


Impacto de las TIC en la educación stem: revisión sistemática de herramientas y estrategias pedagógicas

The impact of ICTS on stem education: a systematic review of tools and pedagogical Strategies

O impacto das TIC na educação stem: uma revisão sistemática de ferramentas e estratégias pedagógicas

Pablo Andrés Villegas Chunga 
 pvillegas@ucvvirtual.edu.pe
 Universidad César Vallejo. Lima, Perú

David Carlos Rengifo Carpio 
 drengifoca@ucvvirtual.edu.pe
 Universidad César Vallejo. Lima, Perú

José Manuel Palacios Sánchez 
 jpalaciossa12@ucvvirtual.edu.pe
 Universidad César Vallejo. Lima, Perú

Luis Alberto Castillo Patiño 
 lcastillopa01@ucvvirtual.edu.pe
 Universidad César Vallejo. Lima, Perú

Artículo recibido 10 de noviembre 2025 | Aceptado 18 de diciembre 2025 | Publicado 6 de enero 2026

Resumen

El estudio del impacto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la educación STEM no queda al margen de la educación actual. De ahí que el objetivo de la revisión fue identificar herramientas digitales y las estrategias didácticas asociadas a su uso exitoso. A través del protocolo PRISMA, se realizó una búsqueda en Scopus, Web of Science, ERIC e IEEE Xplore mediante operadores booleanos como "TIC" AND "educación STEM" AND ("simuladores" OR "realidad virtual"). Se incluyeron 17 estudios (2014-2025) y se excluyen literatura gris y artículos no revisados por pares. Los resultados indican que simuladores, entornos inmersivos y laboratorios remotos mejoran las habilidades prácticas y la comprensión conceptual, pero su eficacia depende de una integración pedagógica intencional. Se concluye que el impacto está condicionado por el diseño instruccional, la formación docente y la contextualización, se aboga por el enfoque sistémico que combine tecnología, pedagogía y desarrollo profesional.

Palabras clave: Educación STEM; Herramientas digitales; Impacto; Integración pedagógica; TIC

Abstract

The study of the impact of Information and Communication Technologies (ICT) on STEM education is central to contemporary education. Therefore, the objective of this review was to identify digital tools and the pedagogical strategies associated with their successful use. Using the PRISMA protocol, a search was conducted in Scopus, Web of Science, ERIC, and IEEE Xplore using Boolean operators such as "ICT" AND "STEM education" AND ("simulators" OR "virtual reality"). Seventeen studies (2014-2025) were included, while gray literature and non-peer-reviewed articles were excluded. The results indicate that simulators, immersive environments, and remote laboratories improve practical skills and conceptual understanding, but their effectiveness depends on intentional pedagogical integration. It is concluded that the impact is conditioned by instructional design, teacher training, and contextualization, and a systemic approach that combines technology, pedagogy, and professional development is advocated.

Keywords: STEM education; Digital tools; Impact; Pedagogical integration; ICT

Resumo

O estudo do impacto das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) na educação STEM é fundamental para a educação contemporânea. Portanto, o objetivo desta revisão foi identificar ferramentas digitais e as estratégias pedagógicas associadas ao seu uso bem-sucedido. Utilizando o protocolo PRISMA, foi realizada uma busca nas bases de dados Scopus, Web of Science, ERIC e IEEE Xplore, utilizando operadores booleanos como "TIC" AND "educação STEM" AND ("simuladores" OR "realidade virtual"). Dezesete estudos (2014-2025) foram incluídos, enquanto a literatura cinzenta e artigos não revisados por pares foram excluídos. Os resultados indicam que simuladores, ambientes imersivos e laboratórios remotos aprimoram as habilidades práticas e a compreensão conceitual, mas sua eficácia depende da integração pedagógica intencional. Conclui-se que o impacto é condicionado pelo design instrucional, pela formação de professores e pela contextualização, e defende-se uma abordagem sistêmica que combine tecnologia, pedagogia e desenvolvimento profissional.

Palavras-chave: Educação STEM; Ferramentas digitais; Impacto; Integração pedagógica; TIC

INTRODUCCIÓN

La intersección entre la educación y la tecnología define una de las transformaciones más significativas del panorama educativo contemporáneo. Este fenómeno adquiere relevancia en los campos de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM), por sus siglas en inglés; disciplinas en las que la comprensión de procesos complejos, abstractos y dinámicos demanda métodos de enseñanza que trasciendan las limitaciones del pizarrón y el texto estático. La integración de TIC se demanda, por tanto, no como una opción, sino como un componente esencial para desarrollar las competencias del siglo XXI, que incluyen la resolución de problemas, el pensamiento computacional y la colaboración en entornos digitales. La migración hacia ecosistemas de aprendizaje digital, como señala Zou et al. (2025), representa una tendencia irreversible que reconfigura las dinámicas pedagógicas, aunque su éxito depende de la capacidad para superar desafíos persistentes de implementación y equidad.

Sin embargo, la incorporación de herramientas digitales en las aulas STEM enfrenta una paradoja fundamental. Por un lado, existe un consenso amplio respecto a su potencial para simular fenómenos, visualizar lo invisible y facilitar la experimentación práctica en contextos donde los laboratorios físicos son inviables. Por otro lado, la evidencia señala que la mera presencia tecnológica no garantiza una mejora educativa. Kirkwood y Price (2014) cuestionan de manera seminal qué significa exactamente que el aprendizaje sea "mejorado" por la tecnología, una interrogante que impacta una década después. Así, la problemática del presente estudio radica en la frecuente desconexión entre la sofisticación de la herramienta y la solidez del diseño pedagógico que la sustenta, lo que puede derivar en usos superficiales o distractores que no impactan en el aprendizaje profundo.

Esta brecha entre el potencial y la realidad se amplía ante desafíos estructurales. La rápida obsolescencia del hardware y el software contrasta con los ciclos lentos de cambio curricular y formación docente. Hennessy et al. (2015) documentan esta tensión en contextos africanos e identifican que la carencia

de desarrollo profesional continuo y contextualizado es una barrera decisiva para el uso interactivo y significativo de la tecnología. Este hallazgo tiene validez global, es decir, sin una capacitación docente que trascienda la alfabetización digital básica y se centre en la integración pedagógica estratégica, las inversiones en tecnología agudizan las desigualdades ya que benefician solo a instituciones con recursos abundantes para sostener la innovación.

Los antecedentes de esta revolución digital en STEM se remontan a esfuerzos pioneros por superar barreras geográficas y de recursos. La federación de laboratorios en línea Go-Lab, descrita por De Jong et al. (2014), demostró que el acceso remoto a instrumentación científica real podía democratizar la indagación experimental. Este modelo sentó un precedente básico al validar que los entornos virtuales podían soportar procesos de aprendizaje auténticos. Poco después, el análisis bibliométrico de Heradio et al. (2016) confirmó el surgimiento de un campo de investigación vigoroso y en crecimiento y consolida a los laboratorios virtuales y remotos como una línea de estudio legítima y prometedora dentro de la tecnología educativa.

La evolución posterior está marcada por el advenimiento de la inmersión. Tecnologías como la Realidad Virtual (RV) y la Aumentada (RA) redefinen los límites de la simulación y ofrecen experiencias de aprendizaje sensorialmente ricas y altamente circundantes. Metaanálisis en campos aplicados, como el de Chen et al. (2020) en enfermería, aportan evidencia sólida sobre la efectividad de la RV para mejorar resultados de aprendizaje y competencias psicomotoras. No obstante, investigaciones experimentales de vanguardia matizan este entusiasmo. Makransky et al. (2021) demostraron +que, si bien la RV inmersiva incrementa significativamente el agrado y la motivación de los estudiantes, su impacto en la retención y transferencia del conocimiento solo se desarrolla cuando se combina con estrategias pedagógicas generativas activas, como la auto-explicación. Por tal motivo, este hallazgo subraya que la tecnología más avanzada requiere, en paralelo, una pedagogía más sofisticada.

La transición desde la experimentación física tradicional hacia entornos simulados digitales constituye hoy una tendencia dominante en disciplinas como la ingeniería. Negahban (2024) analiza esta migración debido a que destaca ventajas intrínsecas en seguridad, escalabilidad y costo-efectividad, además de la capacidad única para modelar sistemas a escalas o en condiciones extremas imposibles de replicar en un laboratorio físico. Esta tendencia se materializa en herramientas especializadas como SecuenciaLab, un entorno de simulación diseñado específicamente para el entrenamiento en el manejo de sistemas de control electromecánicos (Santoyo et al., 2021). De forma análoga, los simuladores digitales generales son eficaces para enseñar conceptos abstractos debido a que permiten a los estudiantes manipular variables y observar consecuencias en tiempo real, lo que acorta la brecha entre la teoría abstracta y la comprensión tangible (Mora et al., 2025; Alba, 2025).

A pesar de la cantidad de investigación recopilada, un examen detallado de la literatura revela una dispersión significativa y una brecha de síntesis. Se ha logrado comprobar que la producción científica

abarca desde estudios empíricos cuantitativos que miden el efecto de una herramienta específica en un contexto local, hasta meta-análisis que agregan evidencia a nivel disciplinar, y revisiones narrativas que trazan tendencias macro. Existen, por un lado, evaluaciones focalizadas en tecnologías particulares como los simuladores, RV, laboratorios remotos y, por otro lado, revisiones de alcance amplio sobre la digitalización educativa (Haleem et al., 2022) o su aplicación en un nivel escolar concreto (Jiang et al., 2025). Por tanto, falta una integración sistemática que, mantenga el foco en el dominio STEM, catalogue el diverso ecosistema de herramientas TIC disponibles y, de forma inseparable, analice y sintetice las estrategias pedagógicas cuya efectividad ha sido demostrada en conjunción con dichas herramientas.

Esta falta de integración tiene consecuencias prácticas. Para el docente es difícil navegar entre cientos de estudios para comprender qué herramienta es la más adecuada para enseñar, por ejemplo, cinética química o estática estructural, y qué prácticas pedagógicas deben acompañar su implementación. Por consiguiente, en este estudio que sintetiza determinados impactos reportados, ilustra una diversidad de hallazgos que van desde el desarrollo de habilidades prácticas mediante simuladores (Alba, 2025) hasta el fomento del interés profesional en programas extracurriculares STEM (Şahin et al., 2014). Sin una cartografía clara que organice este conocimiento, el riesgo es que la innovación tecnológica avance de forma aislada de la reflexión pedagógica.

Por consiguiente, el objetivo principal de este artículo es realizar una revisión sistemática de la literatura que examine el impacto de las TIC en la educación STEM. Los autores proponen identificar y clasificar las principales categorías de herramientas tecnológicas (simuladores, entornos inmersivos, laboratorios remotos, plataformas en línea, etc.) que han sido investigadas en contextos STEM. Además, sintetizan las estrategias pedagógicas específicas que la literatura reporta como asociadas al uso exitoso y de alto impacto de cada categoría de herramienta. De ahí que su propósito es ir más allá del listado tecnológico para entender la sinergia esencial entre las herramientas informáticas y el método de enseñanza.

Por tanto, el estudio se justifica teórica y prácticamente. Teóricamente, responde al llamado de Castañeda y Williamson (2021); articular repertorios actualizados de metodologías y técnicas con énfasis en su fundamentación teórica y operativa para una investigación crítica e innovadora en tecnología educativa. Al integrar de forma explícita la dimensión tecnológica y la pedagógica, esta revisión contribuye a un marco más integral que supere análisis dicotómicos. Prácticamente, el estudio sirve como una guía fundamentada en evidencia para educadores, formadores de docentes, desarrolladores de contenidos y gestores de políticas. Al ofrecer una síntesis accesible sobre qué funciona, con qué herramientas y bajo qué principios pedagógicos, se informa sobre decisiones de diseño instruccional, inversión tecnológica y desarrollo profesional docente y se promueve una adopción más eficaz y equitativa.

METODOLOGÍA

Este estudio se fundamentó en un diseño de investigación correspondiente a una revisión sistemática de la literatura, enfoque metodológico seleccionado para sintetizar de forma rigurosa, exhaustiva y reproducible la evidencia científica disponible sobre el impacto de las TIC en educación STEM. La decisión de emplear este tipo de investigación se justifica por la necesidad identificada en la introducción de superar la dispersión de estudios primarios y ofrecer una integración crítica que catalogue herramientas y estrategias pedagógicas de manera conjunta. A diferencia de una revisión narrativa, la sistemática se adhiere a un protocolo explícito y predefinido, minimizando sesgos de selección y aumentando la confiabilidad de las conclusiones, lo que resulta esencial para fundamentar prácticas educativas y políticas públicas con solidez empírica.

El proceso de investigación se manejó por las directrices PRISMA, tal como se representa en la Figura 1. La búsqueda sistemática se realizó en bases de datos académicas multidisciplinarias (Scopus, Web of Science) y especializadas (ERIC, IEEE Xplore); se empleó una cadena de búsqueda construida con términos booleanos y relacionados con las dimensiones clave: “TIC” o “tecnología educativa”, “educación STEM”, “simuladores”, “realidad virtual”, “laboratorios remotos” y “estrategias pedagógicas”. Se establecieron criterios de inclusión y exclusión claros; como aspectos inclusivos se tuvieron en cuenta artículos empíricos, meta-análisis y revisiones publicadas entre 2014 y 2025, en español o inglés, y centradas en contextos educativos STEM; se excluyeron estudios no revisados por pares, de ámbitos no educativos o que solo describían herramientas sin evaluar su impacto.

La Figura 1, o flujograma PRISMA, interpreta visualmente el riguroso proceso de selección que garantizó la transparencia y trazabilidad del estudio. El flujo inició con la identificación de 255 registros a través de las bases de datos y otras fuentes. Tras eliminar 51 duplicados, se examinaron 204 registros por título y resumen a través de los criterios de elegibilidad. Posteriormente, se evaluó el texto completo de los artículos preseleccionados, excluyendo 187 por motivos de idioma, año de publicación, falta de revisión por pares o irrelevancia temática, lo cual culminó en la inclusión de 17 estudios para el análisis cualitativo sintetizado. Este proceso secuencial y filtrado aseguró que la muestra final fuera manejable y de alta relevancia para los objetivos de la revisión.

La síntesis y el análisis de los datos se realizaron de manera cualitativa e interpretativa, dado el objetivo de catalogar herramientas y estrategias más que de realizar un meta-análisis cuantitativo. La información de los 17 estudios se extrajo sistemáticamente en tablas (Tablas 1 y 2) que organizaron autor, objetivo, tipo de estudio y síntesis del impacto reportado. Esta estrategia de análisis permitió realizar una comparación cruzada y una integración temática, mediante la identificación de patrones y relaciones entre las categorías tecnológicas y las estrategias pedagógicas asociadas a su éxito. La elección de este método de

revisión sistemática se basó en la naturaleza heterogénea de los estudios incluidos, lo que hizo inviable una agregación estadística, pero óptimo para construir un marco interpretativo integral y contextualizado.

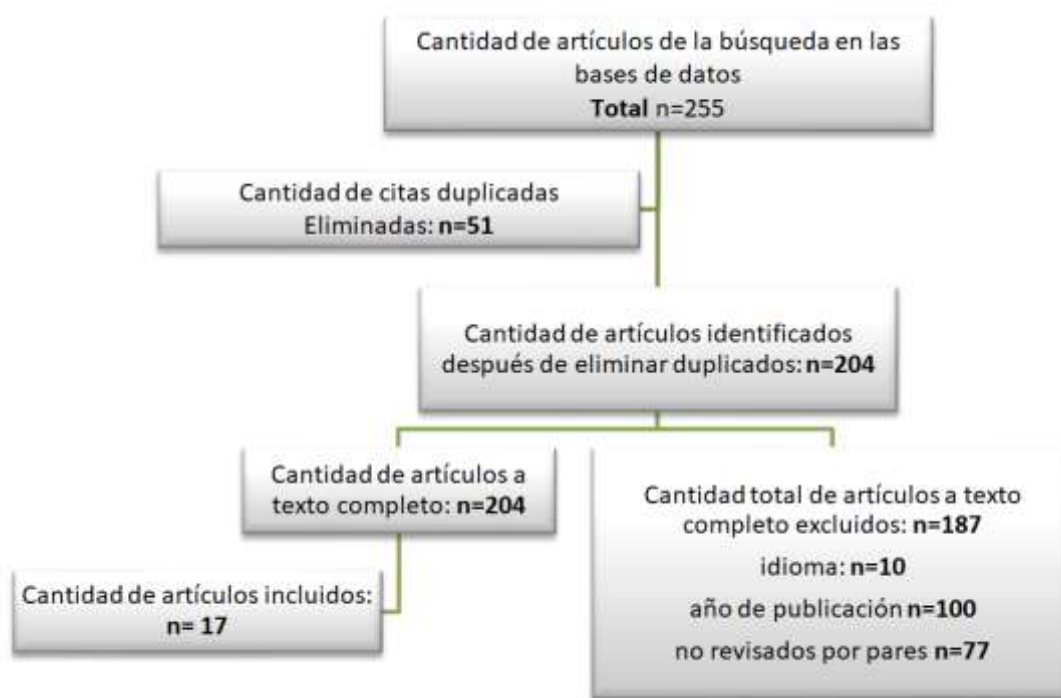


Figura 1. *Proceso de selección de estudios mediante Flujograma de PRISMA*

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

El análisis de los estudios compilados en la Tabla 1, permite distinguir un compromiso colectivo por trascender la descripción tecnológica para establecer evidencias sólidas sobre su impacto. Los autores de estas investigaciones no se conforman con documentar herramientas; su objetivo central reside en verificar cómo estas transforman procesos de aprendizaje y resuelven problemas educativos concretos. Esta postura denota un campo maduro que busca responsabilidad en la innovación y exige que cada avance tecnológico demuestre su valor pedagógico a través de métodos rigurosos. La convergencia en esta aspiración otorga coherencia a un conjunto de investigación diverso.

Al considerar los estudios con objetivos de evaluación directa, se observa una búsqueda de precisión cuantitativa. Alba (2025) en su investigación con simuladores digitales en Lima, parte de una hipótesis clara que consiste en reconocer que la tecnología mejora habilidades prácticas específicas. Su trabajo valida esta premisa en un contexto local, pues proporciona datos decisivos para decisiones educativas regionales. Desde la perspectiva de los autores de la presente revisión sistemática, este enfoque micro es indispensable, pues profundiza el discurso global sobre TIC en realidades tangibles.

Los meta-análisis de Chen et al. (2020) y Li y Liang (2024) representan la cumbre de esta búsqueda de evidencia generalizable. Los autores no realizan nuevos experimentos, pero integran críticamente los ya existentes para emitir veredictos sólidos. Su opinión, implícita en la metodología estadística, es que la

efectividad de la RV y los laboratorios virtuales ya no es una pregunta aislada, sino un hecho consolidado que merece cuantificación precisa. Se asume así que estos trabajos son pilares fundamentales, pues trascienden anécdotas y ofrecen a la comunidad educativa conclusiones de alto nivel de confianza para fundamentar inversiones y diseños curriculares.

Frente a los evaluadores, los autores de proyectos innovadores como De Jong et al. (2014) y Santoyo et al. (2021) poseen un objetivo más proactivo, o sea, demostrar viabilidad y utilidad. Su opinión se manifiesta en la confianza de que una plataforma como Go-Lab o un simulador como SecuenciaLab pueden solucionar carencias de acceso o de seguridad. No se limitan a analizar; construyen y documentan prototipos con una finalidad pedagógica explícita. Se asume entonces que esta aproximación se considera de gran valor porque materializa las posibilidades de la tecnología para crear recursos tecnológicos que luego serán sujetos de evaluación por parte de otros investigadores.

Un giro crítico lo aportan Hennessy et al. (2015). En su investigación sostienen, con sólida evidencia cualitativa, que la discusión obsesiva sobre la herramienta es estéril sin un análisis paralelo del factor humano. Su opinión es que el docente es el principal catalizador del potencial tecnológico. Por tal motivo, este posicionamiento corrige un sesgo tecnocéntrico frecuente en el campo. Entonces, se coincide plenamente con esta visión, ya que redirige la atención hacia la formación, la política educativa y los contextos socioculturales, dimensiones sin las cuales la tecnología más avanzada resulta inocua o incluso contraproducente.

Las revisiones de Haleem et al. (2022) y Zou et al. (2025) expresan la opinión de que el campo debe periódicamente reflexionar sobre su propia trayectoria. Los autores mencionados adoptan una visión macro; sintetizan tendencias y advierten sobre desafíos sistémicos como la equidad. Su objetivo no es defender una tecnología en particular, sino proporcionar un marco de referencia que permita comprender y adaptarse a una realidad en continua transformación. Desde el punto de vista de esta revisión sistemática, estos trabajos sistematizan y articulan el conocimiento existente e impiden así su atomización y favorecen un desarrollo coherente al conectar la investigación especializada con las grandes cuestiones sobre el futuro de la educación.

Investigaciones como las de Jiang et al. (2025) y Negahban (2024) expresan una opinión específica sobre la dirección de la innovación, es decir, consideran que el futuro está en la inmersión y la simulación fidedigna. Durante el desarrollo de la investigación analizan el potencial transformador de la RV/RA o detallan la transición en ingeniería; además, argumentan que estas tecnologías no son solo incrementales, sino paradigmáticas. De esta forma se admite que estos estudios son vitales para orientar el desarrollo futuro, pues identifican y analizan la vanguardia por medio de la distinción entre la promoción excesiva en los medios y las aplicaciones con fundamento educativo con genuino potencial pedagógico para dominios STEM complejos.

Los trabajos centrados en conceptos abstractos, como es el caso de Mora et al. (2025), sostienen la opinión fundamental de que la principal contribución de las TIC en STEM es superar las limitaciones de la representación simbólica tradicional. El mencionado autor defiende la idea de que los simuladores permiten una aprehensión directa de fenómenos que de otro modo serían inaccesibles. Esta postura sitúa a la tecnología como un puente cognitivo esencial y se reconoce la relevancia de este enfoque porque conecta directamente con la epistemología de las ciencias; aborda también el núcleo de la dificultad de aprendizaje en estas disciplinas.

La noción de impacto más allá del aula formal se amplía en estudios como el de Şahin et al. (2014). Entre sus resultados se reconoce que el estímulo de vocaciones y la autoeficacia son resultados tan importantes como las calificaciones. Existe aquí una perspectiva integradora que enriquece el campo, al incorporar dimensiones motivacionales y de desarrollo personal a la evaluación de las intervenciones con TIC. Igualmente, se considera que esta línea es estratégica para abordar la crisis de vocaciones STEM por la razón de que la tecnología también puede ser un instrumento de inspiración y construcción de identidad profesional.

Finalmente, los aportes críticos y metodológicos de Kirkwood y Price (2014) y Castañeda y Williamson (2021) expresan una opinión meta-investigadora. Los autores argumentan que el campo debe cultivar permanentemente la autocrítica y renovar sus herramientas de análisis. No cuestionan el valor de las TIC, sino la solidez con la que se estudia su valor. Desde el punto de vista de los autores de esta revisión sistemática, la contribución de estos estudios radica en su capacidad de meta-análisis y crítica fundacional. Actúan como un mecanismo corrector que inhibe la complacencia académica y fomenta, en cambio, una praxis investigativa caracterizada por la indagación constante.

Tabla 1. Características de los estudios revisados

Autor / Título del estudio	Objetivo	Tipo de estudio
1. Alba (2025). Efecto del uso de simuladores digitales en el desarrollo de habilidades prácticas en estudiantes.	Evaluar el impacto del uso de simuladores digitales en el desarrollo de habilidades prácticas en estudiantes de Lima Metropolitana.	Estudio cuantitativo / empírico.
2. Arifudin (2025). Why digital learning is the key to the future of education?	Argumentar y describir el papel central del aprendizaje digital como pilar para el futuro de la educación.	Artículo de revisión / perspectiva teórica.
3. Castañeda y Williamson (2021). Assembling New Toolboxes of Methods and Theories for Innovative Critical Research on Educational Technology.	Proponer un nuevo conjunto de métodos y teorías para la investigación crítica e innovadora en tecnología educativa.	Artículo teórico / de metodología de investigación.
4. Chen et al. (2020). Effectiveness of Virtual Reality in Nursing Education: Meta-Analysis.	Sintetizar la evidencia existente sobre la efectividad del uso de la Realidad Virtual en la educación de enfermería.	Meta-análisis.
5. De Jong et al. (2014). Innovations in STEM education: the Go-Lab federation of online labs.	Presentar y describir la federación de laboratorios en línea Go-Lab como una innovación para la educación STEM.	Artículo de caso / descripción de proyecto innovador.
6. Haleem et al. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review.	Revisar y comprender el rol y el impacto de las tecnologías digitales en el ámbito educativo.	Revisión de literatura.
7. Hennessy et al. (2015). Challenges and opportunities for teacher professional development in interactive use of technology in African schools.	Explorar los desafíos y oportunidades para el desarrollo profesional docente en el uso interactivo de la tecnología en escuelas africanas.	Estudio cualitativo / análisis de casos.
8. Heradio et al. (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis.	Analizar la producción científica y las tendencias de investigación sobre laboratorios virtuales y remotos en educación.	Análisis bibliométrico.
9. Jiang et al. (2025). Virtual reality and augmented reality-supported K-12 STEM learning: trends, advantages and challenges.	Examinar las tendencias, ventajas y desafíos del uso de la Realidad Virtual y Aumentada en el aprendizaje STEM en educación básica y media.	Revisión de la literatura.

Autor / Título del estudio	Objetivo	Tipo de estudio
10. Kirkwood y Price (2014). Technology-enhanced learning and teaching in higher education: what is 'enhanced' and how do we know?	Realizar una revisión crítica sobre qué se considera "mejora" en el aprendizaje con tecnología y cómo se evalúa en educación superior.	Revisión de la literatura.
11. Li y Liang (2024). Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis.	Evaluar, mediante meta-análisis, la efectividad del laboratorio virtual en la educación en ingeniería.	Meta-análisis.
12. Makransky et al. (2021). Immersive virtual reality increases liking but not learning with a science simulation and generative learning strategies promote learning in immersive virtual reality.	Investigar los efectos de la realidad virtual inmersiva en la percepción y el aprendizaje, y el papel de las estrategias generativas.	Estudio experimental.
13. Mora et al. (2025). Uso de simuladores virtuales en la enseñanza de conceptos abstractos.	Analizar el uso de simuladores virtuales para la enseñanza de conceptos abstractos en el aula.	Estudio de caso / investigación aplicada.
14. Negahban (2024). Simulation in engineering education: The transition from physical experimentation to digital immersive simulated environments.	Describir y analizar la transición en la educación en ingeniería desde la experimentación física hacia los entornos simulados digitales inmersivos.	Revisión narrativa / análisis de tendencias.
15. Şahin et al. (2014). STEM related after-school program activities and associated outcomes on student learning.	Examinar las actividades de programas extracurriculares relacionados con STEM y sus resultados asociados en el aprendizaje estudiantil.	Investigación empírica / cuasi-experimental.
16. Santoyo et al. (2021). SecuenciaLab: laboratorio de simulación para entrenamiento en manejo de sistemas de control electromecánicos.	Presentar el diseño y aplicación de un laboratorio de simulación (SecuenciaLab) para el entrenamiento en el manejo de sistemas de control.	Descripción de desarrollo tecnológico / estudio de caso aplicado.
17. Zou et al. (2025). Digital learning in the 21st century: trends, challenges, and innovations in technology integration.	Explorar las tendencias, desafíos e innovaciones en la integración de la tecnología para el aprendizaje digital en el siglo XXI.	Revisión de alcance (<i>scoping review</i>) / análisis de tendencias.

El análisis de los resultados establecidos en la Tabla 2 revela que el desarrollo de habilidades prácticas mediante simuladores digitales constituye una contribución sólida de las TIC en STEM. Los estudios de Alba (2025) y Santoyo et al. (2021) evidencian que estos entornos virtuales ofrecen un espacio seguro, repetitivo y realista para la práctica, lo cual permite a los estudiantes cometer errores sin riesgo y dominar procedimientos técnicos complejos. Este impacto trasciende la mera familiarización con herramientas, ya que, como señala Mora et al. (2025), los simuladores acortan la brecha cognitiva al permitir la manipulación directa de variables y la visualización de fenómenos abstractos porque facilitan una comprensión profunda y aplicada que la instrucción teórica tradicional a menudo no logra.

La efectividad de estas herramientas, sin embargo, está intrínsecamente ligada a estrategias pedagógicas deliberadas. Los hallazgos indican que el éxito no reside en la tecnología por sí sola, sino en su integración dentro de un diseño instruccional que active procesos cognitivos superiores. Makransky et al. (2021) demuestran que incluso entornos inmersivos de alta fidelidad requieren combinarse con estrategias generativas, como la auto-explicación, para optimizar la retención y transferencia del conocimiento. Esta perspectiva es reforzada por Kirkwood y Price (2014), quienes argumentan que la "mejora" educativa debe evaluarse en función de cómo la herramienta media y transforma la práctica pedagógica; los autores subrayan la necesidad de un apoyo docente que guíe la exploración en el simulador hacia objetivos de aprendizaje específicos.

En un eje complementario, el fomento del interés profesional y la autoeficacia emerge como un impacto decisivo, particularmente a través de programas extracurriculares STEM. La investigación de Şahin et al. (2014) destaca que las actividades prácticas y aplicadas en estos contextos informales impactan significativamente en la motivación intrínseca y la construcción de identidad profesional de los estudiantes. Así, se revela que las TIC, más allá del aula, actúan como catalizadores de vocaciones al proporcionar experiencias empoderadoras y relevantes. La estrategia pedagógica subyacente aquí es la creación de entornos de aprendizajes auténticos y centrados en el estudiante, donde la tecnología sirve para resolver problemas reales por medio de la conexión del conocimiento abstracto con aplicaciones tangibles y con el propio proyecto vital del aprendiz.

La sinergia entre ambos focos, desarrollo de habilidades prácticas e interés profesional, apunta a un modelo integral donde las herramientas TIC y las estrategias pedagógicas se alinean para abordar dimensiones cognitivas y afectivas del aprendizaje STEM. Los simuladores perfeccionan la competencia técnica, mientras que los programas extracurriculares nutren la motivación y la visión a largo plazo. Hennessy et al. (2015) aportan una perspectiva crítica al recordar que esta sinergia depende fundamentalmente de la capacitación docente. Un educador formado puede diseñar secuencias que utilicen simuladores para construir confianza y luego canalizar ese compromiso hacia una exploración profesional más amplia que cierre el círculo entre la habilidad concreta y la aspiración personal.

Por tanto, la evidencia resumida destaca la necesidad de superar enfoques fragmentados. La implementación exitosa requiere una visión sistémica que vincule herramientas tecnológicas específicas, como simuladores y plataformas para actividades extracurriculares, con marcos pedagógicos probados que prioricen la indagación, la autonomía y la relevancia contextual. Futuras iniciativas deben, por tanto, como advierte Zou et al. (2025), diseñarse con atención simultánea a la calidad técnica del recurso, la solidez de la estrategia didáctica que lo enmarca y el desarrollo profesional continuo que empodera a los docentes para poner en práctica estas experiencias de aprendizaje integral y transformador.

Tabla 2. Síntesis del impacto reportado por los estudios revisados

Autor e Investigación	Síntesis del impacto logrado
Alba (2025)	Se evidenció una mejora en la adquisición y ejecución de habilidades prácticas en estudiantes, atribuida al entorno de práctica segura, repetitiva y realista proporcionado por los simuladores digitales.
Arifudin (2025)	Se argumenta que la integración del aprendizaje digital es un catalizador indispensable para lograr sistemas educativos más accesibles, personalizados y resilientes.
Castañeda y Williamson (2021).	Se propone un marco renovado para la investigación en tecnología educativa que promueve una perspectiva crítica que impacta en la calidad y profundidad del análisis sobre la implementación de herramientas digitales.
Chen et al. (2020)	El meta-análisis confirmó que la instrucción basada en RV mejora significativamente los resultados de aprendizaje y las competencias clínicas en comparación con métodos tradicionales.
De Jong et al. (2014)	La creación de una federación de laboratorios en línea democratizó el acceso a experimentos científicos remotos, lo cual impacta positivamente en la motivación y la comprensión de conceptos complejos en STEM.
Haleem et al. (2022)	La revisión sistematizó los impactos multidimensionales de las tecnologías digitales y destaca su contribución a la eficiencia, la colaboración y el desarrollo de habilidades de orden superior.
Hennessy (2015)	Identificó que el desarrollo profesional continuo y contextualizado es un factor crítico para lograr un impacto positivo y sostenible del uso de tecnología interactiva en el aula.
Heradio (2016)	El análisis reveló un crecimiento exponencial en el campo, señala el impacto consolidado de los laboratorios virtuales y remotos como recursos pedagógicos válidos y eficaces.
Jiang et al. (2025)	La revisión identificó que la RV y RA mejoran la comprensión conceptual y la retención en STEM, aunque su impacto óptimo depende de un diseño pedagógico cuidadoso que evite la sobrecarga cognitiva.
Kirkwood y Price (2014)	Cuestionó críticamente la noción de "mejora"; concluyen que el impacto real de la tecnología depende más de cómo se integra pedagógicamente que de la disposición de herramientas avanzadas.
Li y Liang (2024)	El meta-análisis encontró un efecto positivo moderado a grande de los laboratorios virtuales sobre el aprendizaje en ingeniería, equiparable o superior a los laboratorios físicos tradicionales en varios aspectos.
Makransky (2021)	Demostró que la RV inmersiva incrementa significativamente el compromiso y la actitud positiva, pero el impacto en el aprendizaje solo se optimiza cuando se combina con estrategias de aprendizaje generativo.

Autor e Investigación	Síntesis del impacto logrado
Mora et al. (2025)	Reportó que el uso de simuladores facilitó la visualización y comprensión de conceptos abstractos; reduce la brecha entre la teoría y la percepción concreta por parte de los estudiantes.
Negahban (2024)	Documentó el impacto de la transición hacia simulaciones inmersivas, destaca ventajas en seguridad, costo-efectividad y capacidad para modelar sistemas complejos imposibles de replicar físicamente.
Şahin et al. (2014)	Los programas extracurriculares con actividades prácticas de STEM mostraron un impacto positivo en el interés de los estudiantes por las carreras científicas y en su autoeficacia para resolver problemas.
Santoyo et al. (2021)	La implementación del laboratorio de simulación impactó en la adquisición de competencias técnicas para el manejo de sistemas de control; mejora la preparación para entornos laborales reales.
Zou et al. (2025)	Sintetizó que el impacto de la integración tecnológica exitosa conduce a ecosistemas de aprendizaje más flexibles e innovadores, aunque enfrenta desafíos persistentes de equidad y formación docente.

Discusión

La discusión de los hallazgos revela una asociación indispensable entre herramientas tecnológicas y estrategias pedagógicas, lo cual confirma que el impacto en STEM no es automático. Los resultados de Alba (2025) y Santoyo et al. (2021) sobre simuladores coinciden con la teoría del aprendizaje experiencial de Kolb (1984), donde la práctica en entornos seguros facilita la conceptualización abstracta. No obstante, como advierte Kirkwood y Price (2014), esta ventaja solo se materializa si la tecnología está subordinada a un diseño instruccional intencional. Por esta razón, la revisión corrobora que la simple exposición a simulaciones, sin apoyo pedagógico, resulta en un aprendizaje superficial, un riesgo ampliamente documentado en estudios sobre desorientación cognitiva en entornos virtuales (Huygelier et al., 2019).

En cuanto al fomento del interés profesional, los hallazgos de Şahin et al. (2014) se alinean con teorías sociocognitivas, particularmente la de Bandura (1997) sobre autoeficacia. Los programas extracurriculares estructurados con TIC proveen experiencias de dominio que fortalecen la creencia en las propias capacidades. Sin embargo, este impacto positivo debe contextualizarse, o sea, estudios como los de Bourdieu (1986) señalan que estos efectos son más pronunciados en estudiantes con capital cultural previo, lo que puede ampliar brechas existentes. Por consiguiente, la promoción de vocaciones requiere una estrategia doble que combine la tecnología con intervenciones socioemocionales y mentorías que nivelen el punto de partida.

Una contribución central de esta síntesis es la articulación de un marco integrador que supera la dicotomía entre tecnología y pedagogía. Al catalogar herramientas específicas (simuladores, RV, laboratorios remotos) y asociarlas a estrategias pedagógicas validadas (aprendizaje generativo, indagación), se responde al llamado de Castañeda y Williamson (2021) por una investigación más crítica y acoplada. Este marco ofrece una guía práctica para docentes, permitiéndoles seleccionar recursos no por novedad, sino por su adecuación a objetivos de aprendizaje y principios pedagógicos demostrados, un avance sobre revisiones puramente tecnocéntricas como la de Schmid et al. (2014).

Una segunda contribución es la crítica implícita al determinismo tecnológico. La revisión sistemática, al evidenciar que factores como la formación docente (Hennessy et al., 2015) y el diseño pedagógico (Makransky et al., 2021) son mediadores trascendentales, desplaza el foco desde la herramienta hacia el sistema educativo en su conjunto. Esta perspectiva ecológica coincide con el marco TPACK (Mishra & Koehler, 2006), que enfatiza la intersección entre conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar. Así, se aporta una visión más matizada que la de revisiones optimistas iniciales y posicionan a la tecnología como un catalizador condicionado por múltiples variables contextuales.

No obstante, este estudio presenta limitaciones. Primero, el criterio de inclusión pudo haber generado

un sesgo de publicación hacia resultados positivos ya que excluye investigaciones que reportan efectos nulos o negativos, un problema común en el campo (Tamim et al., 2011). Segundo, la generalización de los hallazgos es compleja, dado que muchos estudios revisados, como el de Alba (2025), se contextualizan en entornos específicos. La efectividad de una herramienta o estrategia está profundamente mediada por factores culturales, infraestructurales y curriculares locales, lo que limita la transferencia directa de recomendaciones.

Al comparar los resultados con otras fuentes, se encuentran convergencias y disonancias. Por un lado, el meta-análisis de Li y Liang (2024) sobre laboratorios virtuales en ingeniería corrobora hallazgos previos como los de Ma y Nickerson (2006), quienes ya señalaban ventajas en coste y seguridad, pero cuestionaban la equivalencia total con la experiencia física en el desarrollo de habilidades táctiles. Por otro lado, el énfasis en estrategias generativas para RV (Makransky et al., 2021) amplía el trabajo de Parong y Mayer (2018), quienes advierten sobre la carga cognitiva en entornos inmersivos, así como sugieren que el diseño instruccional es aún más crítico en tecnologías de alta inmersión.

Este análisis sistemático permite afirmar que el impacto de las TIC en STEM es significativo pero contingente. La evidencia sintetizada aboga por abandonar preguntas genéricas sobre si la tecnología "funciona", para enfocarse en condiciones específicas de implementación. Futuras investigaciones deberían adoptar diseños mixtos que, según Hew y Brush (2007), se deben analizar sistémicamente las barreras de integración a nivel de institución y política. Asimismo, se requieren estudios para dar seguimiento a la problemática y que evalúen si el interés profesional despertado por programas extracurriculares (Şahin et al., 2014) conducen efectivamente a la persistencia en carreras STEM.

Finalmente, esta revisión subraya la necesidad de invertir en desarrollo profesional docente como eje de cualquier política de digitalización. Como sostienen Hennessy et al. (2015), sin una capacitación que fomente la integración pedagógica estratégica, las herramientas más avanzadas permanecerán inutilizadas. El camino a seguir, por tanto, no es la búsqueda de la próxima herramienta disruptiva, sino la consolidación de ecosistemas educativos donde tecnología, pedagogía y formación docente evolucionen de manera coherente y crítica para atender las demandas del aprendizaje del siglo XXI.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de esta revisión sistemática muestran que las tecnologías digitales benefician la educación STEM, especialmente al fomentar habilidades prácticas y aclarar conceptos abstractos. Sin embargo, este beneficio aparece cuando las herramientas se integran intencionadamente dentro de un diseño instruccional sólido. La simple exposición a simulaciones o entornos inmersivos no basta; es la calidad de la mediación pedagógica la que determina si surge un aprendizaje profundo y significativo, lo que superando así el enfoque meramente tecnocéntrico.

Un aporte destacado de este estudio es presentar una visión integrada que une estrechamente las categorías tecnológicas con estrategias de enseñanza concretas. Este marco enfatiza que el éxito depende de la sinergia entre el recurso digital, los métodos pedagógicos usados y la capacidad docente para implementarlos. En consecuencia, se desplaza la atención desde buscar herramientas innovadoras hacia la importancia crítica de la formación docente y del contexto escolar como condiciones propicias para una implementación eficaz.

Es necesario reconocer las limitaciones propias de esta síntesis. La posible exclusión de estudios con resultados neutros o negativos podría sesgar la evidencia hacia un panorama excesivamente optimista. Además, la fuerte contextualización de muchos trabajos analizados restringe la transferencia directa de las recomendaciones, lo cual subraya que la efectividad de cualquier intervención tecnológica depende de variables culturales, curriculares y de infraestructura propias de cada entorno educativo.

Finalmente, el futuro de la investigación en este campo debe orientarse a estudios longitudinales que evalúen la sostenibilidad del impacto y a análisis sistémicos de los procesos de implementación. El progreso no reside en la tecnología disruptiva por sí sola, sino en la construcción de ecosistemas educativos coherentes donde la innovación digital, la reflexión pedagógica continua y el desarrollo profesional docente confluyan para crear experiencias de aprendizaje realmente transformadoras y equitativas para todos los estudiantes.

REFERENCIAS

- Alba, E.H. (2025). Efecto del uso de simuladores digitales en el desarrollo de habilidades prácticas en estudiantes – Lima Metropolitana. Perú. *Revista Arbitrada De Educación Contemporánea*, 2(1), 38–52. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16648577>
- Arifudin, O. (2025). Why digital learning is the key to the future of education. *International Journal of Education and Digital Learning (IJEDL)*, 3(4), 201–210. <https://doi.org/10.47353/ijedl.v3i4.261>
- Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. W. H. Freeman.
- Bourdieu, P. (1986). The forms of capital. En J. G. Richardson (Ed.), *Handbook of theory and research for the sociology of education* (pp. 241–258). Greenwood.
- Castañeda, L., Williamson, B. (2021). Assembling New Toolboxes of Methods and Theories for Innovative Critical Research on Educational Technology. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 10, 1–14. <https://doi.org/10.7821/naer.2021.1.703>
- Chen, F.Q., Leng, Y.F., Ge, J.F., Wang, D.W., Li, C., Chen, B., Sun, Z.L. (2020). Effectiveness of Virtual Reality in Nursing Education: Meta-Analysis. *Journal of Medical Research*, 22(9), e18290. <https://doi.org/10.2196/18290>
- De Jong, T., Sotiriou, S. y Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: the Go-Lab federation of online labs. *Smart Learn. Environ*, 1, 3. <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0003-6>
- Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., y Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 275-285. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
- Hennessy, S., Haßler, B., y Hofmann, R. (2015). Challenges and opportunities for teacher professional development in interactive use of technology in African schools. *Technology, Pedagogy and Education*, 24(5), 1–28. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2015.1092466>

- Heradio, R., de la Torre, L., Galan, D., Cabrerizo, F. J., Herrera-Viedma, E., y Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers & Education*, 98, 14–38. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.010>
- Hew, K.F., Brush, T. (2007). Integrating technology into K-12 teaching and learning: current knowledge gaps and recommendations for future research. *Education Technology Research and Development*, 55, 223–252. <https://doi.org/10.1007/s11423-006-9022-5>
- Huygelier, H., Schraepen, B., van Ee, R., Vanden Abeele, V., y Gillebert, C. R. (2019). Acceptance of immersive head-mounted virtual reality in older adults. *Scientific Reports*, 9, 4519. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41200-6>
- Jiang, H., Zhu, D., Chugh, R., Turnbull, D., y Jin. (2025). Virtual reality and augmented reality-supported K-12 STEM learning: trends, advantages and challenges. *Education Information Technology*, 30, 12827–12863. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13210-z>
- Kirkwood, A., y Price, L. (2014). Technology-enhanced learning and teaching in higher education: what is ‘enhanced’ and how do we know? A critical literature review. *Learning, Media and Technology*, 39(1), 6–36. <https://doi.org/10.1080/17439884.2013.770404>
- Kolb, D.A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Li, J., Liang, W. (2024). Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis. *PLoS ONE*, 19(12), e0316269. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316269>
- Ma, J., y Nickerson, J. V. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys*, 38(3). <https://doi.org/10.1145/1132960.1132961>
- Makransky, G., Andreassen, N. K., Baceviciute, S., y Mayer, R. E. (2021). Immersive virtual reality increases liking but not learning with a science simulation and generative learning strategies promote learning in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 113(4), 719–735. <https://doi.org/10.1037/edu0000473>
- Mishra, P., y Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Mora, B. M., Gavilánez, M.M., Espinoza, J.E., y Martínez, R. (2025). Uso de simuladores virtuales en la enseñanza de conceptos abstractos. *Sinergia Académica*, 8(4), 713-727. <https://doi.org/10.51736/sa636>
- Negahban A. (2024). Simulation in engineering education: The transition from physical experimentation to digital immersive simulated environments. *Simulation*, 100(7), 695-708. <https://doi.org/10.1177/00375497241229757>
- Parong, J., y Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785–797. <https://doi.org/10.1037/edu0000241>
- Şahin, A., Ayar, M. C., y Adigüzel, T. (2014). STEM related after-school program activities and associated outcomes on student learning. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 14(1), 309–322. <https://doi.org/10.12738/estp.2014.1.1876>
- Santoyo, A., López, C., y Castillo, C. (2021). SecuenciaLab: laboratorio de simulación para entrenamiento en manejo de sistemas de control electromecánicos. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(22), e02. <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.822>
- Schmid, R. F., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Tamim, R. M., Abrami, P. C., Surkes, M. A., Wade, C. A., y Woods, J. (2014). The effects of technology use in postsecondary education: A meta-analysis of classroom applications. *Computers & Education*, 72, 271–291. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.11.002>

- Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C., y Schmid, R. F. (2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning: A second-order meta-analysis and validation study. *Review of Educational Research*, 81(1), 4–28. <https://doi.org/10.3102/0034654310393361>
- Zou, Y., Kuek, F., Feng, W., y Cheng, X. (2025). Digital learning in the 21st century: trends, challenges, and innovations in technology integration. *Frontiers in Education*, 10. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1562391>