

Didáctica de enseñanza de la física mecánica en los programas de ingeniería en los contextos universitarios: Tendencias educativas a nivel global

Didactics of teaching mechanical physics in engineering programs in university contexts: global educational trends

Javier Antonio Contreras Grijalba¹, Angela Viviana Gómez Azuero²

¹ Mg. Docencia Universitaria, Universidad Mariana, Código ORCID: 0000-0002-9262-9214, Correo institucional: jacontreras@umariana.edu.co.

² Doctora en Ciencias - Física, Universidad Mariana, Código ORCID: 0000-0002-8635-0460, Correo institucional: avgomez@umariana.edu.co

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Received: 29 Dec 2024

Revised: 15 Feb 2025

Accepted: 24 Feb 2025

Objective. The teaching of mechanical physics in engineering programs currently faces the challenge of connecting theoretical concepts with practical applications and fostering deep understanding in those aspiring to develop these activities in a relevant and professional manner. Therefore, the objective of this research focused on identifying innovative educational trends that seek to improve didactics in this field in order to foster greater knowledge, innovation and creativity in related areas. Methodology. This article conducted a systematic literature review to identify trends, patterns, advances and relevant theoretical frameworks in the didactics of teaching mechanical physics in engineering programs globally. Results. An exhaustive search was developed in databases such as Scopus and Web of Science using specific keywords, which facilitated the compilation of advances, studies and analyses related to the variables taken for the development of this paper. Conclusions. The selected articles were analyzed to extract information on pedagogical approaches, teaching methodologies, use of technologies and learning assessment, facilitating the individualization of emerging lines such as: Use of simulators, Apps, STEAM Education and 3D Printing.

Keywords: Mechanical physics, engineering, didactics, teaching, learning, higher education.

INTRODUCTION

La educación superior en su rol fundamental de formar profesionales capaces de enfrentar los retos del mundo contemporáneo ha sido objeto de constante evolución y transformación. En este escenario la didáctica entendida como el arte y la ciencia de enseñar, emerge como un pilar crucial para garantizar la calidad y la pertinencia de los procesos de instrucción y aprendizaje [1]. Particularmente, en el ámbito de la ingeniería donde la aplicación práctica de conocimientos teóricos es esencial la didáctica adquiere una relevancia aún mayor [2].

La ingeniería como disciplina ligada a la innovación y el desarrollo tecnológico, requiere de profesionales con sólidas bases conceptuales y habilidades prácticas que les permitan diseñar, construir y optimizar soluciones a problemas complejos [3]. La física mecánica como piedra angular de la formación en ingeniería proporciona el marco teórico necesario para comprender el comportamiento de los sistemas físicos (dinámica, estática, cinemática y fluidos, entre otros) y aplicar estos conocimientos en el diseño de estructuras, máquinas, equipos y procesos [4]. Sin embargo, la enseñanza de la física mecánica a menudo percibida como abstracta y desafiante presenta un reto considerable para docentes y estudiantes.

En este sentido la didáctica de la enseñanza de la física mecánica se erige como un campo de investigación crucial para mejorar la comprensión y el aprendizaje de esta disciplina fundamental, para el ejercicio de los profesionales en

esta área del conocimiento. La adopción de enfoques pedagógicos innovadores, el uso de tecnologías educativas y la implementación de estrategias de evaluación efectivas son elementos clave para potenciar la formación de ingenieros competentes que puedan responder de manera idónea a las exigencias crecientes de la sociedad actual [5].

La didáctica concebida desde una visión conceptual como el conjunto de estrategias y métodos que guían la enseñanza y el aprendizaje, ha sido objeto de investigaciones constantes en los contextos de la educación superior [6]. Diversos estudios han demostrado la influencia directa de la didáctica en la calidad de la formación profesional. En este sentido, la adopción de enfoques de enseñanza centrados en el estudiante que promuevan la participación creativa, el pensamiento crítico y la resolución de problemas, se han convertido en una tendencia predominante en diferentes escenarios educativos a nivel global [7].

La implementación de metodologías activas de aprendizaje tales como: el aprendizaje basado en proyectos (ABP), el aprendizaje colaborativo (AC) y el aprendizaje basado en problemas (ABPB) han demostrado ser efectivas para mejorar la comprensión y retención de conocimientos; así como para desarrollar habilidades transversales como la comunicación, el trabajo en equipo y la creatividad [8]. Asimismo, el uso de tecnologías educativas con soporte en simuladores, laboratorios virtuales y plataformas de aprendizaje en línea ofrecen nuevas oportunidades para enriquecer la experiencia de aprendizaje y fomentar la motivación de los estudiantes [9].

Entre tanto, la física mecánica como base esencial en el proceso instruccional de los ingenieros, proporciona los lineamientos requeridos para comprender las nociones esenciales que facilitan el ejercicio disciplinar en el campo ingenieril [10]. Sin embargo, la enseñanza de estos principios fundamentales puede generar exigencias considerables que se relacionan con la abstracción de las bases teóricas, la complejidad matemática y la falta de conexión con aplicaciones prácticas que pueden promover una comprensión eficiente y el aprendizaje solvente por parte de los estudiantes en proceso de formación [11].

Para superar los retos enunciados, se hace indispensable la implementación de estrategias pedagógicas que promuevan una mayor disposición y dinámica al interior de las aulas, la contextualización de los conceptos y la conexión con situaciones reales que promuevan procesos cognitivos a largo plazo [12]. La recreación de casos prácticos, el desarrollo de experimentos en laboratorios mediados con TIC, la integración de aplicativos y recursos didácticos pueden ayudar a los estudiantes a visualizar y comprender los principios fundamentales de la física mecánica de forma más innovadora y cercana a los ámbitos de acción que luego experimentarán en el campo laboral [13].

Por lo descrito hasta este apartado, y con apoyo de la revisión sistemática como herramienta de análisis de literatura, se explorará la producción científica disponible en bases de datos de corriente principal con referencia a la didáctica de la física mecánica en los entornos de enseñanza de la ingeniería, para analizar los avances y aportes de investigaciones dadas a conocer en la década reciente y observar las tendencias que puedan ser replicables en el ámbito de la educación superior en Colombia.

OBJECTIVES

La enseñanza de la física mecánica en programas de ingeniería enfrenta en la actualidad el desafío de conectar los conceptos teóricos con aplicaciones prácticas y fomentar la comprensión profunda en los aspirantes a desarrollar estas actividades de manera relevante y profesional. Por lo enunciado, el objetivo de esta investigación se centró en identificar las tendencias educativas innovadoras que buscan mejorar la didáctica en este campo para propiciar mayor conocimiento, innovación y creatividad en las áreas relacionadas.

METHODS

Para el desarrollo de la revisión sistemática se aplicó el método PRISMA, reconocido en los entornos científicos y académicos como una herramienta que facilita el análisis de la producción científica a partir de ítems que facilitan la estandarización de los parámetros de elegibilidad, la gestión de los sesgos, los procesos de profundización y la comparabilidad, para así poder disponer de información valiosa y contributiva en un área de investigación específica [14]. Con base en lo anterior se procedió con el diseño de los criterios de inclusión, la definición de keywords y las fases de exploración y selección de literatura, de tal manera, que se lograra dar alcance al objetivo planteado

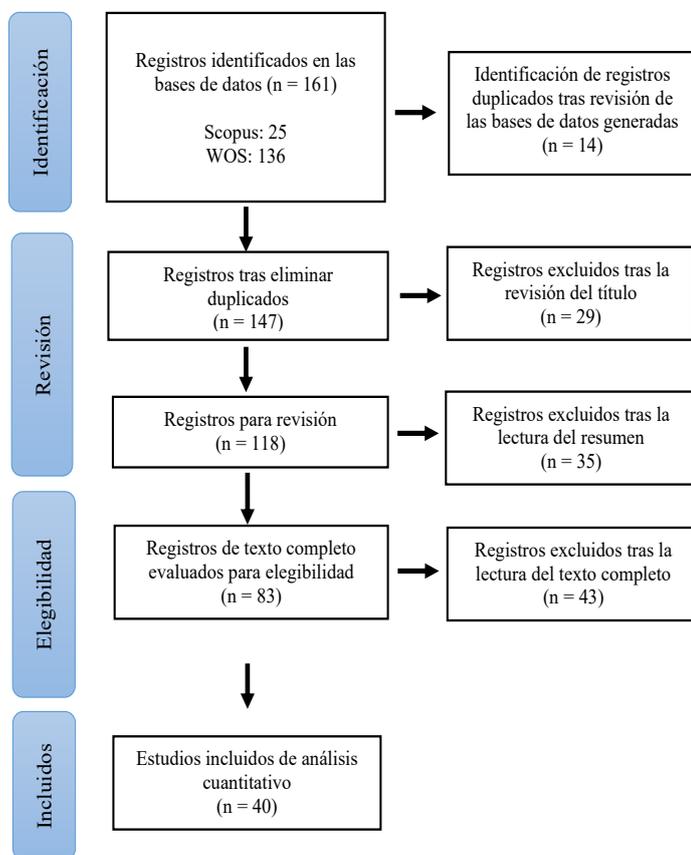
previamente y se generaran aportes reproducibles a partir de los documentos elegidos en este proceso de exploración bibliográfica [15]. Las etapas o momentos de la investigación se describen como aparece, a continuación:

- Abordaje y selección de la información científica en las bases de datos de corriente principal tales como: Scopus y Web of Science (En idioma español e inglés) para el período comprendido entre 2014 y 2023 respectivamente.
- El tipo de documentos elegible para el proceso de lectura, análisis y profundización fue el *artículo original de investigación*, por lo cual, se descartaron otras tipologías de publicaciones disponibles en las bases de datos tomadas para el proceso (libros, ponencias y memorias, entre otros).
- Las palabras claves y operadores booleanos utilizados fueron en ambas bases de datos fueron los siguientes: *teaching AND physics AND engineering AND mechanical*.

Aspectos de la producción científica identificada con el protocolo PRISMA

Tras definir los criterios de selección se procedió a compilar los aspectos clave de cada etapa, culminando en la elaboración de una ficha técnica de campo que consolida los documentos más relevantes. Esta herramienta permitió identificar, consultar y analizar las publicaciones óptimas según el objetivo planteado. La población total de artículos observados en un primer filtro (n=161) se procesó mediante los ítems previamente detallados. Dando continuidad a los ítems sugeridos por el protocolo PRISMA se definieron los documentos *elegibles* según los criterios estandarizados (n=83). Finalmente, y siguiendo con los procesos de *cribado, depuración y alineación* con el objetivo preestablecido, se llevaron a la etapa de *inclusión* los artículos para el análisis cuantitativo (n=40). A continuación, en la Figura 1 se presenta de manera detallada cada etapa y filtro llevado a cabo para esta investigación.

Figura 1. Diagrama de Revisión mediante protocolo PRISMA.



Nota. Elaboración propia con base en lineamientos de autores de referencia [14].

Como se aprecia en el diagrama de flujo en la Figura 2, el proceso sistemático de selección de estudios para un análisis cuantitativo siguió una serie de pasos que facilitaron garantizar la inclusión de investigaciones pertinentes y de alta calidad, y también la gestión de los posibles sesgos asociados a este tipo de metodologías. El proceso inició con una búsqueda exhaustiva en múltiples bases de datos (en este caso Scopus y Web of Science), lo que resultó en un conjunto inicial de 161 registros. El paso siguiente fue eliminar los documentos o publicaciones *duplicadas* generando así una colección depurada de 147 registros únicos.

La siguiente fase conocida como *cribado de títulos* permitió hacer una nueva limpieza excluyendo los títulos considerados irrelevantes para el objetivo de la investigación, reduciendo el conjunto a 118 registros. De esta manera, se pasó a la lectura y análisis de los abstract de cada publicación refinando de esta forma la selección y logrando una nueva base de registros de 83 posible elegibles. Este nuevo conjunto de registros se evaluó de forma meticulosa con base en los criterios observados con antelación, dando como resultado final la exclusión de 43 registros adicionales. Así las cosas, la etapa final implicó la *inclusión* de 40 estudios que superaron con éxito todas las etapas de cribado o depuración previas y que se consideraron adecuados para el análisis cuantitativo detallado a desarrollar, dando paso así a los siguientes procesos: lectura integral de los documentos, observación de los objetivos planteados por los autores, identificación de metodologías aplicadas, selección de aportes y reflexión sobre los hallazgos más relevantes de los contenidos analizados.

RESULTS

Para dar respuesta al objetivo planteado se presenta en la Tabla 1 la ficha técnica con los 40 documentos tomados para el proceso de profundización, los cuales permitirán abordar diferentes aspectos clave que facilitarán conocer las tendencias, patrones, metodologías, evidencias académicas y demás aspectos relacionados con la didáctica de la enseñanza de la física mecánica a nivel global en el contexto de la ingeniería y los programas universitarios relacionados tanto a nivel de instituciones públicas como privadas en diferentes ubicaciones geográficas.

Tabla 1. *Ficha técnica de documentos incluidos en el estudio.*

Ítem	Autor	Artículo	Revista	Año
1	Senatore, Gennaro; Piker, Daniel [16]	Física interactiva en tiempo real Un enfoque intuitivo de la búsqueda de formas y el análisis estructural para el diseño y la enseñanza.	Computer-Aided Design	2015
2	Dillavou, Sam; Stern, Menachem; Liu, Andrea J.; Durian, Douglas J. [17]	Demostración del aprendizaje descentralizado basado en la física.	Physical Review Applied	2022
3	Lee, Wei-Pin; Hwan, Chung-Li [18]	Una simulación por ordenador en la enseñanza y el aprendizaje de la mecánica: Un estudio de caso sobre movimientos circulares.	Computer Applications in Engineering Education	2015
4	Minichiello, Angela; Armijo, David; Mukherjee, Sarbajit; Caldwell, Lori; Kulyukin, Vladimir; Truscott, Tadd; Elliott, Jack;	Desarrollo de una herramienta de velocimetría de imágenes de partículas basada en una aplicación móvil para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la mecánica de fluidos: Un enfoque de investigación basado en el diseño.	Computer Applications in Engineering Education	2021

Ítem	Autor	Artículo	Revista	Año
	Bhouraskar, Aditya [19]			
5	Siswanto, Joko; Susantini, Endang; Jatmiko, Budi [20]	Practicidad y eficacia del modelo de enseñanza IBMR para mejorar la capacidad de resolución de problemas de física.	Journal Of Baltic Science Education	2018
6	Meng, Fanhe; Van Wie, Bernard J.; Thiessen, David B.; Richards, Robert F. [21]	Diseño y fabricación de experimentos de ingeniería de muy bajo coste mediante impresión 3D y conformado al vacío.	International Journal of Mechanical Engineering Education	2019
7	Pal, Rajinder [22]	Enseñanza simultánea de mecánica de fluidos y termodinámica mediante experimentos de flujo en tuberías.	Fluids	2019
8	Montes, Nicolas; Aloy, Paula; Ferrer, Teresa; Romero, Pantaleon D.; Barquero, Sara; Martinez Carbonell, Alfonso [23]	Exploria, la educación STEAM a nivel universitario como nueva forma de enseñar mecánica de ingeniería en un proceso de aprendizaje integrado.	Applied Sciences-Basel	2022
9	Javier Naranjo, Francisco; Alejandro Torres, Jesus [24]	Animaciones para la enseñanza de la mecánica de materiales utilizando herramientas de código abierto del método de los elementos finitos (FEM).	Journal of Materials Education	2015
10	Castilla, Robert; Pena, Marta [25]	Cuadernos Jupyter para el estudio de temas avanzados en Mecánica de Fluidos.	Computer Applications in Engineering Education	2023
11	Colorado Lopera, Henry A.; Gutierrez-Velasquez, Elkin; Ballesteros, Nancy [26]	Un puente entre la teoría y el aprendizaje activo: Un estudio de caso de aprendizaje basado en proyectos en Introducción a la Ciencia e Ingeniería de Materiales.	Ieee Revista Iberoamericana De Tecnologias Del Aprendizaje-Ieee Rita	2022

Ítem	Autor	Artículo	Revista	Año
12	Chen, Huai-Yi; Nieh, Hwa-Ming; Ko, Shih-Wei [27]	Medición de la aceleración utilizando Arduino y un Smartphone para el movimiento de objetos en un plano inclinado.	Physics Teacher	2022
13	Wu, Chuhao; DeBoer, Jennifer; Rhoads, Jeffrey F.; Berger, Edward [28]	Utilización de vídeos de ejemplos prácticos como apoyo a la resolución de problemas: Un análisis del comportamiento de los estudiantes.	Computer Applications in Engineering Education	2022
14	Zbaravska, Lesia; Chaikovska, Olha; Semenyshena, Ruslana; Duhanets, Viktor [29]	Enfoque interdisciplinar de la enseñanza de la física a estudiantes de ingeniería agraria y agronomía.	Independent Journal of Management & Production	2019
15	Pisano, Raffaele; Vincent, Philippe; Dolenc, Kosta; Ploj Virtic, Mateja [30]	Fundamentos históricos de la física y la tecnología aplicada como marcos dinámicos en la formación inicial en STEM.	Foundations of Science	2021
16	Corni, Federico; Fuchs, Hans U.; Savino, Giovanni [31]	Un laboratorio educativo industrial en la Fundación Ducati: enfoques narrativos de la mecánica basados en la física del continuo.	International Journal of Science Education	2018
17	Yang, Dazhi; Streveler, Ruth; Miller, Ronald L.; Senocak, Inanc; Slotta, Jim [32]	Utilización de la formación en esquemas para facilitar la comprensión por los estudiantes de conceptos de ingeniería difíciles en transferencia de calor y termodinámica.	Journal Of Engineering Education	2020
18	Li, Xiaoming; Zhao, Feng; Pu, Fang; Liu, Haifeng; Niu, Xufeng; Zhou, Gang; Li, Deyu; Fan, Yubo; Feng, Qingling; Cui, Fuzhai; Watari, Fumio [33]	Una reforma de la enseñanza multidisciplinar del curso de biomateriales para estudiantes universitarios.	Journal Of Science Education and Technology	2015
19	Sande, P. C.; Sharma, S. [34]	Modelo sinéctico aplicado en la teoría básica de la dinámica de fluidos computacional.	International Journal Of Mechanical Engineering Education	2021

Ítem	Autor	Artículo	Revista	Año
20	Sultan, A. Z.; Hamzah, N.; Rusdi, M. [35]	Implementación de un método basado en la simulación para aumentar el interés en el aprendizaje de un tema de ingeniería mecánica.	2nd International Joint Conference on Science And Technology (Ijct) 2017	2018
21	Bímova, Daniela [36]	Enseñanza de la Hélice y Problemas Relacionados con la Hélice Utilizando GeoGebra.	Proceedings Of The 43rd International Conference Applications Of Mathematics In Engineering And Economics (Amee'17)	2017
22	Suwa, Tohru; Kurniawan, Tetuko [37]	Rediseño de un ciclo combinado comercial en un curso universitario de termodinámica: Conectar la teoría con el diseño práctico del ciclo.	International Journal Of Mechanical Engineering Education	2021
23	Reyes, M. G.; Rakkapao, S. [38]	Impacto del contexto en la comprensión conceptual de los estudiantes sobre la velocidad de las ondas mecánicas.	Siam Physics Congress 2018 (Spc2018): A Creative Path to Sustainable Innovation	2018
24	Hahlweg, Cornelius; Rothe, Hendrik [39]	Óptica y optrónica en los cursos universitarios para oficiales de las Fuerzas Armadas Federales: planes de estudios especiales y clases prácticas frente a requisitos académicos.	Optics Education and Outreach Iv	2016
25	Abbashian, Reza; Balandin, Alexander A. [40]	Educación en materiales en el nuevo siglo: Experiencia en la creación de un programa interdepartamental de ciencia e ingeniería de materiales.	Journal Of Materials Education	2022
26	Vera, Francisco; Ortiz, Manuel; Villanueva, Jaime; Antonio Horta- Rangel, Francisco [41]	Laboratorios impresos en 3D: Una tabla de fuerzas y poleas sencillas.	Physics Teacher	2021
27	Mantegna, Michele [42]	El problema del coche que frena: un banco de pruebas desafiante y estimulante para estudiantes principiantes de ingeniería mecánica.	International Journal Of Mechanical Engineering Education	2019

Ítem	Autor	Artículo	Revista	Año
28	Nighojkar, Amrita; Plappally, Anand [43]	Enseñanza del comportamiento tensión-deformación de materiales dúctiles y frágiles mediante mapas conceptuales-contextuales a estudiantes de primer año de ingeniería mecánica.	International Journal Of Mechanical Engineering Education	2022
29	Botari, Alexandre; Botari, Janaina Conversani; Brito, Claudio da Rocha; Ciampi, Melany M. [44]	Herramientas educativas y análisis intervencional del aprendizaje significativo: Casos prácticos aplicados a la enseñanza de la física acústica en la disciplina del confort ambiental.	Ieee Revista Iberoamericana De Tecnologias Del Aprendizaje-Ieee Rita	2022
30	Rivers, Leonardo Julian Picos; Gil, Jose Quintin Cuador; Picos, Carlos Rafael Martinez de Osaba [45]	La resolución de problemas de física clasificados por nivel de complejidad: una experiencia.	Gondola-Ensenanza Y Aprendizaje De Las Ciencias	2023
31	Major, Stepan; Hubalovska, Marie [46]	Laboratorios virtuales en la enseñanza de la tecnología mecánica.	Chemistry-Didactics-Ecology-Metrology	2023
32	Cuchillo Florez, Americo [47]	Separador mecánico de masas: un enfoque integrador en la enseñanza de la Mecánica para las carreras de Ingeniería y Física.	XX Chilean Physics Symposium	2018
33	Miller, Steven A. E. [48]	Un curso contemporáneo de introducción a la dinámica de fluidos computacional.	International Journal of Mechanical Engineering Education	2020
34	Rablau, Corneliu; Ramabadran, Uma; Book, Brendan; Cunningham, Robert [49]	El efecto fotoeléctrico: enseñanza y aprendizaje de la óptica en la licenciatura basados en proyectos mediante el rediseño de un experimento de física moderna.	Fifteenth Conference on Education And Training In Optics And Photonics (Etop 2019)	2019
35	Crespo Madera, Elio Jesús; Díaz Pérez, Alexei [50]	Enseñar Física en función de la formación básica profesional del ingeniero mecánico: las máquinas simples.	Referencia Pedagógica	2022
36	Eppes T.A.; Milanovic I.; Wright K. [51]	Aplicaciones y creación de apps en cursos híbridos.	International Journal of Online Engineering	2017

Ítem	Autor	Artículo	Revista	Año
37	Prasad K. [52]	Preparar a los estudiantes equipados con las tecnologías más modernas con una combinación adecuada de fundamentos.	Journal of Engineering Education Transformations	2018
38	Rahman A. [53]	Un enfoque de aprendizaje combinado para mejorar el aprendizaje y la enseñanza de la mecánica de fluidos: un ejemplo que demuestra el éxito.	Turkish Online Journal of Educational Technology	2015
39	Poveda I.L. [54]	Incidencia del uso de habilidades de pensamiento metacognitivo en la resolución de problemas: Caso de estudiantes de física mecánica para ingeniería.	Investigacoes em Ensino de Ciencias	2022
40	Rackus, Darius G.; Riedel-Kruse, Ingmar H.; Pamme, Nicole [55]	Aprendizaje en un chip: Microfluidos para la educación científica formal e informal.	Biomicrofluidics	2019

Nota. Elaboración propia con base en protocolo PRISMA (2024).

El análisis en un primer momento de los 40 artículos originales recopilados y con enfoque en la didáctica de la enseñanza de la física mecánica en programas de ingeniería, permitió la identificación de tendencias y perspectivas claves mediante la asociación semántica y que se pueden describir de la siguiente manera:

- **Énfasis en la aplicación práctica:** Los títulos y objetivos planteados por los autores sugieren un claro enfoque en el desarrollo de recursos y espacios educativos, que promuevan la aplicación práctica de la física mecánica en los contextos disciplinares relacionados con la ingeniería. Se observa un alto grado de interés e integración de aspectos como simulaciones por computadora, diseño de experimentos y herramientas de medición basadas en aplicaciones móviles. Lo anterior, indica un cambio desde la enseñanza teórica tradicional hacia un escenario más experiencial y centrado en el estudiante.
- **Integración de la tecnología y soluciones relacionadas:** Los términos como *simulación por ordenador*, *aplicación móvil* e *impresión 3D* resaltan la importancia de la tecnología en la enseñanza de la física mecánica en la actualidad en las iniciativas analizadas (ver ficha técnica). Así las cosas, se puede afirmar que las herramientas digitales juegan un papel crucial en la creación de experiencias de aprendizaje interactivas y motivadoras en el entorno ingenieril.
- **Resolución de problemas y aprendizaje activo:** Frases clave como *resolución de problemas* y *aprendizaje basado en el diseño (ABD)*, apuntan a un enfoque pedagógico que fomenta el pensamiento crítico y la participación creativa de los estudiantes. Este aspecto se considera muy relevante, ya que, permite apreciar un claro patrón en la renovación de los procesos de aula, entregando además una clara ruta para dirigir los esfuerzos en la renovación de las prácticas docentes con apoyo de una didáctica revitalizada.
- **Crecimiento reciente en la producción académica:** Al examinar de manera temporal el número de artículos publicados por año, se evidencia un aumento significativo particularmente desde el 2018; este hallazgo sugiere un creciente interés en la investigación sobre la didáctica de la física mecánica en ingeniería lo que puede obedecer a la sinergia que las innovaciones tecnológicas han promovido en los entornos de la educación superior. La mayor producción científica se establece en el año 2022 con un total de 9 artículos

publicados, ubicándose este año como un posible punto de inflexión en la investigación en este campo al contrastar las dos bases de datos analizadas en este documento.

- *Diversidad de revistas:* Los artículos se distribuyen en diversas revistas categorizadas en las bases de datos de referencia lo que indica un amplio alcance de la investigación en diferentes contextos y disciplinas. Una de las revistas de mayor predominio es la *International Journal of Mecánicas Engineering Education* que participa en la ficha técnica con un total de 6 artículos enfocados en su mayoría en la didáctica y la enseñanza de la física mecánica en el ámbito de la ingeniería.
- *Colaboración entre autores para generar aportes al área del conocimiento:* Al apreciar la dinámica de publicaciones y la colaboración entre autores, se identifica un promedio de 2,81 autores por artículo lo que facilita interpretar una alta cooperación en la investigación de esta área de interés, reflejando la adopción de diversas iniciativas de divulgación.
- *Artículos más citados y consultados:* Los 5 artículos principales en términos de citas abordan temas como simulación por computadora, aprendizaje basado en la física, diseño de experimentos y enseñanza integrada STEAM, destacando la relevancia de estos enfoques en la educación en ingeniería en la actualidad y brindando reflexiones que pueden ser consideradas para el diseño de programas relacionados a este campo disciplinar.

En un segundo momento se abordaron algunos de los documentos de manera detallada y siguiendo el orden jerárquico tomado en cuenta el diseño de la ficha técnica, por lo cual, se presentan seguidamente las reflexiones derivadas al analizar los documentos de mayor número de citas y consultas identificados en las bases de datos. En orden de aparición se analizó la publicación de Senatore & Piker [16], artículo que alcanza un total de 28 citas y que tuvo por finalidad desarrollar herramientas educativas que faciliten la comprensión intuitiva del comportamiento estructural mediante la implementación de un motor de que permitiera la simulación tanto estática como dinámica de estructuras.

Los autores buscaron integrar los métodos de optimización geométrica y estructural en un entorno interactivo que beneficiara tanto a estudiantes como a profesionales del diseño. La metodología para la investigación de Senatore & Piker [16] se basó en la creación de aplicaciones de software, destacando dos programas utilizados así: *Catastrophe y PushMePullMe*. El motor de física combinó el diseño con los recursos anteriormente descritos y facilitó la comprensión de los aspectos de relajación dinámica y las formulaciones co-rotacionales permitiendo simulaciones precisas de comportamientos no lineales en las estructuras tomadas para el nivel instruccional.

Los resultados más destacados de los autores descritos [16] incluyeron la capacidad que desarrollaron los usuarios para la comprensión cualitativa del comportamiento estructural a través de la interacción con modelos en tiempo real. Se evidenció que los estudiantes y diseñadores podían experimentar con diferentes escenarios de carga y observar las reacciones internas de las estructuras, lo que les facilitó familiarizarse con elementos críticos y mejorar así la adopción de las competencias sugeridas por el currículo.

Los autores concluyeron que la combinación de técnicas computacionales en conjunto la integración de métodos numéricos establecidos para el análisis estructural contribuyó con la puesta en marcha de un escenario poderoso para la educación en ingeniería, por lo cual, desde su experiencia resaltan la importancia de proporcionar una retroalimentación en tiempo real para así promover la mejora de la enseñanza de conceptos complejos. Además, sugirieron que futuras investigaciones deben centrarse en expandir la gama de elementos disponibles y evaluar el impacto de estas herramientas en el corto, mediano y largo plazo [16].

Otra investigación destacada y que alcanza un número de 25 citas al momento de elaborar la ficha técnica para esta investigación fue la desarrollada por Dillavou et al. [17] y que tuvo por objetivo diseñar un sistema de aprendizaje que optimizara el rendimiento a través de reglas de evolución locales sin depender de un procesador central o almacenamiento externo de información. Este enfoque buscó emular la capacidad de autoajuste de las neuronas en el cerebro, permitiendo que el sistema aprenda y se adapte a diversas tareas de manera robusta y eficiente.

La metodología empleada por Dillavou et al. [17] consistió en la creación de dos redes de resistores idénticas que operan bajo diferentes condiciones de frontera. Utilizando un esquema de aprendizaje contrastivo el sistema

comparó las respuestas de ambas redes para ajustar localmente los valores de resistencia. Este proceso se basó en la minimización de la disipación de energía, lo que permitió que el sistema realizara cálculos de salida en nanosegundos. La red se entrenó para tareas específicas como la alostería (efecto antagónico), regresión y clasificación, utilizando reglas de aprendizaje que son independientes de la tarea lo que propició la adaptabilidad del sistema.

Los resultados obtenidos por los autores demostraron que este tipo de sistemas son capaces de aprender y ejecutar múltiples tareas complejas alcanzando una precisión superior al 95% en labores de clasificación. Además, se destacó la robustez del sistema frente a daños y defectos de fabricación lo que se atribuye a su naturaleza descentralizada y a la redundancia en las conexiones de la red. La investigación también reveló que, incluso con un número limitado de elementos (16 en total), el sistema puede satisfacer las demandas de aprendizaje lo que sugiere un alto potencial de escalabilidad [17].

En sus reflexiones finales los investigadores sugieren que el enfoque de aprendizaje físico descentralizado no solo es eficiente en términos de consumo energético, sino que también ofrece una flexibilidad notable para adaptarse a nuevas tareas sin necesidad de reconfiguración compleja. La simplicidad de las reglas locales y la capacidad de operar sin memoria adicional o procesamiento central representó un avance significativo en el campo del aprendizaje automático. Además, sugieren que futuras investigaciones podrían explorar la mejora de la robustez del sistema ante diferentes tipos de fallos, así como su aplicación en sistemas más complejos y no lineales [17].

Lo anterior, según el autor de referencia [17] permitió desarrollar toda una serie de procesos contrastivos que indican que en la medida que se integran herramientas tecnológicas para promover el aprendizaje dinámico y creativo en estudiantes de las áreas relacionadas se alcanzan niveles de dominio del conocimiento que son relevantes para poder innovar, crear soluciones y llegar a nuevos escenarios en áreas del conocimiento tan importantes como la física mecánica.

Luego de las profundizaciones anteriores y en un tercer momento se consolidaron las líneas recurrentes en cuanto a los procesos innovadores para facilitar la definición de las tendencias encontrando que cerca del 55% (22 artículos) de las investigaciones desarrolladas se apoyaron en áreas emergentes relacionadas con soluciones tecnológicas como: *Simuladores, Aplicaciones Móviles (App), Educación STEAM e Impresión en 3D*.

Entre tanto, la segunda categoría fue la relacionada con la *resolución de problemas* la cual aparece con un 27,5% (11 artículos), seguida de una tercera categoría que agrupa las publicaciones que hicieron mención del *aprendizaje descentralizado* como herramienta de apoyo alcanzando este ítem un 12,5% (5 artículos). El último lugar de este análisis de patrones, perspectivas y tendencias fue ocupado por los estudios vinculados a la *física interactiva* con un 5% (2 artículos).

Lo expuesto con anterioridad facilita enunciar que se aprecia en la producción académica abordada en este documento una clara inclinación hacia la utilización de soluciones tecnológicas como motor principal de la innovación para la enseñanza de la física mecánica dominada por los recursos tecnológicos de última generación, tales como: *Simuladores, Aplicaciones Móviles, Educación STEAM e Impresión en 3D*.

Así también, se observa que la resolución de problemas sigue siendo un área relevante lo que deja entrever que los procesos innovadores se valoran por su capacidad para intervenir y gestionar desafíos concretos. En otras líneas, el *aprendizaje descentralizado* y la *física interactiva* se erigen como áreas con un potencial claro de crecimiento en el futuro de la innovación en el campo disciplinar de la ingeniería según los documentos explorados.

CONCLUSIONES

Tomando como punto de partida el objetivo principal de este estudio y luego de aplicar la metodología PRISMA para llevar a cabo la revisión sistemática; se presentan, a continuación, las reflexiones finales consolidadas. Siguiendo el protocolo establecido se realizó un cribado de títulos y resúmenes reduciendo el conjunto inicial de artículos a 40 documentos relevantes para el análisis detallado. La búsqueda se centró en artículos originales de investigación publicados entre 2014 y 2023 en bases de datos como Scopus y Web of Science.

Los resultados revelaron un aumento significativo en la producción académica sobre la didáctica de la física mecánica en lo referente al campo de la enseñanza de la ingeniería, especialmente, entre el período de 2018 a 2022. Se identificó

una alta colaboración entre autores con un promedio de 2,81 autores por artículo en revistas categorizadas. Los artículos más citados sugieren que las temáticas de mayor interés por parte de los investigadores y que se identifica como líneas emergentes son: Simulación por computadora, Integración de aplicaciones (APP), Aprendizaje descentralizado,

Educación STEAM y Diseño de experimentos para la resolución de problemas.

Todo el recorrido bibliográfico desarrollado y las observaciones referenciadas con anterioridad permiten sugerir que la didáctica de la física mecánica en ingeniería está en un proceso de transformación y renovación impulsado por la tecnología y con un enfoque centrado de manera preponderante en el estudiante. Lo citado, deja entrever la necesidad de continuar investigando y desarrollando metodologías que integren la teoría con la práctica, así como fomentar la colaboración interdisciplinaria para enriquecer la educación en este campo. Sumado a los descrito, se destaca la necesidad de adaptar las prácticas docentes a las innovaciones tecnológicas y a las demandas del entorno educativo actual para que los profesionales que egresan de estos programas estén dotados de herramientas y mecanismos acordes con la realidad de un entorno en constante evolución.

REFERENCES

- [1] Artigue, M. (2020). Didactic engineering in mathematics education. *Encyclopedia of mathematics education*, 202-206.
- [2] Vergara, D., Antón-Sancho, Á., & Fernández-Arias, P. (2024). Engineering professors' habits: didactic use of Information and Communication Technologies (ICT). *Education and Information Technologies*, 29(6), 7487-7517.
- [3] Diego, G. L., Claudia, G. M., & Hanno, H. (2021). Evaluation of teacher training needs in engineering pedagogy. *Высшее образование в России*, (8-9), 93-103.
- [4] Tian, J., Hou, J., Wu, Z., Shu, P., Liu, Z., Xiang, Y., ... & Wang, X. (2024). Assessing Large Language Models in Mechanical Engineering Education: A Study on Mechanics-Focused Conceptual Understanding. *arXiv preprint arXiv:2401.12983*.
- [5] Kamp, A. (2020). Navigating the landscape of higher engineering education. *education*, 2, 115ce70ecb98.
- [6] Berezovska, L. I., Kondratska, G. D., Zarytska, A. A., Volkova, K. S., & Matsevko, T. M. (2020). Introduction of new forms of education in modern higher and vocational education and training. *International Journal of Higher Education*, 7(9).
- [7] Kovalchuk, V., Maslich, S. V., Tkachenko, N., Shevchuk, S. S., & Shchypska, T. P. (2022). Vocational education in the context of modern problems and challenges. *Journal of Curriculum and Teaching*, 8(11), 329-338.
- [8] Lopera, H. A. C., Gutiérrez-Velásquez, E., & Ballesteros, N. (2022). Cerrando la brecha entre la teoría y el aprendizaje activo: un estudio de caso de aprendizaje basado en proyectos en introducción a la ciencia e ingeniería de materiales. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 17(2), 160-169.
- [9] Panasiuk, O., Akimova, L., Kuznietsova, O., & Panasiuk, I. (2021, September). Virtual laboratories for engineering education. In *2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)* (pp. 637-641). IEEE.
- [10] Zergout, I., Ajana, S., Adam, C., & Bakkali, S. (2020). Modelling approach of an innovation process in engineering education: The case of mechanical engineering. *International Journal of Higher Education*, 9(2), pp-25.
- [11] Campos, E., Armenta, I. H., Barniol, P., & Ruiz, B. (2020). Physics education: Systematic mapping of educational innovation articles. *Journal of Turkish Science Education*, 17(3), 315-331.
- [12] Gómez-Tejedor, J. A., Vidaurre, A., Tort-Ausina, I., Molina-Mateo, J., Serrano, M. A., Meseguer-Dueñas, J. M., ... & Riera, J. (2020). Effectiveness of flip teaching on engineering students' performance in the physics lab. *Computers & Education*, 144, 103708.
- [13] Corral Abad, E., Gomez Garcia, M. J., Diez-Jimenez, E., Moreno-Marcos, P. M., & Castejon Sisamon, C. (2021). Improving the learning of engineering students with interactive teaching applications. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(6), 1665-1674.
- [14] Marín-Juarros, Victoria I. "La revisión sistemática en la investigación en Tecnología Educativa: observaciones y consejos." *RiiTE Revista interuniversitaria de investigación en Tecnología Educativa* (2022): 62-79.

- [15] Morales, W. G. B. (2022). Análisis de Prisma como Metodología para Revisión Sistemática: una Aproximación General. *Saúde em Redes*, 8(sup1), 339-360.
- [16] Senatore, G., & Piker, D. (2015). Física interactiva en tiempo real: un enfoque intuitivo para la búsqueda de formas y el análisis estructural para el diseño y la educación. *Diseño Asistido por Ordenador*, 61, 32-41.
- [17] Dillavou, S., Stern, M., Liu, A. J., & Durian, D. J. (2022). Demostración de aprendizaje descentralizado impulsado por la física. *Revisión física aplicada*, 18(1), 014040.
- [18] Lee, W. P., & Hwan, C. L. (2015). A computer simulation in mechanics teaching and learning: A case study in circular motions. *Computer Applications in Engineering Education*, 23(6), 865-871.
- [19] Minichiello, A., Armijo, D., Mukherjee, S., Caldwell, L., Kulyukin, V., Truscott, T., ... & Bhouraskar, A. (2021). Developing a mobile application-based particle image velocimetry tool for enhanced teaching and learning in fluid mechanics: A design-based research approach. *Computer applications in engineering education*, 29(3), 517-537.
- [20] Flórez, A. C. (2018, June). Mechanical mass separator: an integrating approach in teaching Mechanics for Engineering and Physics majors. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1043, No. 1, p. 012055). IOP Publishing.
- [21] Meng, F., Van Wie, B. J., Thiessen, D. B., & Richards, R. F. (2019). Diseño y fabricación de experimentos de ingeniería de muy bajo coste mediante impresión 3D y conformado al vacío. *Revista Internacional de Educación en Ingeniería Mecánica*, 47(3), 246-274.
- [22] Pal, R. (2019). Teaching fluid mechanics and thermodynamics simultaneously through pipeline flow experiments. *Fluids*, 4(2), 103.
- [23] Montés, N., Aloy, P., Ferrer, T., Romero, P. D., Barquero, S., & Carbonell, A. M. (2022). EXPLORIA, STEAM Education at University Level as a New Way to Teach Engineering Mechanics in an Integrated Learning Process. *Applied Sciences*, 12(10), 5105.
- [24] Naranjo, F. J., & Torres, J. A. (2015). Animaciones para la enseñanza de la mecánica de materiales utilizando herramientas del método de elementos finitos (MEF) de código abierto. *Revista de Educación Material*, 37(1-2), 39-58.
- [25] Castilla, R., & Peña, M. (2023). Jupyter Notebooks para el estudio de temas avanzados en Mecánica de Fluidos. *Aplicaciones Informáticas en la Educación en Ingeniería*, 31(4), 1001-1013.
- [26] Colorado, Henry A., Elkin Gutiérrez-Velásquez, and Nancy Ballesteros. "Cerrando la brecha entre la teoría y el aprendizaje activo: un estudio de caso de aprendizaje basado en proyectos en el curso introducción a ciencia e ingeniería de materiales." (2022).
- [27] Chen, H. Y., Nieh, H. M., & Ko, S. W. (2022). Medición de aceleración mediante Arduino y un smartphone para el movimiento de objetos en un plano inclinado. *El Profesor de Física*, 60(5), 351-354.
- [28] Wu, Chuhao, et al. "Use of worked-example videos to support problem-solving: An analysis of student behavior." *Computer Applications in Engineering Education* 30.1 (2022): 195-221.
- [29] Zbaravska, L., Chaikovska, O., Semenyshena, R., & Duhanets, V. (2019). Interdisciplinary approach to teaching physics to students majoring in agrarian engineering and agronomy. *Independent journal of management & production*, 10(7), 645-657.
- [30] Pisano, R., Vincent, P., Dolenc, K., & Ploj Virtič, M. (2021). Historical foundations of physics & applied technology as dynamic frameworks in pre-service STEM. *Foundations of Science*, 26, 727-756.
- [31] Corni, F., Fuchs, H. U., & Savino, G. (2018). An industrial educational laboratory at Ducati foundation: Narrative approaches to mechanics based upon continuum physics. *International Journal of Science Education*, 40(3), 243-267.
- [32] Nyirahabimana, P., Minani, E., Nduwingoma, M., & Kemeza, I. (2022). A scientometric review of multimedia in teaching and learning of physics. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 10(1), 89-106.
- [33] Li, X., Zhao, F., Pu, F., Liu, H., Niu, X., Zhou, G., ... & Watari, F. (2015). A multidisciplined teaching reform of biomaterials course for undergraduate students. *Journal of Science Education and Technology*, 24, 735-746.
- [34] Sande, P. C., & Sharma, S. (2021). Synectics model applied in basic theory of computational fluid dynamics. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 49(2), 171-191.

- [35] Sultan, A. Z., Hamzah, N., & Rusdi, M. (2018). Implementation of simulation based-concept attainment method to increase interest learning of engineering mechanics topic. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 953, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.
- [36] Bímová, D. (2017, December). Teaching helix and problems connected with helix using GeoGebra. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1910, No. 1). AIP Publishing.
- [37] Suwa, T., & Kurniawan, T. (2021). Redesigning a commercial combined cycle in an undergraduate thermodynamics course: Connecting theory to practical cycle design. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 49(4), 448-467.
- [38] Reyes, M. G., & Rakkapao, S. (2018, December). Impact of context on students' conceptual understanding about mechanical wave speed. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1144, No. 1, p. 012046). IOP Publishing.
- [39] Hahlweg, C., & Rothe, H. (2016, September). Optics and optronics in university courses for officers of the Federal Armed Forces-special curricula and hands-on lessons vs. academic requirements. In *Optics Education and Outreach IV* (Vol. 9946, pp. 185-191). SPIE.
- [40] Abbashian, R., & Balandin, AA. (2022). Materials Education in the new Century Experience in Creating an Interdepartmental Materials Science and Engineering Program. *Journal of Materials Education*, Vol 44(1), 1-20.
- [41] Vera, F., Ortiz, M., Villanueva, J., & Horta-Rangel, F. A. (2021). 3d-printed labs: A force table and simple pulleys. *The Physics Teacher*, 59(9), 700-702.
- [42] Mantegna, M. (2019). The braking car problem: A challenging and stimulating test bench for beginning mechanical engineering students. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 47(2), 99-117.
- [43] Nighojkar, A., & Plappally, A. (2022). Teaching stress-strain behaviour of ductile and brittle materials using concept-context maps to mechanical engineering freshmen. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 50(2), 432-446.
- [44] Botari, A., Botari, J. C., da Rocha Brito, C., & Ciampi, M. M. (2022). Educational tools and interventional analysis of meaningful learning: Case studies applied to teaching acoustic physics in the discipline of environmental comfort. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 17(2), 115-124.
- [45] Siswanto, J., Susantini, E., & Jatmiko, B. (2018). Practicality and Effectiveness of the IBMR Teaching Model to Improve Physics Problem Solving Skills. *Journal of Baltic Science Education*, 17(3), 381-394.
- [46] Major, Š., & Hubálovská, M. (2023). Virtual laboratories in the teaching of mechanical technology. *Chemistry-Didactics-Ecology-Metrology*, 28(1-2), 135-155.
- [47] Cuchillo Florez, Americo. Separador mecánico de masas: un enfoque integrador en la enseñanza de la Mecánica para las carreras de Ingeniería y Física. *XX Chilean Physics Symposium*, 2018.
- [48] Miller, S. A. (2020). A contemporary course on the introduction to computational fluid dynamics. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 48(4), 315-334.
- [49] Rablau, C., Ramabadran, U., Book, B., & Cunningham, R. (2019, May). The photoelectric effect—project-based undergraduate teaching and learning optics through a modern physics experiment redesign. In *Education and Training in Optics and Photonics* (p. 11143_135). Optica Publishing Group.
- [50] Crespo Madera, E. J., & Díaz Pérez, A. (2022). Enseñar Física en función de la formación básica profesional del ingeniero mecánico: las máquinas simples. *Referencia Pedagógica*, 10(3), 115-128.
- [51] Eppes, T. A., Milanovic, I., & Wright, K. (2017). Applications and App Building in Hybrid Courses. *International Journal of Online Engineering*, 13(11).
- [52] Prasad, K. (2018). Preparing Students Equipped with the State of Art Technologies with Appropriate Mix of Fundamentals. *Journal of Engineering Education Transformations*, 31(Special Issue).
- [53] Rahman, A. (2015). A blended learning approach to enhance learning and teaching of fluid mechanics: an example demonstrating success. In *Proceedings of the International Conference on New Horizons in Education*, June 10-12, 2015, Barcelona, Spain, Volume 1/4 (pp. 1-7).
- [54] Poveda, IL. (2022). Incidence of the use of metacognitive thinking skills in problem solving: Case of mechanical physics students for engineering. *Investigacoes em Ensino de Ciencias*, Vol 27(2), 55-77.
- [55] Rackus, D. G., Riedel-Kruse, I. H., & Pamme, N. (2019). "Learning on a chip:" Microfluidics for formal and informal science education. *Biomicrofluidics*, 13(4).