivo del estudiante, para encontrar aquellas más eficaces es importante comenzar por conocer los estilos de aprendizaje de los estudiantes. Felder y Silverman propusieron un modelo para estudiantes de ingeniería en el que definieron cuatro dimensiones, siendo que dentro de cada una hay dos estilos de aprendizaje:

- La primera dimensión se refiere a la preferencia para procesar la información, que puede ser mediante experimentación (activo) o mediante la reflexión interior (reflexiva).
- La segunda dimensión se relaciona con la forma de percibir el mundo, que puede ser ya sea por medio de la especulación y la imaginación (intuitiva), o por la observación de los hechos y datos (sensitiva).
- La tercera dimensión es el canal sensorial para recibir la información, que puede ser mediante la observación de gráficos, diagramas, símbolos, etc (visual), o por medio de lo que escucha (verbal).
- La última dimensión tiene que ver con forma de procesar el aprendizaje, que puede ser mediante el estudio del material en un orden lógico, comenzando de lo simple hasta llegar a lo complejo (secuencial), o saltando directamente a lo complejo (global).

Investigaciones muestran que estudiantes de Ingeniería Civil (Solis Carcaño & Arcudia Abad, 2010) e Ingeniería Mecánica (Gómez Gómez, 2023), programas en los que se cursa Mecánica de Sólidos, muestran preferencia hacia el aprendizaje activo, sensitivo, visual y secuencial. Estos resultados implican que la mayoría de los estudiantes:

- Procesan la información mejor mediante experimentación activa, es decir, haciendo algo con la información en lugar de reflexionar.
- Perciben la información de forma sensorial o a través de los sentidos en lugar de hacerlo por vía inconsciente, por lo tanto, prefieren los datos, los hechos y la experimentación, en lugar de la especulación.
- Reciben la información visualmente, o sea, recuerdan mejor lo que ven en películas, fotos, líneas de tiempo, gráficos y diagramas.
- Procesan el aprendizaje secuencialmente, es decir, prefieren que les presenten el material en un orden progresivo. Aprenden mejor si se comienza con lo simple, y se va avanzando progresivamente hacia lo más complejo.

Por lo tanto, actividades que favorezcan estos estilos de aprendizaje, podrían resultar beneficiosas para los estudiantes, teniendo en cuenta que tampoco se puede hacer énfasis únicamente en la mayoría de los estudiantes y olvidar a los demás, así que las actividades deben ir pensadas para todos los estilos de aprendizaje.

En la Tabla 1 se presenta una lista de actividades más idóneas para las personas con estilos de aprendizaje preponderantes entre los estudiantes del curso.

Tabla 1. Descripción de las actividades más idóneas para los individuos pertenecientes a los diferentes estilos de aprendizaje (Marcos, *et al.*, 2021) (Ventura, *et al.*, 2014).

Dimensión/Percepción	Actividades afines
Procesamiento/Activo	Trabajos cooperativos/colaborativos, lluvia de ideas, resolución de problemas, juegos de rol, trabajos de investigación práctica, plataformas educativas, juegos y simulaciones, diseño de proyectos y desarrollos de sistemas, salidas de campo, construcción de maquetas.
Percepción/Sensitivo	Aprendizaje basado en problemas, exposiciones en pequeños grupos, ejemplificaciones próximas a lo real, simulaciones, uso de elementos concretos, talleres didácticos y clases prácticas y/o expositivas, visitas virtuales.



Representación/Visual	Mapas conceptuales, mapas mentales, tablas o cuadros, diagramas de flujo, gráficos con colores realizados individualmente, demostraciones, líneas de tiempo, películas, actividades con tabletas en laboratorio o clase, sistemas mnemotécnicos, salidas de campo, uso de maquetas, visitas virtuales, juegos y simulaciones.
Comprensión/Secuencial	Asignar tareas para que trabajen fuera de clase y que permitan a los estudiantes practicar los métodos que han revisado en la clase, V de Gowin. Uso de ejercicios tipo: Portafolio. esquemas y resúmenes (todo lo que sea recapitulación).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, las microsimulaciones interactivas emergen como una herramienta pedagógica prometedora, que favorece los estilos de aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería (Negahban, 2024). Al proporcionar experiencias de aprendizaje experienciales, sensoriales y visuales, estas simulaciones facilitan la comprensión de conceptos abstractos, haciéndolos más tangibles. Permiten a los estudiantes manipular variables clave en tiempo real y observar de forma inmediata las consecuencias en el comportamiento de los materiales, fomentando una comprensión intuitiva de las relaciones causa-efecto.

Particularmente, este trabajo presenta el desarrollo e implementación de una plataforma web interactiva, diseñada específicamente para la enseñanza de la mecánica de sólidos a estudiantes de ingeniería. Se adopta un enfoque de "microsimulaciones" ligeras y accesibles, desarrolladas utilizando Python, un lenguaje de programación versátil y ampliamente adoptado en la comunidad científica y de ingeniería, y Streamlit, un marco de trabajo que facilita la creación y despliegue de aplicaciones web interactivas. Este enfoque busca democratizar tanto el uso como la creación de recursos educativos interactivos, permitiendo a las instituciones implementar laboratorios virtuales efectivos sin incurrir en grandes inversiones.

El objetivo principal de este artículo es describir la plataforma desarrollada, detallar los módulos de simulación implementados, discutir las estrategias pedagógicas asociadas y presentar un plan para su validación e integración curricular. Se argumenta que esta herramienta puede representar un aporte a la modernización de la enseñanza de la ingeniería mecánica, al tender un puente entre la teoría abstracta y la aplicación práctica y fomentar un aprendizaje más profundo e intuitivo.

2. Metodología y Desarrollo de la Plataforma

La metodología se centró en el desarrollo de "microsimulaciones": simulaciones conceptualmente enfocadas, computacionalmente ligeras y accesibles, diseñadas para ilustrar principios fundamentales específicos de la mecánica de sólidos. Este enfoque busca superar las barreras asociadas al software de simulación comercial tradicional, a menudo complejo y de alto costo.

Para la construcción de la plataforma se emplearon tecnologías de código abierto, priorizando la accesibilidad y la facilidad de desarrollo y despliegue. Se seleccionó Python (Van Rossum, 2009) como lenguaje de programación principal, aprovechando su sintaxis clara y su robusto ecosistema de bibliotecas científicas, como NumPy (Harris, 2020) para operaciones numéricas eficientes y Matplotlib (Hunter, 2007) para la generación de gráficos. La interfaz de usuario web interactiva se desarrolló utilizando Streamlit (Streamlit Inc., 2023), un marco de trabajo que permite



transformar scripts de Python en aplicaciones web dinámicas y compatibles con relativa sencillez, minimizando la necesidad de conocimientos avanzados en desarrollo web.

La plataforma se diseñó siguiendo una arquitectura de software modular para promover la mantenibilidad y escalabilidad. Cada fenómeno mecánico (torsión, tracción, etc.) se implementa como un módulo independiente que encapsula la lógica de cálculo específica y las rutinas de visualización correspondientes, interactuando con la interfaz de usuario gestionada por Streamlit. Esta estructura modular no solo facilita la actualización y corrección de componentes individuales, sino que también abre la puerta a futuras expansiones con nuevos simuladores.

Se destaca que, al ser una aplicación web basada en Streamlit, la plataforma resulta altamente accesible. Los estudiantes y docentes pueden interactuar con las microsimulaciones directamente desde un navegador web estándar en diversos dispositivos (computadoras de escritorio, portátiles, tabletas e incluso celulares, ver Figura 1), sin requerir la instalación de software especializado. Adicionalmente, al estar almacenado en un repositorio abierto, cualquier miembro de la comunidad puede descargarlo y añadir o reconfigurar el código según su preferencia.



Figura 1. a. Página principal, b. Ejemplo de aplicación

3. Estrategias Pedagógicas y Plan de Implementación

La efectividad de las microsimulaciones no reside únicamente en la herramienta tecnológica, sino en su integración dentro de estrategias pedagógicas activas que fomenten el aprendizaje significativo. Se proponen las siguientes estrategias para incorporar la plataforma en cursos de Mecánica de Sólidos:

- Ejercicios Guiados de Descubrimiento: Utilizar las simulaciones para que los estudiantes exploren relaciones causa-efecto de forma guiada. Por ejemplo, investigar cómo afecta el cambio del diámetro de un eje a su resistencia torsional o cómo diferentes condiciones de apoyo modifican la deflexión de una viga. Este enfoque promueve el aprendizaje basado en la indagación.

- **Proyectos de Análisis Paramétrico:** Asignar pequeños proyectos donde los estudiantes deban utilizar los simuladores para realizar análisis paramétricos sistemáticos, estudiando la influencia de múltiples variables en el comportamiento mecánico y presentando sus conclusiones. Esto desarrolla habilidades de análisis y resolución de problemas.
- **Actividades de Diseño Basadas en Simulaciones:** Plantear problemas de diseño simplificados donde los estudiantes utilicen los simuladores para iterar y evaluar diferentes soluciones. Por ejemplo, dimensionar una viga para que no exceda una deflexión máxima bajo ciertas cargas.
- **Complemento a Clases Teóricas y Laboratorios Físicos:** Utilizar las simulaciones durante las clases para ilustrar conceptos abstractos explicados teóricamente, o como pre-laboratorios para que los estudiantes exploren virtualmente los fenómenos antes de realizar experimentos físicos, o como post-laboratorios para comparar resultados experimentales con los simulados.

4. Plan de Implementación y Evaluación

Se propone un plan piloto para implementar la plataforma en cursos regulares de Mecánica de Sólidos. La evaluación de su impacto se realizará mediante una metodología mixta:

Comprensión Conceptual: Se realizarán evaluaciones comparativas (pre-test y post-test) entre grupos de estudiantes que utilicen la plataforma y grupos de control que sigan métodos tradicionales, para medir cambios en la comprensión de conceptos clave. Se analizarán los resultados de exámenes y problemas específicos.

Motivación e Interés: Se aplicarán encuestas estructuradas (ej. tipo Likert) y posiblemente grupos focales para medir la percepción de los estudiantes sobre la utilidad de la herramienta, su facilidad de uso y su impacto en la motivación y el interés hacia la asignatura.

Desarrollo de Intuición Ingenieril: Se evaluará cualitativamente la capacidad de los estudiantes para predecir comportamientos mecánicos, analizar escenarios límite o hipotéticos (difíciles de replicar físicamente) y justificar sus razonamientos, posiblemente a través de problemas abiertos o entrevistas.

Los resultados de esta evaluación servirán para refinar tanto la plataforma como las estrategias pedagógicas de integración.

5. Validación de los Simuladores

La validación es un paso crucial para asegurar la fiabilidad y precisión de las simulaciones con fines educativos. Es fundamental garantizar que los modelos matemáticos implementados (las "ecuaciones correctas") y su resolución numérica (resolver las ecuaciones "correctamente") representen adecuadamente los fenómenos físicos dentro del dominio de aplicación previsto.

Los simuladores desarrollados en esta plataforma están siendo sometidos a un proceso de validación riguroso. La principal estrategia de validación consiste en la comparación de los resultados obtenidos por las microsimulaciones con soluciones analíticas conocidas. Para casos donde existen soluciones teóricas exactas (ej. torsión de ejes circulares, flexión de vigas con cargas simples), se comparan los resultados numéricos del simulador con los valores analíticos.

Los resultados preliminares de esta validación confirman la precisión de los simuladores para su uso en aplicaciones educativas, donde el objetivo principal es la comprensión conceptual y la visualización de tendencias, más que la obtención de resultados de altísima precisión para diseño ingenieril crítico. Se busca asegurar que las simulaciones reflejen correctamente las relaciones causa-efecto y los principios fundamentales de la mecánica de sólidos.

Además, se contempla la revisión por pares expertos (otros docentes del área) como parte del proceso de validación cualitativa, asegurando la pertinencia pedagógica y la correcta representación de los conceptos.

6. Discusión: Ventajas Pedagógicas y Marco Teórico

La adopción de microsimulaciones interactivas en la enseñanza de la mecánica de sólidos ofrece múltiples ventajas pedagógicas, abordando directamente las dificultades tradicionales asociadas a esta disciplina, por ejemplo, el acceso a laboratorios físicos (Lizbeth, Salas Reyes, & García Robledo, 2022).

La naturaleza abstracta de conceptos como esfuerzo, deformación, y la complejidad de fenómenos como la torsión o la flexión, se vuelven más accesibles cuando los estudiantes pueden visualizar los procesos internos y manipular variables (Rosli, 2024). Las simulaciones actúan como un "laboratorio virtual" donde lo invisible se hace visible, permitiendo observar cómo se distribuyen los esfuerzos dentro de un material o cómo se deforma una estructura bajo carga. Esto fomenta una comprensión más profunda e intuitiva que complementa las derivaciones matemáticas.

En el contexto del aprendizaje, las simulaciones promueven un rol activo del estudiante, que pasa de ser un receptor pasivo de información a un explorador que experimenta, prueba hipótesis y descubre relaciones por sí mismo. La interactividad inherente y la retroalimentación visual inmediata aumentan la participación y la motivación, haciendo el aprendizaje más atractivo y memorable en comparación con métodos puramente teóricos o basados en representaciones estáticas.

Más allá de la comprensión conceptual, el uso de simulaciones contribuye al desarrollo de habilidades prácticas relevantes para la ingeniería, como la capacidad de análisis, la resolución de problemas y la interpretación de resultados. Permiten explorar una gama más amplia de escenarios y parámetros (incluyendo casos límite o fallos) de forma segura y eficiente, algo que a menudo es costoso, peligroso o imposible en un laboratorio físico.

El enfoque basado en Python y Streamlit reduce significativamente las barreras de acceso a herramientas de simulación avanzadas. Al ser de código abierto y ejecutarse en hardware estándar a través de un navegador web, estas microsimulaciones pueden ser utilizadas por un mayor número

de estudiantes e instituciones, independientemente de sus recursos económicos para licencias de software o equipos de laboratorio especializados.

Marco Teórico del Aprendizaje: La efectividad pedagógica de estas simulaciones se puede entender a través de varias teorías del aprendizaje. La Teoría del Aprendizaje Experiencial de Kolb es particularmente relevante, ya que las simulaciones proporcionan la "experiencia concreta" que inicia el ciclo de aprendizaje (observación reflexiva, conceptualización abstracta, experimentación activa). Asimismo, se alinean con el Constructivismo, que postula que los estudiantes construyen activamente su conocimiento a través de la interacción con su entorno; en este caso, el entorno virtual interactivo proporcionado por la simulación. Otras teorías como el procesamiento de la información y la autodeterminación también ayudan a explicar cómo las simulaciones facilitan la cognición y la motivación.

7. Conclusiones

Las microsimulaciones interactivas se presentan como una herramienta pedagógica de gran valor para afrontar los retos persistentes en la enseñanza y el aprendizaje de la mecánica de sólidos en ingeniería. La plataforma web desarrollada, utilizando Python y Streamlit, ofrece un entorno accesible y dinámico donde los estudiantes pueden visualizar fenómenos complejos, manipular parámetros clave y obtener una comprensión más intuitiva de los principios fundamentales. El enfoque de "microsimulaciones" ligeras y modulares, construidas con herramientas de código abierto, representa una alternativa viable y costo-efectiva frente al software comercial tradicional, democratizando el acceso a experiencias de aprendizaje práctico basadas en simulación. Los módulos implementados (Torsión, Tracción, Flexión, Indeterminaciones, Círculo de Mohr) cubren temas centrales del currículo y están diseñados para integrarse fácilmente en diversas estrategias pedagógicas activas.

Se argumenta que estas herramientas actúan como un puente efectivo entre la abstracción matemática y la realidad física de los fenómenos mecánicos, fomentando no solo la comprensión conceptual sino también el desarrollo de la intuición ingenieril. La validación en curso mediante comparación con soluciones analíticas y software comercial busca asegurar la fiabilidad de los simuladores para su propósito educativo.

La integración planificada de esta plataforma en cursos de mecánica de sólidos, junto con una evaluación sistemática de su impacto, permitirá recoger evidencia sobre su efectividad y guiar futuras mejoras. Este proyecto contribuye a la modernización de la educación en ingeniería, promoviendo un aprendizaje más activo, visual y significativo de una disciplina fundamental, mientras fomenta una cultura de colaboración, compartición de recursos y creación colectiva de conocimiento.

8. Referencias

- Botina Martínez, J. V. (2015). Estrategias didácticas de las matemáticas, en el desarrollo de conocimiento crítico y creativo. Manizales. Consultado el 11 de abril de 2025 en <https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/1043/3/JAIRZIHNO%20VLADIMIR%20BOTINA%20MARTINEZ.pdf>
- Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and Teaching Styles. *Engineering Education*, pp. 674-681.
- Gómez Gómez, A. (2023). Estrategia didáctica para el aprendizaje de las áreas de la Ingeniería Mecánica y su relación con el ejercicio de la profesión. *Memorias de EIEI Acofi 2023*. Cartagena de Indias. <https://doi.org/10.26507/paper.3093>
- Harris, C. R. (2020). Array programming with NumPy. *Nature*, pp. 357–362. doi: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>
- Hunter, J. D. (2007). Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in Science & Engineering*, pp. 90–95. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>
- Lizbeth, Á. Á., Salas Reyes, E. A., & García Robledo, J. F. (2022). Uso de un simulador de pruebas mecánicas como herramienta didáctica en la carrera de Ingeniería química metalúrgica. *Tendencias en docencia e investigación en química 2022*, pp. 82-91.
- Marcos Salas, B., Alarcón Martínez, V., Serrano Amarilla, N., Cuetos Revuelta, M. J., & Manzanal Martínez, A. (2021). Aplicación de los estilos de enseñanza según del modelo de Felder Silverman para el desarrollo de competencias clave en la práctica docente. *Tendencias pedagógicas*, Vol. 37, pp. 104-120. doi: <https://doi.org/10.15366/tp2021.37.009>
- Negahban A. (2024) Simulation in engineering education: The transition from physical experimentation to digital immersive simulated environments. *SIMULATION*.;100(7):695-708. doi: <https://doi.org/10.1177/00375497241229757>
- Rosli, R., & Ishak, N. A. (2024). Integration of Virtual Labs in Science Education: A Systematic Literature Review. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia*, 14(1), 81–103. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol14.1.8.2024>
- Solis Carcaño, R. G., & Arcudia Abad, C. E. (2010). Estilos de aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Civil. *Educación en Ingeniería*, Vol. 10, pp. 24-36.
- Streamlit Inc. (2023). Streamlit Documentation. Consultado el 11 de abril de 2025 en Streamlit: <https://docs.streamlit.io/>.
- Van Rossum, G. &. (2009). Python 3 Reference Manual. CreateSpace. Consultado el 11 de abril de 2025 en <https://www.python.org>.
- Ventura, A. C., Palou, I., Széliga, C., & Angelone, L. (2014). Estilos de aprendizaje y enseñanza en ingeniería: una propuesta de educación adaptativa para primer año. *Educación en Ingeniería*, Vol. 9. No. 18, pp. 178-189.

Sobre los autores

- **Jaime Andrés Vélez Zea:** Ingeniero Mecánico, Máster en Ingeniería de la Universidad Nacional. Profesor Asistente en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. jaimea.velez@javerianacali.edu.co
- **Adriana Gómez Gómez:** Ingeniera Mecánica. Doctora en Ingeniería Metalúrgica y de Materiales de la Universidad de Sao Paulo. Profesora Titular y directora del programa de Ingeniería Mecánica en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. adrianagomez@javerianacali.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)