



**Laboratorios portátiles para
educación en ingeniería: Revisión
Sistemática de la literatura
aplicando las directrices PRISMA**

Diego Fernando Sendoya Losada
Doctorando en Informática, Universidad
Americana de Europa, UNADE
Rosa Gabriela Camero Berrones
Doctora en Tecnología Avanzada,
Tecnológico Nacional de México, TECNM

RESUMEN

Este artículo presenta una revisión sistemática de la literatura sobre la aplicación de laboratorios portátiles para educación en ingeniería, siguiendo las directrices PRISMA. Explora el impacto de estos laboratorios en diferentes áreas de la ingeniería, las tecnologías implementadas y las consideraciones de diseño instruccional que influyen en los resultados de aprendizaje. Los resultados

Revista de Investigación Multidisciplinaria Iberoamericana, RIMI © 2023 by Elizabeth Sánchez Vázquez is licensed under

destacan la creciente integración de laboratorios portátiles en campos como control, robótica, informática y programación, evidenciando su contribución significativa a la enseñanza práctica y al desarrollo de habilidades técnicas esenciales. Tecnologías como microcontroladores emergen como las más efectivas, proporcionando experiencias de aprendizaje accesibles. Además, se analiza cómo los diseños instruccionales como el aprendizaje basado en proyectos potencian la comprensión y la aplicación del conocimiento en situaciones reales. Este estudio revela que los laboratorios portátiles no solo enriquecen la educación en ingeniería, sino que también ofrecen un camino prometedor hacia la innovación educativa frente a desafíos contemporáneos como la limitación de recursos y la necesidad de adaptación tecnológica.

Palabras clave: Educación en ingeniería, Laboratorios portátiles, Revisión sistemática

ABSTRACT

This article presents a systematic review of the literature on the application of portable laboratories for engineering education, following PRISMA guidelines. Explore the

impact of these labs on different areas of engineering, the technologies implemented, and the instructional design considerations that influence learning outcomes. The results highlight the growing integration of portable laboratories in fields such as control, robotics, computing and programming, evidencing their significant contribution to practical teaching and the development of essential technical skills. Technologies such as microcontrollers emerge as the most effective, providing accessible learning experiences. Additionally, it analyzes how instructional designs such as project-based learning enhance understanding and application of knowledge in real situations. This study reveals that portable laboratories not only enrich engineering education, but also offer a promising path towards educational innovation in the face of contemporary challenges such as resource limitation and the need for technological adaptation.

Keywords: Engineering education, Portable laboratories, Systematic review

INTRODUCCIÓN

En la educación en ingeniería, la evolución constante de tecnologías y metodologías educativas ha transformado

profundamente el modo en que los ingenieros son formados, adaptando los métodos de enseñanza a las necesidades de una industria cada vez más tecnológica y globalizada. Los laboratorios portátiles, en particular, han surgido como una solución innovadora que supera las barreras de espacio y recursos en la educación práctica en ingeniería (Allende-Peña et al., 2021; Álvarez-Ariza & González-Gil, 2022; Wang et al., 2022). Estos laboratorios no solo ofrecen flexibilidad para realizar experimentos en distintas áreas de la ingeniería, sino que también permiten integrar el aprendizaje teórico con aplicaciones prácticas directas, fundamentales en campos como la electrónica, la mecatrónica y la informática (Chen et al., 2024; Ekin et al., 2021; Iorio et al., 2020).

La adopción de laboratorios portátiles ha tenido un impacto significativo en diversas áreas de la ingeniería, permitiendo una exploración práctica que antes estaba confinada a los laboratorios tradicionales (Jordens et al., 2022; Togou et al., 2020; Vidal et al., 2022). Estas herramientas no solo han mejorado la accesibilidad y la flexibilidad educativa, sino que también han enriquecido la comprensión de los estudiantes sobre conceptos complejos

mediante la experimentación y análisis en tiempo real (Evangelista et al., 2023; Galindo & Fernández-Madrigal, 2020; García-Carballeira et al., 2020).

Desde el punto de vista tecnológico, los laboratorios portátiles han incorporado una amplia gama de tecnologías avanzadas, desde microcontroladores y sensores hasta software de simulación y plataformas de realidad aumentada. Estas tecnologías han permitido a los estudiantes no solo interactuar con hardware y software avanzado, sino también personalizar su aprendizaje y recibir retroalimentación inmediata, elementos cruciales para el desarrollo de habilidades prácticas y técnicas (Capella et al., 2023; Čehovin-Zajc et al., 2023; Fukumoto et al., 2021; Maiti et al., 2021; Mehrotra et al., 2021).

Además, los diseños instruccionales de estos laboratorios han sido influenciados por diversas consideraciones pedagógicas, como el aprendizaje basado en proyectos, la autonomía del estudiante, y la integración de teoría y práctica. Estos enfoques fomentan no solo el desarrollo de habilidades técnicas sino también competencias como la solución de problemas, el pensamiento crítico y la capacidad para trabajar de manera

independiente o en equipo (Alsaleh et al., 2022; Carlson et al., 2020; Voštinár & Ferianc, 2023).

Este estudio realiza una revisión sistemática de la literatura sobre laboratorios portátiles para la educación en ingeniería, con el propósito de investigar tres puntos principales: las áreas de aplicación, las tecnologías implementadas y el diseño instruccional. Por lo tanto, las preguntas de investigación (RQ, por sus siglas en inglés) en este estudio son:

- **RQ1:** ¿En qué áreas de la ingeniería se han aplicado los laboratorios portátiles y cuál ha sido el impacto en estas áreas?
- **RQ2:** ¿Qué tecnologías se han implementado en los laboratorios portátiles para la educación en ingeniería y cuáles han sido las más efectivas?
- **RQ3:** ¿Qué consideraciones de diseño instruccional se han aplicado en el uso de los laboratorios portátiles y cómo han influido en los resultados de aprendizaje?

Esta revisión ofrece una visión integral de cómo los laboratorios portátiles están redefiniendo el aprendizaje práctico en la ingeniería, destacando futuros caminos

para la investigación y la práctica educativa en este campo de constante evolución.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio investigó el uso y la efectividad de los laboratorios portátiles para la educación en ingeniería mediante una revisión sistemática. Este método compila y sintetiza estudios para responder preguntas de investigación específicas, evaluar la calidad y el impacto de la investigación existente. Se siguieron las directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) para asegurar informes claros y detallados de la revisión sistemática (Page et al., 2021), centrando la investigación en identificar, evaluar e interpretar la totalidad de investigaciones disponibles sobre laboratorios portátiles en este campo.

El proceso de revisión sistemática comenzó con una búsqueda de literatura relevante en la base de datos IEEE Xplore. Se utilizaron los términos de búsqueda "(affordable OR at home OR cheap OR economic OR home OR inexpensive OR low cost OR low priced OR mobile OR personal OR pocket OR portable OR take home) AND (apparatus OR equipment OR hardware OR kit OR lab OR laboratory)

AND (education OR instruction OR learning OR teaching OR training OR tutoring)" en el campo del resumen, enfocándose en publicaciones entre 2020 y 2024. Esta búsqueda inicial arrojó 186 artículos.

La selección de artículos fue guiada por el método PRISMA, siguiendo las etapas de identificación, revisión e inclusión. Primero, se revisaron los títulos, lo que resultó en 62 artículos. Posteriormente, los resúmenes fueron evaluados conforme a criterios de inclusión y exclusión especificados en la Tabla 1, finalizando con la selección de 20 artículos.

Tabla 1
Criterios de inclusión y exclusión

Criterio	Inclusión	Exclusión
Tipo de fuente	Artículos de revistas científicas	Libros, actas de conferencias, revisiones de literatura
Tema	Laboratorios portátiles para educación en ingeniería	Laboratorios portátiles de alto costo, o para uso industrial o de investigación

Contexto	Aplicaciones en contextos educativos	Estudios no implementados en contextos de aprendizaje
Accesibilidad	Estudios disponibles en texto completo	Publicaciones sin acceso a texto completo

Fuente propia

Una vez seleccionados, los 20 artículos fueron analizados para responder a las preguntas de investigación planteadas. Primero, se examinó en qué áreas específicas de la ingeniería se han aplicado los laboratorios portátiles y se evaluó el impacto reportado en dichas áreas, lo que ayudó a entender el alcance y la eficacia de estos laboratorios en contextos educativos reales. Luego, se identificaron y evaluaron las tecnologías específicas utilizadas en estos laboratorios, determinando cuáles han sido las más efectivas en términos de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Finalmente, se investigaron las estrategias de diseño instruccional empleadas y cómo han influenciado los resultados de aprendizaje, permitiendo así una evaluación de cómo las prácticas pedagógicas integradas en el uso de

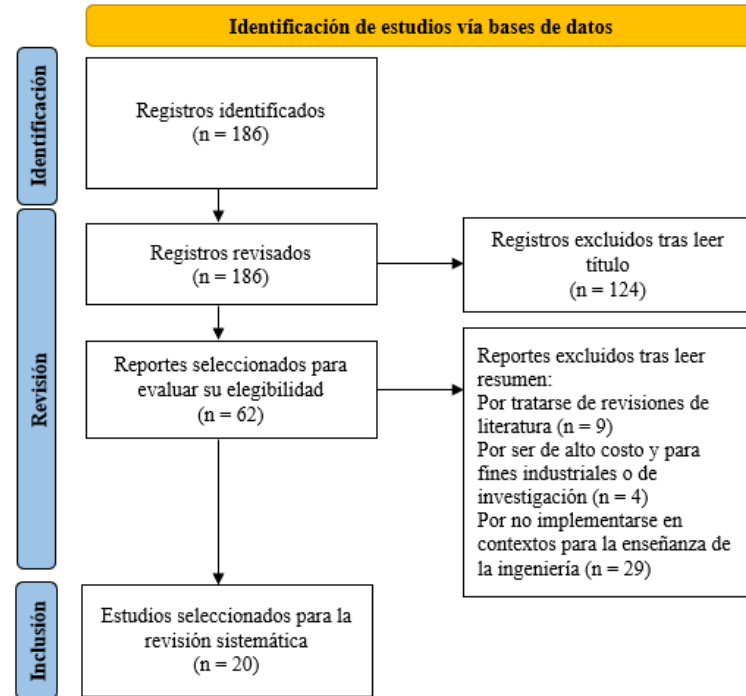
laboratorios portátiles pueden fomentar habilidades técnicas y competencias críticas entre los estudiantes.

La

Figura 1 presenta el diagrama de flujo del proceso de revisión sistemática aplicado en este estudio, desde la identificación de estudios a través de bases de datos hasta la selección final para la revisión. Este diagrama detalla cada paso del proceso, incluyendo los números de estudios en cada etapa y los criterios utilizados para la exclusión de estudios no relevantes.

Figura 1

Diagrama de flujo PRISMA para la revisión sistemática de este estudio



Fuente propia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección presenta y discute los resultados obtenidos de la revisión sistemática en relación con las preguntas de investigación especificadas anteriormente.

Áreas de aplicación

La Tabla 2 muestra la distribución de artículos por áreas de aplicación de laboratorios portátiles para educación en ingeniería. Control y Robótica lidera con 8 artículos (40%), reflejando un fuerte interés en mejorar habilidades en sistemas automatizados en diversos niveles educativos. Informática y Programación siguen con 5 estudios

(25%), destacando su importancia en desarrollar habilidades de programación en entornos con recursos limitados. Electrónica y Sistemas Embebidos, y Física y Matemáticas presentan 2 (10%) y 3 estudios (15%) respectivamente, usados para experimentos fuera de laboratorios convencionales. Mecatrónica y Telecomunicaciones son menos representadas, con solo 1 estudio cada una (5%), indicando una oportunidad para más investigaciones en estos campos.

Tabla 2

Distribución de artículos por área de aplicación

Área de Aplicación	Número de Artículos	Referencias
Control y Robótica	8	1; 2; 4; 6; 7; 14; 16; 21
Electrónica y Sistemas Embebidos	2	10; 15
Física y Matemáticas	3	18; 19; 20
Informática y Programación	5	3; 5; 11; 12; 13
Mecatrónica	1	9

Telecomunicaciones	1	8
--------------------	---	---

Fuente propia

Tecnología Implementada

La Tabla 3 muestra la distribución de los artículos seleccionados en función de las tecnologías implementadas en laboratorios portátiles para educación en ingeniería. La revisión identificó una variedad de tecnologías utilizadas en los laboratorios portátiles. Los Microcontroladores emergen como la tecnología más comúnmente reportada (n = 4 o 20%). Esto destaca la importancia de los microcontroladores como base para experimentos y proyectos en ingeniería. Los Computadores de Placa Única (n = 3 o 15%), el Hardware de Bajo Costo (n = 3 o 15%), y la Realidad Aumentada (n = 3 o 15%) también aparecen como tecnologías significativas. Los Dispositivos Móviles (n = 2 o 10%) y las Herramientas de Simulación (n = 2 o 10%) también son tecnologías relevantes, mientras que las tecnologías con menor representación como Desarrollo Cloud (n = 1 o 5%), Máquinas Virtuales (n = 1 o 5%), y Prototipado 3D (n = 1 o 5%) reflejan un interés emergente que podría expandirse en futuras investigaciones.

Tabla 3

Distribución de artículos por tecnología implementada

Tecnología Implementada	Número de Artículos	Referencias
Computador de Placa Única	3	3; 6; 10
Desarrollo Cloud	1	2
Dispositivos Móviles	2	4; 20
Hardware de Bajo Costo	3	8; 14; 16
Herramientas de Simulación	2	9; 12
Máquinas Virtuales	1	13
Microcontroladores	4	1; 5; 11; 15
Prototipado 3D	1	19
Realidad Aumentada	3	2; 18; 21

Diseño Instruccional

La Tabla 4 presenta la distribución de los artículos según los diferentes diseños

instruccionales utilizados en laboratorios portátiles para educación en ingeniería. El Aprendizaje Basado en Proyectos se destacan como el diseño instruccional más prevalente (n = 4 o 20%). Este enfoque resalta la tendencia hacia metodologías de enseñanza que promueven la aplicabilidad real y el desarrollo de habilidades mediante proyectos prácticos. El Experimento Práctico (n = 3 o 15%), y la Simulación (n = 3 o 15%) también son prominentes. Estos métodos son cruciales para entender cómo los laboratorios portátiles pueden replicar o sustituir experiencias tradicionales de laboratorio, permitiendo a los estudiantes realizar pruebas y análisis en un entorno controlado que imita situaciones reales. El Aprendizaje Colaborativo también es notable (n = 3 o 15%) enfatizando la importancia de la interacción y el trabajo en equipo dentro de los entornos de aprendizaje modernos, facilitados por los laboratorios portátiles. Las categorías de Aprendizaje Invertido (n = 2 o 10%), Experimento Remoto (n = 2 o 10%), y Experimento Virtual (n = 2 o 10%) reflejan la adaptabilidad y la respuesta a las necesidades cambiantes del entorno educativo, especialmente en circunstancias que requieren flexibilidad

como durante la pandemia. Finalmente, el Aprendizaje Online (n = 1 o 5%) subraya el movimiento hacia la integración de tecnologías digitales en la enseñanza, lo que permite el acceso y la participación a distancia.

Tabla 4

Distribución de artículos por diseño instruccional

Diseño Instruccional	Número de Artículos	Referencias
Aprendizaje Basado en Proyectos	4	1; 3; 16; 20
Aprendizaje Colaborativo	3	2; 9; 21
Aprendizaje Invertido	2	5; 13
Aprendizaje Online	1	12
Experimento Práctico	3	7; 11; 19
Experimento Remoto	2	8; 14
Experimento Virtual	2	6; 10
Simulación	3	4; 15; 18

Discusión

RQ1: Áreas de aplicación de los laboratorios portátiles y su impacto

Los laboratorios portátiles se han implementado en diversas áreas dentro de la ingeniería, destacándose particularmente en control y robótica, informática y programación, electrónica y sistemas embebidos, física y matemáticas, mecatrónica, y telecomunicaciones. El área de control y robótica ha visto la mayor integración de estos laboratorios, con un notable 40% de los estudios enfocados en esta disciplina, lo que refleja la creciente importancia de la automatización en la industria contemporánea. El impacto de los laboratorios portátiles en estas áreas ha sido positivo, facilitando un aprendizaje práctico y experimental que es crucial para la educación en ingeniería. Estos laboratorios permiten a los estudiantes realizar experimentos en contextos realistas y controlados, mejorando así su comprensión teórica y sus habilidades prácticas.

RQ2: Tecnologías implementadas en los laboratorios portátiles y su efectividad

Diversas tecnologías han sido implementadas en los laboratorios portátiles, incluyendo microcontroladores, computadores de placa única, realidad aumentada, y herramientas de simulación. Los microcontroladores son

especialmente utilizados por su bajo costo y versatilidad. Las tecnologías que han demostrado ser más efectivas son aquellas que se integran bien con los currículos existentes y ofrecen una ampliación significativa de las capacidades prácticas de los estudiantes sin requerir grandes inversiones en infraestructura. Los microcontroladores, por ejemplo, permiten a los estudiantes experimentar con hardware real en una variedad de aplicaciones, desde la creación de sistemas simples hasta el desarrollo de sistemas embebidos complejos.

RQ3: Diseño instruccional aplicado y su influencia en los resultados de aprendizaje

El diseño instruccional en el uso de laboratorios portátiles varía desde el aprendizaje basado en proyectos hasta experimentos virtuales y remotos. El aprendizaje basado en proyectos es el enfoque más común, destacando la tendencia hacia educación práctica que integra teoría y práctica en proyectos del mundo real. Estos enfoques instruccionales han influenciado positivamente los resultados de aprendizaje al proporcionar escenarios que fomentan la participación activa, la colaboración y la resolución de problemas.

Además, ayudan a desarrollar habilidades interpersonales y de trabajo en equipo, cruciales para el éxito en el campo profesional de la ingeniería.

CONCLUSIONES

Este estudio ha abordado el uso y la efectividad de los laboratorios portátiles para la educación en ingeniería a través de una revisión sistemática, analizando cómo estos laboratorios han sido aplicados en diversas áreas de la ingeniería y el impacto resultante. La revisión ha demostrado que los laboratorios portátiles no solo están diversificando los métodos de enseñanza en ingeniería, sino que también están mejorando significativamente la calidad de la educación al hacerla más accesible y aplicable en entornos reales.

Los laboratorios portátiles se han implementado con éxito en áreas como control y robótica, ofreciendo a los estudiantes la oportunidad de trabajar con tecnologías avanzadas y aplicar sus conocimientos en situaciones prácticas. Esto ha resultado en una mejor comprensión de los principios técnicos y en el desarrollo de habilidades aplicables al mundo laboral.

Las tecnologías como los microcontroladores y la realidad aumentada han demostrado ser

particularmente efectivas debido a su capacidad para simular entornos reales y proporcionar retroalimentación instantánea, lo que es esencial para un aprendizaje técnico efectivo. Estas herramientas no solo facilitan un aprendizaje más interactivo y comprometido, sino que también hacen posible la experimentación fuera de los tradicionales y costosos laboratorios de ingeniería.

Los diseños instruccionales como el aprendizaje basado en proyectos y los experimentos prácticos han jugado un papel crucial en la mejora de los resultados de aprendizaje. Al integrar la teoría con la práctica, estos enfoques han fomentado una educación más dinámica y práctica, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo real con mayor competencia y confianza.

Aunque la implementación de laboratorios portátiles ha sido prominente en la educación universitaria, hay un potencial considerable para su aplicación en niveles educativos más bajos, como en las escuelas secundarias técnicas. Futuras investigaciones podrían explorar cómo estos laboratorios pueden adaptarse para jóvenes estudiantes, fomentando un

interés temprano en la ingeniería y la tecnología.

La principal limitación de este estudio radica en la utilización de una única base de datos para la recolección de los artículos, lo que podría haber restringido el alcance de las publicaciones analizadas. Sin embargo, los resultados obtenidos ofrecen una visión significativa y aplicable de cómo los laboratorios portátiles están transformando la educación en ingeniería.

REFERENCIAS

- Allende-Peña, J. M., Rodríguez-Paredes, S. A., Valdez-Martínez, J. S., & Aguilar-Molina, Y. (2021). A laboratory prototype tandem helicopter with two degrees of freedom. *IEEE Access*, 9, 39618-39625. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3064568>
- Alsaleh, S., Tepljakov, A., Köse, A., Belikov, J., & Petlenkov, E. (2022). ReImagined lab: bridging the gap between hands-on, virtual and remote control engineering laboratories using digital twins and extended reality. *IEEE Access*, 10, 89924-89943.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3199371>

Álvarez-Ariza, J., & González-Gil, S. (2022).

RaspyLab: a low-cost remote laboratory to learn programming and physical computing through Python and Raspberry Pi. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 17(2), 140-149.

<https://doi.org/10.1109/RITA.2022.3166877>

Capella, J. V., Perles, A., Martínez, J. M., &

Hassan, H. (2023). Ubiquitous learning based on mobile devices and industrial prototypes. *IEEE Transactions on Education*, 66(5), 379-385.

<https://doi.org/10.1109/TE.2023.3247131>

Carlson, C., Peterson, G., & Day, D. (2020).

Utilizing portable learning technologies to improve student engagement and retention. *IEEE Transactions on Education*, 63(1), 32-38.

<https://doi.org/10.1109/TE.2019.2941700>

Čehovin-Zajc, L., Rezelj, A., & Skočaj, D.

(2023). Low-cost open-source robotic platform for education. *IEEE*

Transactions on Learning Technologies, 16(1), 18-25.

<https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3224227>

Chen, K., Mahalingam, R., Ormsbee, N., Schlossman, R., & Sentis, L. (2024).

Decentralized actuator control laboratory: educational deployment and analysis of its learning effectiveness. *IEEE Transactions on Education*, 67(1), 11-19.

<https://doi.org/10.1109/TE.2023.3298266>

Ekin, S., O'Hara, J. F., Turgut, E., Colston, N., & Young, J. L. (2021).

A do-it-yourself (DIY) light wave sensing and communication project: low-cost, portable, effective, and fun. *IEEE Transactions on Education*, 64(3), 205-212.

<https://doi.org/10.1109/TE.2020.3029543>

Evangelista, S. H., Alvarez Bestard, G.,

Oliveira, F. H. M., Da Silva, I. A., Ferreira Amorim, F., Llanos, C. H., & Macêdo Barbalho, S. C. (2023).

Using problem/project-based learning for developing a mechanical ventilator in Brazil: the perception of undergraduate students regarding their learning

- and satisfaction. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 18(3), 199-210.
<https://doi.org/10.1109/RITA.2023.3301392>
- Fukumoto, H., Yamaguchi, T., Ishibashi, M., & Furukawa, T. (2021). Developing a remote laboratory system of stepper motor for learning support. *IEEE Transactions on Education*, 64(3), 292-298.
<https://doi.org/10.1109/TE.2020.3042595>
- Galindo, C., & Fernández-Madrigal, J. A. (2020). Grounding concepts and methods of real-time scheduling in reality using Arduino. *IEEE Transactions on Education*, 63(3), 224-231.
<https://doi.org/10.1109/TE.2020.2975352>
- García-Carballeira, F., Calderón-Mateos, A., Alonso-Monsalve, S., & Prieto-Cepeda, J. (2020). Wepsim: an online interactive educational simulator integrating microdesign, microprogramming, and assembly language programming. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(1), 211-218.
<https://doi.org/10.1109/TLT.2019.2903714>
- lorio, M., Palesandro, A., & Risso, F. (2020). CrownLabs - a collaborative environment to deliver remote computing laboratories. *IEEE Access*, 8, 126428-126442.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3007961>
- Jordens, X., Wilmart, R., Garone, E., Kinnaert, M., & Catoire, L. (2022). A project-based learning approach for building an affordable control teaching lab: the centrifugal ring positioner. *IEEE Access*, 10, 4907-4918.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3141588>
- Maiti, A., Raza, A., & Kang, B. H. (2021). Teaching embedded systems and internet-of-things supported by multipurpose multiobjective remote laboratories. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 14(4), 526-539.
<https://doi.org/10.1109/TLT.2021.3104258>
- Mehrotra, A., Giang, C., El-Hamamsy, L., Guinchard, A., Dame, A., Zahnd, G., & Mondada, F. (2021). Accessible maker-based approaches to

educational robotics in online learning. *IEEE Access*, 9, 96877-96889.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3094158>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S.,... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Togou, M. A., Lorenzo, C., Cornetta, G., & Muntean, G. M. (2020). Assessing the effectiveness of using fab lab-based learning in schools on K-12 students' attitude toward STEAM. *IEEE Transactions on Education*, 63(1), 56-62. <https://doi.org/10.1109/TE.2019.2957711>

Vidal, J., Bravo, D. A., & Rengifo, C. F. (2022). Teaching physical sciences using Arduino physics lab at the Universidad del Cauca. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del*

Aprendizaje, 17(3), 223-229. <https://doi.org/10.1109/RITA.2022.3191266>

Voštinár, P., & Ferianc, P. (2023). Merge cube as a new teaching tool for augmented reality. *IEEE Access*, 11, 81092-81100. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3301399>

Wang, S., Zhang, F., Tang, Q., Zhang, X., & Zhao, R. (2022). A take-home motor control teaching experiment platform for control engineering-related courses. *IEEE Transactions on Education*, 65(2), 115-123. <https://doi.org/10.1109/TE.2021.3094981>