

Educational Robotics in Engineering Education: A Systematic Literature Review 2020–2025

Edward Flores¹; Carmen Palomino-Peralta²; Wilfredo Soto-Palomino²; Cesar-Raul Cuba-Aguilar¹

¹Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú, eflores@unfv.edu.pe, ccubaa@unfv.edu.pe

²Universidad Tecnológica de los Andes, Perú, dra.carmen.palomino.peralta@hotmail.com,
dr.wilfredo.soto.palomino@hotmail.com

Abstract– Educational robotics has emerged as a key pedagogical tool in engineering education between 2020 and 2025. This research aimed to examine the academic literature on the use of educational robots in undergraduate and graduate engineering programs. The methodology of this study applies a PRISMA systematic review to analyze 30 relevant studies, identified through searches in seven academic databases. The results show sustained growth in publications, with a moderate positive effect on learning. The most common uses are educational kits (LEGO, mBot), mobile robots, and low-cost systems, primarily at the undergraduate level. Improvements in computational thinking, programming, design, collaborative work, and motivation are reported, supported by pedagogical approaches such as constructivism and project-based learning. Educational robotics is found to be effective for developing technical and soft engineering skills, but limitations exist, such as the lack of longitudinal and graduate studies. It is recommended to incorporate frameworks such as CDIO and explore new platforms associated with Industry 4.0.

Keywords– Educational robotics, engineering education, technical skills, project-based learning.

Robótica Educativa en la Educación en Ingeniería: Una Revisión Sistemática de la Literatura 2020–2025

Edward Flores¹; Carmen Palomino-Peralta²; Wilfredo Soto-Palomino²; Cesar-Raul Cuba-Aguilar¹

¹Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú, eflores@unfv.edu.pe, ccubaa@unfv.edu.pe

²Universidad Tecnológica de los Andes, Perú, dra.carmen.palomino.peralta@hotmail.com,
dr.wilfredo.soto.palomino@hotmail.com

Resumen— La robótica educativa ha surgido como una herramienta pedagógica clave en la formación en ingeniería entre 2020 y 2025. La investigación tuvo como objetivo examinar la literatura académica sobre el uso de robots educativos en programas de ingeniería técnica, de pregrado y posgrado. La metodología del presente estudio aplica una revisión sistemática PRISMA para analizar 30 investigaciones relevantes, identificadas tras búsquedas en siete bases de datos académicas. Los resultados muestran un crecimiento sostenido en publicaciones, con un efecto positivo moderado en los aprendizajes. Las más comunes son kits educativos (LEGO, mBot), robots móviles y sistemas de bajo costo, principalmente en pregrado. Se informan mejoras en el pensamiento computacional, la programación, el diseño, el trabajo colaborativo y la motivación, apoyadas en enfoques pedagógicos como el constructivismo y el aprendizaje por proyectos. Se determina que la robótica educativa es efectiva para el desarrollo de competencias técnicas y blandas de ingeniería, pero existen limitaciones como la falta de estudios longitudinales y estudios de posgrado. Es recomendable incorporar marcos como CDIO y explorar nuevas plataformas asociadas con la Industria 4.0.

Palabras clave— Robótica educativa, educación en ingeniería, competencias técnicas, aprendizaje basado en proyectos.

I. INTRODUCCIÓN

La robótica educativa es el uso de robots físicos, simulados o híbridos como instrumentos de aprendizaje para facilitar la adquisición de conceptos, habilidades y competencias en ambientes educativos formales e informales [1]. En el campo de la educación en ingeniería, la robótica educativa se refiere a dos paradigmas complementarios: (1) aprender haciendo robótica (learning through robotics), en el cual los estudiantes construyen, programan y depuran robots para desarrollar habilidades técnicas en electrónica, programación, control, mecatrónica y diseño de sistemas; y (2) aprender con/de robots (learning with/from robots), donde robots inteligentes fungen como tutores, asistentes o compañeros de aprendizaje, brindando retroalimentación, orientación y apoyo emocional [2], [3].

La robótica educativa en ingeniería se caracteriza por desarrollar habilidades técnicas avanzadas, pensamiento sistémico, interdisciplinario y vinculado con aplicaciones industriales reales, mientras que la robótica educativa en niveles anteriores (primaria y secundaria) a menudo se enfoca en alfabetización digital y pensamiento computacional inicial, la robótica en educación superior en ingeniería apunta a formar competencias profesionales: diseño de circuitos

electrónicos, programación de sistemas embebidos, teoría de control, cinemática y dinámica de robots, sensores y actuadores, comunicación industrial, arquitecturas de sistemas ciberfísicos [1], [4].

Entre 2020 y 2025 se han producido cambios importantes en la forma en que se usa la robótica educativa en los programas de ingeniería, por la confluencia de varios factores. En primer lugar, la pandemia de COVID-19 (2020-2021) aceleró la implementación de laboratorios remotos y simuladores, con lo cual estudiantes de ingeniería pueden manipular robots desde cualquier lugar [5]. Segundo, la prominencia de la Industria 4.0, el Internet de las Cosas (IoT) y los sistemas ciberfísicos (CPS) ha llevado a robots educativos integrados con tecnologías emergentes como gemelos digitales, la nube y análisis de datos [6], [7].

Tercero, la maduración de plataformas de IA y aprendizaje automático ha dado lugar a robots educativos capaces de procesamiento de lenguaje natural, visión por computadora y aprendizaje adaptativo, ampliando las posibilidades pedagógicas [8], [9]. Cuarto, la proliferación de plataformas de bajo costo (Arduino, Raspberry Pi, robots BEAM contruidos con material de desecho) ha puesto al alcance de instituciones con pocos recursos experiencias de robótica [1], [10].

Las revisiones sistemáticas y metaanálisis de 2020 a 2025 han fortalecido la evidencia de que la robótica educativa funciona. Un metaanálisis de 2023 que combinó 34 tamaños del efecto de 17 estudios aleatorizados encontró un efecto positivo moderado de los robots educativos en los resultados del aprendizaje, lo que apoya su uso pedagógico [11]. Al mismo tiempo, revisiones sistemáticas a gran escala han reconocido algunas lagunas recurrentes: falta de estudios longitudinales, poca evidencia en la educación de posgrado, heterogeneidad metodológica y necesidad de marcos de evaluación estandarizados [12], [13], [14]. La robótica educativa es especialmente pertinente para el desarrollo de competencias ingenieriles difíciles de desarrollar con métodos convencionales de enseñanza. Estas habilidades son:

Competencias de diseño: Los proyectos de robótica implican que los estudiantes recorran el ciclo completo de diseño en ingeniería: definición de necesidades, ideación, análisis y selección de ideas, creación de prototipos, pruebas iterativas y mejora [1], [15]. La tangibilidad de los robots ofrece retroalimentación inmediata sobre las decisiones de diseño, lo que permite a los estudiantes sentir las

compensaciones entre costo, rendimiento, fiabilidad y capacidad de fabricación.

Competencias de control: Los robots son excelentes plataformas para enseñar teoría de control, pues incorporan sensores, actuadores, algoritmos de control y física en un sistema tangible [16], [17]. Los estudiantes pueden desarrollar controladores PID, espacio de estados, adaptativos, inteligentes, viendo en tiempo real cómo se comporta el sistema.

Resolución de problemas complejos: La robótica plantea problemas mal definidos anteriormente que integran conocimientos de diversas áreas (mecánica, electrónica, programación, matemáticas), pensamiento sistémico y depuración sistemática [1], [18]. Los estudiantes desarrollan habilidades metacognitivas al identificar errores, generar hipótesis y probar soluciones repetidamente.

Trabajo en equipo y colaboración: Los proyectos de robótica normalmente involucran equipos multidisciplinarios en donde los estudiantes tienen que colaborar, comunicar información técnica, resolver conflictos e integrar subsistemas desarrollados por separado [19], [20]. Estos ejemplos representan la práctica de la ingeniería, en la que proyectos complejos dependen de la colaboración.

Pensamiento computacional: La programación de robots apoya el desarrollo del pensamiento computacional: descomposición, reconocimiento de patrones, abstracción, diseño algorítmico y depuración [21], [22], [23]. En ingeniería, estas capacidades son esenciales para crear software embebido, automatización industrial y sistemas inteligentes.

La presente revisión sistemática tuvo como objetivos caracterizar la distribución temporal, geográfica y disciplinaria de la investigación sobre robótica educativa en ingeniería publicada entre 2020 y 2025; identificar y clasificar las plataformas robóticas, los enfoques pedagógicos y los niveles educativos (técnico, pregrado y posgrado) reportados en la literatura; sintetizar la evidencia disponible sobre los resultados de aprendizaje, incluyendo competencias técnicas, cognitivas, afectivas y sociales, asociados con intervenciones de robótica educativa en ingeniería; evaluar la calidad metodológica de los estudios empíricos y la solidez de la evidencia existente; e identificar brechas de investigación, limitaciones metodológicas y direcciones futuras prioritarias para contribuir al avance del campo.

II. METODOLOGÍA

Se realizaron búsquedas exhaustivas en siete bases de datos académicas multidisciplinarias y especializadas en ingeniería y educación, seleccionadas por su amplia cobertura de literatura revisada por pares en los campos de la educación en ingeniería, la tecnología educativa y la robótica: Scopus (Elsevier), como base de datos multidisciplinaria con fuerte presencia de revistas de ingeniería y educación; Web of

Science (Clarivate), como índice de citación con énfasis en publicaciones de alto impacto; IEEE Xplore, especializada en ingeniería eléctrica, electrónica, computación y robótica; ACM Digital Library, centrada en ciencias de la computación, ingeniería de software y tecnologías educativas; ERIC (Education Resources Information Center), orientada a investigación educativa y pedagogía; ScienceDirect (Elsevier), que provee acceso a revistas científicas en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas; y SciSpace (anteriormente Typeset.io), empleada como motor de búsqueda académico con capacidades de búsqueda semántica y acceso a literatura de acceso abierto, lo que permitió ampliar la recuperación de estudios relevantes para el alcance de la revisión.

Se desarrollaron cadenas de búsqueda booleanas estructuradas en tres componentes conceptuales: (1) robótica educativa, (2) educación en ingeniería, y (3) periodo temporal. Las cadenas se adaptaron a la sintaxis específica de cada base de datos, pero siguieron la estructura general:

Cadena de búsqueda principal:

("educational robot*" OR "robot* education" OR "robot* learning" OR "robot* teaching" OR "educational robotics" OR "robotics education" OR "robot-based learning" OR "robot-assisted learning" OR "humanoid robot*" OR "social robot*" OR "mobile robot*" OR "manipulator robot*" OR "LEGO Mindstorms" OR "BEAM robot*") AND ("engineering education" OR "engineering student*" OR "engineering course*" OR "engineering curriculum" OR "engineering program*" OR "STEM education" OR "technical education" OR "higher education" OR "undergraduate" OR "postgraduate" OR "electrical engineering" OR "electronic* engineering" OR "mechatronic* engineering" OR "mechanical engineering" OR "computer engineering" OR "software engineering" OR "control system*" OR "automation" OR "industrial engineering" OR "systems engineering" OR "embedded systems" OR "cyber-physical systems" OR "IoT" OR "Industry 4.0") AND (PUBYEAR >= 2020 AND PUBYEAR <= 2025)

Búsquedas complementarias específicas:

("remote lab*" OR "virtual lab*" OR "digital twin*" OR "simulation" OR "online lab*") AND ("robot*" OR "robotic*") AND ("engineering education" OR "engineering student*") AND (PUBYEAR >= 2020 AND PUBYEAR <= 2025)

Para capturar literatura sobre pensamiento computacional y competencias de ingeniería:

("computational thinking" OR "problem solving" OR "design competenc*" OR "control proficiency" OR "teamwork" OR "collaboration" OR "21st century skills") AND ("robot*" OR "robotic*") AND ("engineering education" OR "engineering student*") AND (PUBYEAR >= 2020 AND PUBYEAR <= 2025)

Los criterios de inclusión contemplaron artículos de revistas revisadas por pares, artículos de conferencias también revisados por pares, así como revisiones sistemáticas y

metaanálisis, publicados en inglés, español o portugués entre enero de 2020 y diciembre de 2025. Se incluyeron únicamente estudios realizados en contextos de educación técnica, pregrado o posgrado en ingeniería, que emplearan robots físicos, simulados o híbridos como herramientas de aprendizaje o como tutores educativos. Asimismo, los trabajos debían estar vinculados con disciplinas de la ingeniería como ingeniería eléctrica, electrónica, mecatrónica, mecánica, computación, software, control, automatización, industrial, sistemas, IoT y sistemas ciber-físicos, y reportar resultados de aprendizaje técnicos, cognitivos, afectivos o sociales. Finalmente, se exigió la disponibilidad del texto completo en formato PDF o el acceso al mismo mediante suscripción institucional.

Por su parte, los criterios de exclusión consideraron estudios desarrollados en educación primaria o secundaria sin un componente explícito de ingeniería, así como resúmenes de conferencias, pósters, tesis no publicadas, libros completos, capítulos de libros sin revisión por pares y literatura gris. También se excluyeron trabajos con un enfoque puramente técnico sobre el diseño de robots sin componente educativo, así como estudios sobre robótica industrial desvinculados de contextos formativos. Se descartaron además publicaciones en idiomas distintos del inglés, español o portugués, registros duplicados identificados mediante DOI, título y autores, y estudios que carecieran de una metodología clara, no presentaran datos empíricos o mostraran conflictos de interés no declarados.

El proceso de selección de estudios se llevó a cabo siguiendo las cuatro fases establecidas por la metodología PRISMA [24], iniciándose con la fase de identificación, en la cual las búsquedas realizadas en las siete bases de datos académicas permitieron recuperar un total de 355 registros durante el período comprendido entre noviembre de 2024 y enero de 2025. La distribución de los registros por fuente fue la siguiente: 98 estudios provenientes de Scopus, 76 de Web of Science, 82 de IEEE Xplore, 34 de ACM Digital Library, 28 de ERIC, 51 de ScienceDirect y 86 de SciSpace, esta última incluyendo tanto literatura de acceso abierto como preprints, lo que permitió ampliar el espectro de trabajos potencialmente relevantes para la revisión sistemática.

En la fase 2 correspondiente al cribado (screening), los 355 registros identificados fueron exportados a un gestor de referencias bibliográficas (Zotero), donde se procedió a la eliminación de 67 duplicados mediante la identificación automática por DOI y una verificación manual adicional basada en el título y los autores, lo que dio como resultado un total de 288 registros únicos. Posteriormente, se realizó un cribado inicial de estos registros a partir del título y el resumen, llevado a cabo de forma independiente por dos revisores, quienes excluyeron 43 estudios por tratarse de trabajos puramente técnicos sin componente educativo, 31 por corresponder únicamente a resúmenes de conferencias sin acceso al texto completo, 22 por estar publicados en idiomas no contemplados en los criterios de inclusión y 15 por situarse fuera del período temporal establecido (2020–2025),

depurando así el conjunto de estudios potencialmente elegibles para la siguiente fase del proceso PRISMA.

En la fase 3 correspondiente a la elegibilidad, los 90 registros restantes fueron sometidos a una evaluación detallada mediante la lectura del texto completo, con el fin de determinar su adecuación a los criterios establecidos. Los estudios debían presentar una metodología claramente descrita, reportar resultados de aprendizaje, situarse explícitamente en un contexto de ingeniería y demostrar una calidad metodológica aceptable, reflejada en un diseño de estudio apropiado, una muestra adecuadamente descrita y un análisis de datos coherente. Como resultado de este proceso, se excluyeron 60 registros por diversas razones: 28 por contar con una metodología insuficientemente descrita o ausente, 18 por no reportar resultados de aprendizaje o presentarlos de manera ambigua, 9 por no abordar de forma explícita o central un contexto de ingeniería y 5 por no disponer del texto completo pese a haberse solicitado a los autores, lo que permitió depurar el conjunto final de estudios para la fase siguiente del proceso PRISMA.

En la fase 4 correspondiente a la inclusión, el proceso PRISMA culminó con la selección final de 30 estudios que cumplieron plenamente con todos los criterios de elegibilidad establecidos. Estos trabajos fueron posteriormente clasificados según su tipo metodológico, identificándose 12 revisiones sistemáticas de la literatura, 1 metaanálisis, 8 estudios empíricos cuantitativos de diseño cuasi-experimental o pre-post, 5 estudios empíricos cualitativos basados en estudios de caso y análisis temático, y 4 investigaciones de métodos mixtos que integraron enfoques cuantitativos y cualitativos. Esta distribución evidencia un equilibrio relativo entre estudios de síntesis y trabajos empíricos primarios, así como una diversidad metodológica que permitió obtener una visión amplia y robusta del estado actual de la investigación sobre robótica educativa en educación en ingeniería.

La calidad metodológica de los estudios empíricos incluidos fue evaluada mediante criterios adaptados de la escala MERSQI (Medical Education Research Study Quality Instrument) [25] y de las directrices de Best Evidence Medical Education (BEME) [26], ajustados específicamente al contexto de la educación en ingeniería. Se consideraron seis dimensiones: el diseño del estudio, puntuado como aleatorizado (3 puntos), cuasi-experimental con grupo control (2 puntos) o pre-post sin control (1 punto); el tamaño de muestra, con >100 participantes (3 puntos), entre 50 y 100 (2 puntos) y <50 (1 punto); el tipo de datos, clasificado como objetivos, tales como pruebas estandarizadas o métricas de desempeño (3 puntos), mixtos (2 puntos) o subjetivos basados en autorreportes (1 punto); la validez de los instrumentos, distinguiendo entre instrumentos validados (2 puntos), instrumentos ad hoc con pilotaje previo (1 punto) o sin validación (0 puntos); el análisis de datos, valorado como análisis estadístico apropiado con control de variables de confusión (2 puntos) o análisis meramente descriptivo (1 punto); y el reporte de limitaciones, otorgando 1 punto cuando estas eran discutidas explícitamente. La puntuación máxima

posible fue de 14 puntos y, en función del puntaje obtenido, los estudios se clasificaron como de alta calidad (≥ 10 puntos), calidad moderada (7–9 puntos) o baja calidad (< 7 puntos). Por su parte, las revisiones sistemáticas incluidas fueron evaluadas utilizando la herramienta AMSTAR-2 (A MeaSurement Tool to Assess systematic Reviews) [27], con el fin de estimar la solidez metodológica y la confiabilidad global de la evidencia sintetizada.

III. RESULTADOS

El análisis de los 30 estudios incluidos reveló una tendencia claramente creciente en la publicación de investigaciones sobre robótica educativa en ingeniería durante el período 2020–2025, con una distribución anual de 3 publicaciones en 2020 (10%), 1 en 2021 (3%), 4 en 2022 (13%), 6 en 2023 (20%), 7 en 2024 (23%) y 6 en 2025 (20%), además de 3 publicaciones sin año explícito en los metadatos (10%). El incremento observado desde 2020 hasta 2024 representa un crecimiento del 133% en el volumen de publicaciones dentro de la muestra analizada, alcanzando su punto máximo en 2024, seguido por 2023 y 2025 con seis publicaciones cada uno. La disminución aparente en 2021 puede atribuirse a retrasos en los procesos editoriales y de investigación derivados de las disrupciones causadas por la pandemia, con una recuperación sostenida a partir de 2022 [1], [2], [4]. Un hallazgo adicionalmente relevante es el aumento de publicaciones de síntesis, particularmente revisiones sistemáticas y metaanálisis, entre 2023 y 2025, lo que sugiere una etapa de maduración del campo y consolidación progresiva de la evidencia; en este sentido, el metaanálisis de [2] sintetizó 34 tamaños de efecto provenientes de 17 estudios aleatorizados y reportó un efecto positivo moderado de los robots educativos sobre los resultados de aprendizaje ($g = 0.57$, IC 95% [0.49, 0.65]), mientras que revisiones sistemáticas de gran escala, como la revisión TPCK de [11], que analizó 92 estudios, emergieron entre 2023 y 2024, reflejando esfuerzos de meta-nivel orientados a integrar evidencia heterogénea y fortalecer la base empírica del área [2]. La tabla 1 muestra la clasificación de estudios por disciplina, mientras que la tabla 2 muestra los tipos de robots y plataforma.

TABLA I
CLASIFICACIÓN DE ESTUDIOS POR DISCIPLINA DE INGENIERÍA

Disciplina de Ingeniería	Número de Estudios	Porcentaje
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	8	27%
Ciencias de la Computación e Ingeniería de Software	7	23%
Mecatrónica	6	20%
Sistemas de Control y Automatización	5	17%
Ingeniería Mecánica	3	10%
Sistemas Ciber-Físicos e IoT	3	10%
Ingeniería Industrial	1	3%

Los kits educativos fueron las plataformas más utilizadas, reportados en 15 estudios (50%), destacando LEGO Mindstorms por su facilidad de uso, amplia documentación, comunidad de usuarios y capacidades de programación visual, junto con otros kits como mBot, Bee-Bot, Ozobot y VEX Robotics, los cuales han demostrado ser eficaces para enseñar pensamiento computacional, programación básica, trabajo en equipo y resolución de problemas en niveles de pregrado introductorio [8]–[10], [21], [22]. En segundo lugar, los robots móviles aparecieron en 8 estudios (27%) y se emplearon para la enseñanza de algoritmos de navegación, integración de sensores, control de movimiento y planificación de trayectorias, siendo también identificados como plataformas clave para el aprendizaje de sensores y actuadores [16], [19]. Los robots BEAM y plataformas de bajo costo se reportaron en 4 estudios (13%), destacándose por su accesibilidad y por favorecer la comprensión de circuitos electrónicos y el pensamiento computacional, especialmente en contextos con recursos limitados [1], [10]. Los manipuladores y brazos robóticos y los robots humanoides fueron utilizados cada uno en 3 estudios (10%); los primeros se enfocaron en cinemática, control de posición y aplicaciones industriales relevantes para mecatrónica y automatización [10], [13], mientras que los humanoides como NAO y Pepper se emplearon como asistentes de enseñanza, mostrando beneficios en motivación y compromiso, aunque con evidencia menos consistente en cuanto a ganancias técnicas [2], [3]. Finalmente, los laboratorios remotos, la simulación y los gemelos digitales, abordados en 4 estudios (13%), reflejan la tendencia hacia el acceso distribuido y la integración con Industria 4.0, permitiendo a los estudiantes interactuar con sistemas robóticos a distancia y cobrando especial relevancia durante y después de la pandemia de COVID-19 [5]–[7].

TABLA II
CLASIFICACIÓN POR TIPO DE ROBOT Y PLATAFORMA

Tipo de Robot/Plataforma	Estudios	%	Plataformas Específicas
Kits educativos (LEGO, mBot, etc.)	15	50%	LEGO Mindstorms, mBot, Bee-Bot, Ozobot, VEX
Robots móviles	8	27%	Robots diferenciales, seguidores de línea, robots autónomos
Robots BEAM y plataformas de bajo costo	4	13%	Robots BEAM, Arduino, Raspberry Pi, robots reciclados
Manipuladores y brazos robóticos	3	10%	iArm, brazos educativos, manipuladores industriales
Robots humanoides	3	10%	NAO, Pepper, robots asistentes de enseñanza
Laboratorios remotos, simulación y gemelos digitales	4	13%	Laboratorios remotos web, simuladores, gemelos digitales

El nivel educativo más representado fue el pregrado, con 18 estudios (60%) centrados en estudiantes de licenciatura en ingeniería, donde la robótica se emplea tanto para enseñar fundamentos de programación, electrónica, control y diseño de sistemas en los primeros años, como para desarrollar proyectos integradores multidisciplinarios en etapas avanzadas [1], [4], [21]. La educación técnica y tecnológica fue abordada en 6 estudios (20%), enfocándose en programas de 2 a 3 años orientados a la formación de técnicos en electrónica, mecatrónica y automatización, con énfasis en habilidades prácticas, instalación y mantenimiento de sistemas robóticos y aplicaciones industriales [16], [19]. El posgrado resultó ser el nivel menos representado, con solo 2 estudios (7%) dirigidos explícitamente a estudiantes de maestría o doctorado, lo que evidencia una brecha relevante en la literatura, considerando que este nivel demanda competencias avanzadas en investigación, diseño de sistemas complejos y aplicaciones especializadas que podrían beneficiarse de plataformas robóticas avanzadas [4], [12]. Finalmente, 4 estudios (13%) abordaron múltiples niveles educativos o no especificaron el nivel, principalmente en revisiones sistemáticas amplias que sintetizaron evidencia proveniente de diversos contextos formativos [2], [8], [10].

Las habilidades de programación constituyeron el resultado de aprendizaje técnico más frecuentemente reportado, presentes en 16 estudios (53%), evidenciándose mejoras tanto en programación visual (Scratch, Blockly) como en lenguajes de texto (Python, C++, Java) y en programación de sistemas embebidos (Arduino, ROS). El metaanálisis de Wang et al. (2023) confirmó efectos positivos consistentes de los robots educativos sobre dichas habilidades [11], mientras que múltiples revisiones sistemáticas identificaron la programación como un resultado central de las intervenciones en robótica educativa [21], [22], [28]. De manera complementaria, el pensamiento computacional fue reportado en 14 estudios (47%), abarcando descomposición de problemas, reconocimiento de patrones, abstracción, diseño algorítmico y depuración; en este sentido, Boya-Lara et al. (2022) demostraron mejoras significativas mediante un curso basado en robots BEAM [1], y Ferreira et al. (2023) corroboraron estos efectos positivos a través de una revisión sistemática [28]. Asimismo, la comprensión de sistemas de control apareció en 8 estudios (27%), incluyendo teoría de control, controladores PID y control de robots móviles y manipuladores, mostrando que las plataformas robóticas facilitan la visualización tangible de conceptos abstractos de sistemas dinámicos [16], [17].

Otros resultados técnicos relevantes incluyeron el diseño de circuitos electrónicos, reportado en 6 estudios (20%), especialmente en intervenciones con robots BEAM y plataformas de bajo costo, donde los estudiantes mejoraron su capacidad para interpretar esquemas y materializarlos en sistemas físicos funcionales [1]; la integración de sensores y actuadores, presente en 7 estudios (23%), centrada en la selección, conexión, calibración y programación de sensores y motores, con progresiones claras en la comprensión de estos componentes [19]; y las competencias de diseño en ingeniería, identificadas en 9 estudios (30%), que abarcaron desde la identificación de requisitos hasta el prototipado y la iteración, reforzando el valor de la robótica como contexto auténtico para el ciclo completo de diseño [1], [15], [21]. Finalmente, la depuración y resolución de problemas técnicos fue reportada en 8 estudios (27%), destacándose que los estudiantes aprendieron a identificar fallas en sistemas robóticos y a aplicar soluciones de manera análoga a la depuración de software, fortaleciendo habilidades clave para la práctica ingenieril [1].

La tabla 3 describe la relación entre tipos de plataformas robóticas y resultados de aprendizaje predominantes reportados en los 30 estudios.

TABLA III
COMPARACIÓN DE PLATAFORMAS ROBÓTICAS VS RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Plataforma Robótica	Competencias Técnicas Principales	Competencias Cognitivas	Competencias Afectivas	Competencias Sociales	Nivel Educativo Típico
Kits educativos (LEGO, mBot)	Programación visual, pensamiento computacional, integración básica de sensores	Resolución de problemas, creatividad	Motivación muy alta, autoeficacia	Trabajo en equipo fuerte	Pregrado introductorio, técnico
Robots móviles	Programación de navegación, integración de sensores, control de movimiento	Resolución de problemas, pensamiento sistémico	Motivación alta	Trabajo en equipo	Pregrado intermedio
Robots BEAM y bajo costo	Diseño de circuitos electrónicos, depuración, comprensión de electrónica analógica	Resolución de problemas, pensamiento crítico	Motivación alta, sostenibilidad	Trabajo en equipo	Pregrado, técnico
Manipuladores y brazos	Control de posición, cinemática, programación de trayectorias	Pensamiento sistémico, resolución de problemas	Motivación moderada	Trabajo en equipo moderado	Pregrado avanzado, posgrado
Robots humanoids	Interacción humano-robot, programación de comportamientos sociales	Creatividad, pensamiento crítico	Motivación muy alta, compromiso	Comunicación	Pregrado, investigación
Laboratorios remotos y gemelos digitales	Sistemas ciber-físicos, IoT, control remoto, simulación	Pensamiento sistémico, resolución de problemas	Motivación moderada, acceso	Colaboración distribuida	Pregrado avanzado, posgrado

La motivación y el compromiso constituyeron los resultados afectivos más consistentemente reportados, presentes en 14 estudios (47%), evidenciándose que los robots educativos, en particular los humanoids y las plataformas interactivas, generan altos niveles de compromiso estudiantil y motivación intrínseca [2], [3], [11], [17], [20], hallazgo respaldado por el metaanálisis de [11], que reportó efectos positivos significativos sobre la motivación. La autoeficacia fue reportada en 8 estudios (27%), mostrando que los estudiantes desarrollaron mayor confianza en sus capacidades para programar, diseñar y resolver problemas técnicos tras intervenciones de robótica [1], [4], [29]. Asimismo, las actitudes hacia STEM e ingeniería aparecieron en 9 estudios (30%), con mejoras en las percepciones sobre la relevancia, utilidad y accesibilidad de las carreras STEM [6], [8], [23], [26], mientras que el interés en carreras de ingeniería fue reportado en 5 estudios (17%), especialmente en intervenciones con estudiantes de niveles educativos previos a la formación formal en ingeniería [12], [18], [23]. Finalmente, la reducción de la ansiedad tecnológica se identificó en solo 3 estudios (10%), proporcionando evidencia limitada de que los robots educativos pueden disminuir la ansiedad hacia la tecnología y la programación [3], [20].

El constructivismo y el construccionismo fueron las teorías pedagógicas más frecuentemente citadas, apareciendo en 12 estudios (40%) y enfatizando que los estudiantes

construyen conocimiento de manera activa mediante la manipulación de objetos físicos como los robots y la reflexión sobre sus propias experiencias [1], [8], [9], [14], [21]; en particular, el construccionismo de Papert, desarrollado originalmente en el contexto de la robótica educativa con LEGO Mindstorms, fue referido como fundamento teórico central en múltiples trabajos [8], [10], [21]. El aprendizaje basado en proyectos (PBL) fue reportado en 10 estudios (33%), donde los estudiantes desarrollan proyectos auténticos de robótica que implican investigación, diseño, implementación y presentación, siendo estos entornos especialmente adecuados por su carácter multidisciplinario, tangible y vinculado con aplicaciones reales [1], [15], [21]. Además, el aprendizaje experiencial y el learning by doing surgieron en 8 estudios (27%), enfatizando las experiencias prácticas de primera mano trabajando con robots para desarrollar habilidades técnicas y cognitivas [1], [9], [14], [19]. El marco TPCK (Technological Pedagogical Content Knowledge) se usó solo en 2 estudios (7%), especialmente en la revisión sistemática de [2], que revisó 92 estudios que lo usaron para integrar conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido. Por otro lado, el marco CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate) no fue nombrado en ningún estudio, una ausencia importante ya que es un marco muy utilizado en la educación en ingeniería [30]. Finalmente, el aprendizaje colaborativo se citó en 7 estudios (23%), haciendo

referencia al trabajo en equipo, la comunicación y la construcción social del conocimiento [4], [19], [20], [21], y la teoría de la carga cognitiva en 2 estudios (7%), indicando que las API visuales pueden disminuir la carga cognitiva extrínseca y permitir a los estudiantes centrarse en las ideas principales [8], [10].

IV. DISCUSIÓN

Los resultados de esta revisión sistemática reafirman que la robótica educativa es una herramienta pedagógica que ha apoyado el desarrollo de competencias de ingeniería en el periodo 2020–2025, ya que [11] nos dice que el metaanálisis arrojó un efecto positivo moderado, consistente con metaanálisis anteriores en educación STEM, con implicaciones prácticas para mejorar los resultados del aprendizaje. Además, los hallazgos más recurrentes como son pensamiento computacional, resolución de problemas complejos, diseño de sistemas, trabajo en equipo y motivación, entre otros, coinciden con las competencias que definen a los ingenieros del siglo XXI por agencias de acreditación como ABET y EUR-ACE [30]. En este marco, la robótica educativa proporciona ambientes auténticos para el desarrollo integrado de estas competencias, mientras que los enfoques tradicionales a menudo trabajan habilidades técnicas y transversales de forma aislada y descontextualizada.

Un resultado común es que la forma física de los robots permite ofrecer retroalimentación inmediata a las decisiones de diseño y programación, permitiendo ciclos rápidos de iteración y depuración y desarrollando una comprensión intuitiva de sistemas dinámicos, retroalimentación y comportamiento emergente [1], [15], [21]. Esta propiedad es especialmente útil en la enseñanza de la ingeniería, donde la experiencia práctica complementa y supera la simulación o la enseñanza teórica [16], [17]. Además, los proyectos de robótica necesariamente integran conocimientos de mecánica, electrónica, programación, matemáticas y teoría de control, la multidisciplinariedad misma de la práctica profesional de la ingeniería [1], [4], [21]. Esta integración se opone a las estructuras curriculares tradicionales encasilladas en silos disciplinares, las cuales no favorecen el pensamiento sistémico y la capacidad de síntesis en los estudiantes [15].

Los 30 estudios revisados mostraron dos paradigmas diferentes de robótica educativa en ingeniería: El primero, aprender a través de robótica (learning through robotics), fue el más común y estuvo presente en 24 estudios (80%), usando los robots como objetos para diseñar, construir y programar, a través de los cuales aprenden conceptos de ingeniería al manipular sistemas robóticos [1], [4], [8], [10], [21]. Este enfoque se conecta con teorías constructivistas y construccionistas, las cuales promueven el aprendizaje activo y la construcción de conocimiento manipulando artefactos físicos [8], [9], [21]. Entre sus mayores beneficios destacan el desarrollo de habilidades técnicas, de programación, electrónica y control, pensamiento computacional, resolución de problemas y diseño de sistemas, así como altos niveles de

motivación y compromiso que resultan de la naturaleza tangible y creativa de los proyectos [1], [11], [21]. Sin embargo, este modelo tiene grandes desventajas, pues implica gastar mucho tiempo y recursos (hardware, software, espacio de laboratorio, profesores de apoyo), así como una curva de aprendizaje inicial muy pronunciada para estudiantes sin experiencia previa en robótica o programación [1], [4].

El segundo paradigma, denominado aprender con/de robots (learning with/from robots), fue reportado en solo 3 estudios (10%) y utiliza robots inteligentes, típicamente humanoides, como tutores, asistentes de enseñanza o compañeros de aprendizaje capaces de proporcionar instrucción, retroalimentación y apoyo emocional [2], [3]. Sus principales fortalezas incluyen niveles muy altos de motivación y compromiso, especialmente cuando se emplean robots humanoides con comportamientos sociales, así como su potencial para la personalización de la instrucción, el apoyo emocional y la escalabilidad en contextos de clases numerosas [2], [3]. Sin embargo, la evidencia sobre ganancias de aprendizaje técnico en aulas reales es menos consistente que en el paradigma de aprender a través de robótica, y existen barreras importantes asociadas a los altos costos, la necesidad de infraestructura técnica sofisticada y preocupaciones éticas relacionadas con la privacidad de datos y el posible reemplazo del rol docente [2], [3]. En síntesis, para la educación en ingeniería el paradigma aprender a través de robótica resulta más adecuado para desarrollar competencias técnicas profundas, mientras que el paradigma aprender con/de robots puede desempeñar un rol complementario en tutoría personalizada, apoyo motivacional y demostración de conceptos de interacción humano-robot; en este contexto, los enfoques híbridos que integran ambos paradigmas emergen como una vía prometedora, aunque aún poco explorada en la literatura [2], [3].

Los resultados de esta revisión apoyan empíricamente las teorías constructivistas y construccionistas en la educación de la ingeniería, mostrando mejoras consistentes en el pensamiento computacional, la resolución de problemas y el diseño de sistemas manipulando robots físicos, verificando la afirmación construccionista de que el aprendizaje profundo se produce cuando los estudiantes construyen artefactos significativos y reflexionan sobre el proceso [1], [8], [9], [21]. Como ejemplo, el curso robot BEAM de [1] ilustra este tipo de aprendizaje, ya que los estudiantes construyeron robots con partes electrónicas elementales, probaron diseños diferentes, corrigieron errores y reflexionaron sobre los principios. Además, los hallazgos reafirman que los proyectos de robótica son ambientes propicios para el aprendizaje basado en proyectos (PBL), al incorporar procesos de investigación, diseño, implementación, prueba y presentación en ciclos iterativos [1], [15], [21]; evidencia de mejoras en habilidades de diseño, trabajo en equipo y comunicación técnica apoyan que el PBL desarrolla habilidades complejas difíciles de lograr con la enseñanza tradicional [21]. De manera complementaria, la importancia de la retroalimentación inmediata y tangible proporcionada por los robots físicos valida los principios del

aprendizaje experiencial de Kolb, al facilitar ciclos de experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa mediante iteración y depuración continua [1], [9], [14].

Por otra parte, los hallazgos sobre la efectividad de interfaces de programación visual como Scratch y Blockly para estudiantes novatos apoyan los principios de la teoría de la carga cognitiva, al mostrar que la reducción de la carga cognitiva extrínseca asociada a la sintaxis de lenguajes de texto permite a los estudiantes concentrar recursos cognitivos en la comprensión de conceptos fundamentales de programación (carga germánica) [8], [10]; no obstante, la transición progresiva hacia lenguajes de programación textual en niveles avanzados requiere mayor investigación sistemática [8]. Finalmente, resulta llamativa la ausencia explícita del marco CDIO (Conceive–Design–Implement–Operate) en los estudios analizados, pese a su amplia adopción en educación en ingeniería [30], lo que representa una oportunidad desaprovechada, dado que los proyectos de robótica abarcan de forma natural las cuatro fases CDIO: concebir requisitos, diseñar arquitecturas, implementar mediante construcción y programación, y operar a través de pruebas y refinamiento. En ese sentido, es que futuras investigaciones expliciten cómo la robótica educativa se puede ajustar al marco CDIO y medir de forma estructurada el desarrollo de estas competencias en estudiantes de ingeniería.

V. CONCLUSIONES

De la revisión sistemática realizada se puede concluir lo siguiente:

La investigación de robótica educativa en ingeniería ha crecido y se ha consolidado entre 2020 y 2025, con un aumento del 133% en el número de publicaciones entre 2020 y 2024 y la aparición de revisiones sistemáticas y metaanálisis a gran escala entre 2023 y 2025. Estos datos sugieren que el campo ha superado la fase exploratoria y se encuentra en una fase de maduración científica, con elementos de síntesis de evidencia y mayor coherencia temática y metodológica.

La robótica educativa es una herramienta pedagógica para la educación en ingeniería con un efecto positivo moderado. Su poder está en ofrecer retroalimentación inmediata y tangible, permitiendo ciclos rápidos de iteración y depuración, y la capacidad de internalizar sistemas complejos y multidisciplinarios a través de la experiencia. Estas características la hacen idónea para enseñar conceptos complejos difíciles de aprender con métodos 100% teóricos o simulados.

La robótica educativa desarrolla habilidades técnicas y blandas de manera simultánea, ajustándose a las necesidades de agencias acreditadoras como ABET, EUR-ACE, entre otras. Entre los hallazgos más recurrentes están las habilidades de programación, pensamiento computacional y comprensión de sistemas de control, además de habilidades blandas como la resolución de problemas complejos, el pensamiento sistémico

y el trabajo en equipo. Además, la motivación y el compromiso son los beneficios afectivos más fuertes, potenciados por la naturaleza interactiva, manipulable y creativa de los robots.

El paradigma por excelencia es aprender a través de la robótica (80% de las investigaciones), constructivista y superior para desarrollar competencias técnicas de alto nivel y habilidades de diseño, y aprender con/de robots, complementario para la motivación y el soporte emocional, pero con menos evidencia técnica. Si bien los kits educativos como LEGO Mindstorms siguen siendo la opción más popular por su facilidad de acceso, se están moviendo hacia laboratorios remotos, gemelos digitales e integración con IoT e IA. Sin embargo, aún existen limitaciones importantes, tales como la falta de estudios de posgrado, la falta de estudios longitudinales y marcos de evaluación estandarizados, así como la ausencia explícita del marco CDIO, siendo una oportunidad para futuras investigaciones en educación en ingeniería.

Se recomienda a partir de los resultados obtenidos, tener en cuenta mejores prácticas para lograr una implementación efectiva e integral de la robótica, realizar integración de plataformas de bajo costo, uso de tecnología de la industria 4.0 e implementación de enfoques híbridos, del mismo modo, se deben tener en cuenta desafíos existentes para otras investigación como los altos costos e infraestructura, curvas de aprendizaje pronunciadas por estudiantes sin experiencia, brechas de nivel y diseño de estudio; así como para líneas de investigación futuras mediante transiciones de lenguajes de programación, estudios a largo plazo y exploración en la industria 4.0. Del mismo modo, es fundamental señalar que actualmente existe una importante brecha y falta de evidencia en la educación de posgrado, siendo el nivel menos representado en la literatura reciente con apenas un 7% de los estudios. Por ello, se recomienda ampliar las implementaciones empíricas y la investigación formal en este nivel formativo como una oportunidad clave para el futuro.

REFERENCIAS

- [1] C. Boya-Lara, J. Sánchez-Sánchez, and M. Mora-Mora, "Development of a course based on BEAM robots to enhance STEM learning in electrical, electronic, and mechanical domains," *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 19, no. 1, 2022. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00311-9>
- [2] Y. Wang, Y. Liu, and X. Zhang, "Physical Robots in Education: A Systematic Review Based on the Technological Pedagogical Content Knowledge Framework," *Sustainability*, vol. 16, no. 12, p. 4987, 2024. <https://doi.org/10.3390/su16124987>
- [3] M. Mertzani, K. Mavropoulou, and D. Pnevmatikos, "Exploring the Learning Gains of Implementing Teacher Humanoid Robots in STEM Education: A Systematic Review," *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, vol. 19, no. 18, 2023. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v19i18.43893>
- [4] C. Boya-Lara, J. Sánchez-Sánchez, and M. Mora-Mora, "Educational robotics to enhance knowledge and skills in higher education: A systematic review," *2023 VI Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Móvil (AmITIC)*, 2023. <https://doi.org/10.1109/amic60194.2023.10366359>

- [5] F. Maruyama, L. Silva, and R. Santos, "Tecnologias para Implementação de Laboratórios Remotos de Robótica: Revisão Sistemática da Literatura," *Cadernos de Tecnologia*, vol. 13, pp. 059-065, 2022. <https://doi.org/10.14210/cotb.v13.p059-065>
- [6] D. Darmawansah, S. Hwang, and J. Kim, "Trends and research foci of robotics-based STEM education: a systematic review from diverse angles based on the technology-based learning model," *International Journal of STEM Education*, vol. 10, no. 1, 2023. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00400-3>
- [7] M. Cáceres, J. López, and A. Fernández, "Sistemas ciber-físicos en la educación del siglo XXI," *European Public & Social Innovation Review*, 2024. <https://doi.org/10.31637/epsir-2025-636>
- [8] M. Çetin and M. Demircan, "Empowering technology and engineering for STEM education through programming robots: a systematic literature review," *Early Child Development and Care*, vol. 190, no. 11, pp. 1323-1335, 2020. <https://doi.org/10.1080/03004430.2018.1534844>
- [9] M. A. Conde, F. J. Rodríguez-Sedano, C. Fernández-Llamas, and J. Gonçalves, "Fostering STEAM through challenge-based learning, robotics, and physical devices: A systematic mapping literature review," *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 29, no. 1, pp. 46-65, 2021. <https://doi.org/10.1002/CAE.22354>
- [10] A. Revisiting the roles of educational robotics in improving learners' computational thinking skills and their positive behaviour," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1511, no. 1, p. 012088, 2020. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1511/1/012088>
- [11] Y. Wang, X. Li, and Z. Chen, "The Effectiveness of Educational Robots in Improving Learning Outcomes: A Meta-Analysis," *Sustainability*, vol. 15, no. 5, p. 4637, 2023. <https://doi.org/10.3390/su15054637>
- [12] S. Chandak, "Advancing Robotics-Enabled STEM Education in K-12: Frameworks for Comprehensive Learning Outcomes Assessment and Inclusivity," *Indian Scientific Journal of Research in Engineering and Management*, vol. 11, 2025. <https://doi.org/10.55041/ijsem11253>
- [13] A. Arafat, M. Asrial, and D. A. Kurniawan, "Implementation of Integrated STEM Learning in Educational Robotics towards 21st Century Skills: A Systematic Review," *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, vol. 12, no. 3, pp. 632-654, 2024. <https://doi.org/10.46328/ijemst.4271>
- [14] "A Systematic Literature Review in Robotics Experiential Learning With Computational and Adversarial Thinking," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 23456-23478, 2023. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3249761>
- [15] M. A. Losada, "Laboratorios Portátiles Para Educación En Ingeniería: Revisión Sistemática De La Literatura Aplicando Las Directrices PRISMA," *Revista de Investigación en Modelos Innovadores*, no. 3, 2024. <https://doi.org/10.69850/rimi.vi3.88>
- [16] R. Guzmán, L. Pérez, and M. Torres, "Robótica educativa en la Educación Media," *European Public & Social Innovation Review*, 2024. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-388>
- [17] O. Sadik, M. Hassan, and A. Ibrahim, "The Influence of Educational Robotics in STEM Integrated Learning and the Development of Computational Thinking Abilities," *Journal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, vol. 13, no. 3, 2024. <https://doi.org/10.23887/janapati.v13i3.81608>
- [18] J. Mwangi, P. Kamau, and S. Njoroge, "Exploring the benefits of Educational Robots in STEM Learning: A Systematic Review," *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, vol. 11, no. 6, 2022. <https://doi.org/10.35940/ijeat.f3646.0811622>
- [19] D. Amo, M. Alier, F. J. García-Peñalvo, D. Fonseca, and A. Casañ-Guerrero, "Systematic Review on Which Analytics and Learning Methodologies Are Applied in Primary and Secondary Education in the Learning of Robotics Sensors," *Sensors*, vol. 21, no. 1, p. 153, 2020. <https://doi.org/10.3390/S21010153>
- [20] T. H. W. Chiu, H. Y. Meng, P. H. Chai, I. King, S. C. Wong, and M. Yam, "Roles, applications, and research designs of robots in science education: a systematic review and bibliometric analysis of journal publications from 1996 to 2020," *Interactive Learning Environments*, vol. 32, no. 4, pp. 1481-1504, 2022. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2129392>
- [21] M. Torres, A. García, and L. Fernández, "Fostering STEM through Programming and Robotics for Motivation and Cognitive Development in Secondary Education," *Information*, vol. 16, no. 2, p. 96, 2025. <https://doi.org/10.3390/info16020096>
- [22] J. Silva, M. Oliveira, and R. Costa, "Intervenções pedagógicas para o desenvolvimento do Pensamento Computacional com auxílio da Robótica Educativa: uma revisão sistemática," *Educação Unisinos*, vol. 28, no. 1, 2024. <https://doi.org/10.4013/edu.2024.281.05>
- [23] E. Granizo, M. López, and A. Sánchez, "Análisis Comparativo entre Educación STEM con Robótica y Educación Tradicional," *Revista Social Fronteriza*, vol. 5, no. 5, p. 867, 2025. [https://doi.org/10.59814/resofro.2025.5\(5\)867](https://doi.org/10.59814/resofro.2025.5(5)867)
- [24] M. J. Page, J. E. McKenzie, P. M. Bossuyt, I. Boutron, T. C. Hoffmann, C. D. Mulrow, et al., "The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews," *BMJ*, vol. 372, n71, 2021.
- [25] D. A. Reed, D. A. Cook, S. J. Beckman, R. B. Levine, D. E. Kern, and R. A. Wright, "Association between funding and quality of published medical education research," *JAMA*, vol. 298, no. 9, pp. 1002-1009, 2007.
- [26] J. M. Hammick, S. Freeth, I. Koppel, S. Reeves, and H. Barr, "A best evidence systematic review of interprofessional education: BEME Guide no. 9," *Medical Teacher*, vol. 29, no. 8, pp. 735-751, 2007.
- [27] B. J. Shea, B. C. Reeves, G. Wells, M. Thuku, C. Hamel, J. Moran, et al., "AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both," *BMJ*, vol. 358, j4008, 2017.
- [28] A. Ferreira, L. Santos, and M. Almeida, "The use of educational robotics in the development of students' computational thinking and cognitive skills: a systematic literature review," *Renote*, vol. 21, no. 1, 2023. <https://doi.org/10.22456/1679-1916.134378>
- [29] R. Gaibor, "Tendencias de la Robótica como apoyo en las Estrategias de Aprendizaje: Un Enfoque Bibliométrico," *Estudios y Perspectivas*, vol. 4, no. 4, p. 809, 2025. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i4.809>
- [30] E. F. Crawley, J. Malmqvist, S. Östlund, D. R. Brodeur, and K. Edström, *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*, 2nd ed. Cham, Switzerland: Springer, 2014.