

Artículo de Investigación

Sistemas ciber-físicos en la educación del siglo XXI

Cyber-physical systems in 21st century education

Oscar Peña-Cáceres¹: Universidad César Vallejo, Perú.

openac@ucvvirtual.edu.pe

Henry Silva-Marchan: Universidad Nacional de Tumbes, Perú.

hsilvam@untumbes.edu.pe

Rudy Espinoza-Nima: Universidad Nacional de Piura, Perú.

respinozan@unp.edu.pe

Manuel More-More: Universidad Nacional de Piura, Perú.

mmorem@unp.edu.pe

Fecha de Recepción: 17/04/2024

Fecha de Aceptación: 22/07/2024

Fecha de Publicación: 05/11/2024

Cómo citar el artículo:

Peña-Cáceres, O., Silva-Marchán, H., Espinoza-Nima, R. y More-More, M. (2025). Sistemas ciber-físicos en la educación del siglo XXI [Cyber-physical systems in 21st century education]. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 1-19. <https://doi.org/10.31637/epsir-2025-636>

Resumen:

Introducción: Este estudio explora la integración de los sistemas ciber-físicos (CPS) en la educación del siglo XXI. **Metodología:** Mediante una revisión sistemática de la literatura en las bases de datos WoS y Scopus, se identificaron y analizaron 34 estudios. **Resultados:** Se evidencia que los CPS, incluyendo tecnologías como la realidad virtual y la robótica, personalizan el aprendizaje y mejoran la evaluación continua, la motivación y las competencias técnicas de los estudiantes. Sin embargo, la implementación enfrenta desafíos, como la necesidad de adaptar programas educativos y diseñar cursos interdisciplinarios prácticos. **Discusión:** A pesar de estos retos, los CPS presentan oportunidades para enriquecer la pedagogía mediante inteligencia artificial y proporcionar un enfoque transversal. **Conclusiones:** Es necesario continuar investigando la integración de tecnologías emergentes en los CPS y evaluar su impacto en diferentes contextos educativos.

Palabras clave: educación; tecnologías; sistemas ciber-físicos; desafíos; aprendizaje; estudiantes; pedagogía; revisión sistemática de la literatura.

¹ Oscar Peña-Cáceres: Universidad César Vallejo, Perú.

Abstract:

Introduction: This study explores the integration of cyber-physical systems in 21st-century education. **Methodology:** Through a systematic literature review in the WoS and Scopus databases, 34 studies were identified and analyzed. **Results:** It is evident that SCP, including technologies such as virtual reality and robotics, personalizes learning and improves the continuous assessment, motivation, and technical competencies of students. However, implementation faces challenges, such as the need to adapt educational programs and design practical interdisciplinary courses. **Discussion:** Despite these challenges, CPSs present opportunities to enrich pedagogy through artificial intelligence and provide a cross-cutting approach. **Conclusions:** There is a need to continue investigating the integration of emerging technologies in SCPs and to evaluate their impact in different educational contexts.

Keywords: education; technologies; cyber-physical systems; challenges; learning; students; pedagogy; systematic literature review.

1. Introducción

En los últimos tiempos, la convergencia entre la educación y la tecnología ha cobrado una relevancia sin precedentes, transformando radicalmente los métodos de enseñanza y aprendizaje (Akkaya *et al.*, 2016). Este fenómeno no solo ha facilitado el acceso a la información y el conocimiento, sino que también ha reconfigurado las dinámicas pedagógicas tradicionales, abriendo nuevas posibilidades para la innovación educativa. Entre las tecnologías emergentes que han captado la atención de investigadores y educadores se encuentran los sistemas ciber-físicos, una herramienta poderosa para mejorar la experiencia educativa (Hehenberger *et al.*, 2016). El concepto de sistemas ciber-físicos, también conocido como CPS por sus siglas en inglés, fue introducido por primera vez a mediados de la década de 2000, y desde entonces ha evolucionado considerablemente (Kaynak, 2024). Estos sistemas se definen por su capacidad de integrar el mundo físico y el digital mediante el uso de sensores, actuadores y algoritmos avanzados de procesamiento de datos (Schranz *et al.*, 2021).

En el siglo XXI los sistemas ciber-físicos integran procesos físicos y computacionales, lo que permite crear entornos de aprendizaje interactivos y dinámicos (Yu *et al.*, 2023). Los CPS facilitan una educación más personalizada y adaptativa, al proporcionar datos en tiempo real sobre el progreso del estudiante y permitir ajustes inmediatos en las estrategias de enseñanza (Romero *et al.*, 2016). Sin embargo, a pesar de los avances y el potencial de los sistemas ciber-físicos en la educación, su adopción y aplicación generalizada enfrentan varios desafíos (Cardin, 2019). Uno de los principales problemas es la falta de infraestructura tecnológica en muchas instituciones educativas, lo que limita la implementación de estos sistemas. La inversión inicial en hardware, software y conectividad puede ser prohibitiva, especialmente para instituciones con presupuestos limitados (Monostori, 2014). También, existe una brecha de habilidades entre los profesionales de la educación, quienes a menudo carecen de la formación necesaria para integrar estas tecnologías de manera segura en sus prácticas pedagógicas (Priya, 2022). Otra cuestión es el impacto real de los sistemas ciber-físicos en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Si bien existen estudios que demuestran beneficios potenciales, como la mejora en la comprensión conceptual y el aumento de la motivación de los estudiantes, todavía falta evidencia empírica robusta que valide estos efectos a gran escala. La mayoría de las investigaciones se han llevado a cabo en contextos específicos o pilotos a pequeña escala, lo que dificulta generalizar los resultados a nivel global.

La educación se encuentra en una encrucijada donde la integración de nuevas tecnologías es necesaria para mantenerse. Los CPS, al combinar procesos físicos y computacionales, ofrecen una oportunidad única para transformar los métodos de enseñanza tradicionales. Estos

sistemas no solo pueden facilitar el acceso a la información y mejorar la interacción en el aula, sino que también pueden personalizar la experiencia de aprendizaje de acuerdo con las necesidades individuales de los estudiantes (Peter *et al.*, 2015). En este contexto, este estudio es básico para comprender cómo los CPS pueden implementarse de manera efectiva en las instituciones educativas, superando las barreras existentes y maximizando sus beneficios potenciales.

Es por ello que, a medida que la tecnología avanza, es vital que las instituciones educativas adapten sus metodologías para preparar a los estudiantes para un mundo cada vez más digitalizado. Los CPS ofrecen una vía para lograr una educación más personalizada y adaptativa, lo cual es especialmente relevante en un contexto global donde la diversidad de necesidades educativas es vasta. El estudio de Eda y Sutopo (2021) expresa que los CPS pueden mejorar la comprensión conceptual y aumentar la motivación de los estudiantes al proporcionar datos en tiempo real y permitir ajustes inmediatos en las estrategias de enseñanza (Diyana *et al.*, 2020). Por ejemplo, investigaciones realizadas en entornos controlados han demostrado que los CPS pueden facilitar una mayor interacción y participación de los estudiantes, así como una retroalimentación más inmediata y precisa.

El objetivo de este estudio se centra en explorar las aplicaciones, el impacto, los desafíos y las oportunidades asociadas con la integración de sistemas ciber-físicos en la educación contemporánea. Para lograrlo, se plantearon tres preguntas de investigación: (1) ¿Qué sistemas ciber-físicos se han propuesto en el ámbito educativo en el siglo XXI? (2) ¿Cuál es el impacto de los sistemas ciber-físicos en los procesos de enseñanza y aprendizaje en la educación actual? Y (3) ¿Qué desafíos y oportunidades enfrentan las instituciones educativas al adoptar e implementar sistemas ciber-físicos? Al abordar estas preguntas, se espera proporcionar una visión complementaria de cómo los sistemas ciber-físicos pueden transformarse en una herramienta clave para la educación del siglo XXI.

2. Metodología

Para abordar las características del estudio, se implementó una metodología de revisión sistemática conforme a las directrices y normas de la Declaración PRISMA. El desarrollo del estudio siguió varias etapas, comenzando con la búsqueda bibliográfica en diversas bases de datos científicas para identificar estudios relevantes. A continuación, se definieron los criterios de inclusión específicos y se establecieron criterios de exclusión para descartar estudios no pertinentes. Luego, se llevó a cabo un procedimiento sistemático de selección para identificar los estudios que cumplían con los criterios establecidos. Posteriormente, los datos recopilados se analizaron utilizando técnicas de análisis de redes con VOSviewer. En las siguientes subsecciones se explica con mayor profundidad cada una de las etapas mencionadas.

2.1. Búsqueda bibliográfica

Para localizar e identificar estudios relevantes, se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos WoS y Scopus. La elección de estas bases de datos se fundamentó en tres razones principales. Primero, ambas herramientas tienen prestigio y reconocimiento internacional, siendo las principales fuentes para encontrar publicaciones de alto impacto. Segundo, la muestra es representativa gracias al prestigio internacional de estas bases de datos y sus estrictos protocolos de indexación, junto con la delimitación específica de criterios de búsqueda y un procedimiento definido. Tercero, a pesar de cierto solapamiento en sus coberturas y los sesgos presentes en algunas disciplinas, estas bases de datos resultan complementarias, permitiendo obtener una visión completa de la investigación sobre el tema (Kokol, 2023). La búsqueda de publicaciones se enfocó en artículos y ponencias de conferencias

publicados entre los años 2018 y 2024. Se utilizaron los descriptores “cyber-physical systems”, “cyber-physical”, “systems”, “education” y “technology”. Para garantizar la rigurosidad de la búsqueda, se emplearon los operadores “AND” y “OR”. Se exigió que estos descriptores estuvieran presentes en los campos de título, resumen y palabras clave.

2.2. Criterios de inclusión

Se consideraron varios criterios de inclusión para guiar la búsqueda de artículos en las diferentes bases de datos. Se incluyeron publicaciones en inglés o español en revistas revisadas por pares, así como artículos científicos y de conferencias. La temática de los estudios debía estar relacionada con el uso de sistemas ciber-físicos en el ámbito de la educación.

2.3. Criterios de exclusión

Se excluyeron publicaciones en idiomas diferentes al inglés o español, estudios sobre sistemas ciber-físicos fuera del contexto educativo, así como tesis doctorales, libros, comunicaciones, informes técnicos, actas y cartas al editor.

2.4. Procedimiento de selección

El proceso de selección de las publicaciones se llevó a cabo mediante un doble cribado, aplicando los criterios de inclusión y exclusión. Se creó una ficha de selección para garantizar la consistencia en la aplicación de estos criterios. En la primera fase, se revisaron el título, el resumen y las palabras clave para determinar la relevancia de los estudios. En la segunda fase, se recuperaron y analizaron los textos completos de los estudios que parecían ser adecuados.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

Para analizar e interpretar los estudios sobre sistemas ciber-físicos en el ámbito educativo, se combinaron técnicas descriptivas, cuantitativas, correlacionales y semánticas, aplicando el análisis de redes. Se buscó identificar las tendencias investigadas en esta área mediante la representación visual con el software VOSviewer (Abilawa *et al.*, 2024). Los datos extraídos se registraron en una hoja de cálculo, organizándose en columnas según los siguientes temas: autor, título, revista, año de publicación, metodología, número de citas y resultados.

3. Resultados

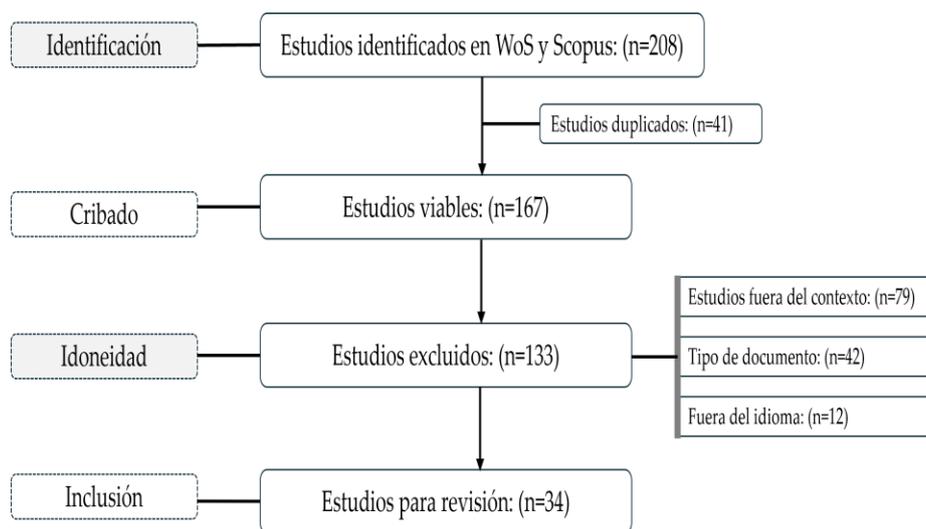
3.1. Selección de estudios

La Figura 1 ilustra el proceso de selección de estudios para la revisión, comenzando con la identificación de 208 estudios en las bases de datos WoS y Scopus. De estos, se eliminaron 41 estudios duplicados, resultando en 167 estudios únicos.

Durante la fase de evaluación, se excluyeron 79 estudios por estar fuera del contexto, 42 investigaciones que no eran artículos científicos ni de conferencia, y 12 estudios por estar en idiomas distintos al inglés o español. Por último, se seleccionaron 34 estudios que cumplieran con los criterios de inclusión establecidos y se consideraron adecuados para el análisis.

Figura 1.

Proceso de selección de estudios

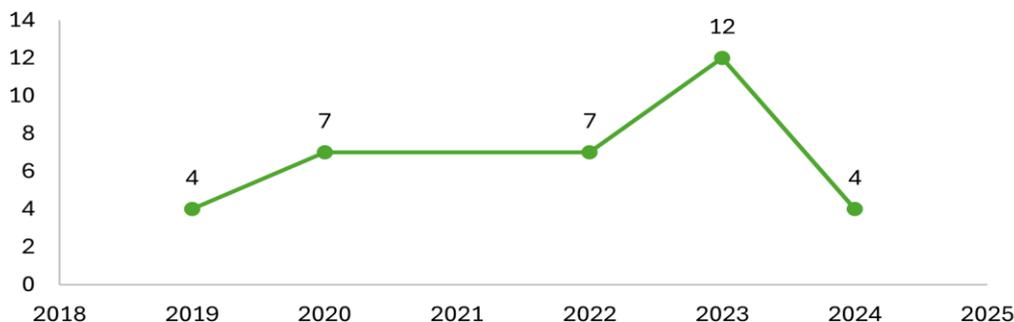


Fuente: Elaboración propia (2024).

La Figura 2 muestra la distribución de publicaciones sobre sistemas ciber-físicos en la educación entre 2019 y 2024. En 2019 se registraron 4 estudios, aumentando a 7 en 2020, y manteniéndose este número en 2021 y 2022. En 2023 hubo un notable incremento a 12 publicaciones, pero en lo que va del 2024 el número es de 4 estudios. Esto indica un crecimiento inicial y una estabilización, seguido de un pico significativo en 2023 y se espera una evolución para el término del 2024.

Figura 2.

Distribución de estudios elegibles por año

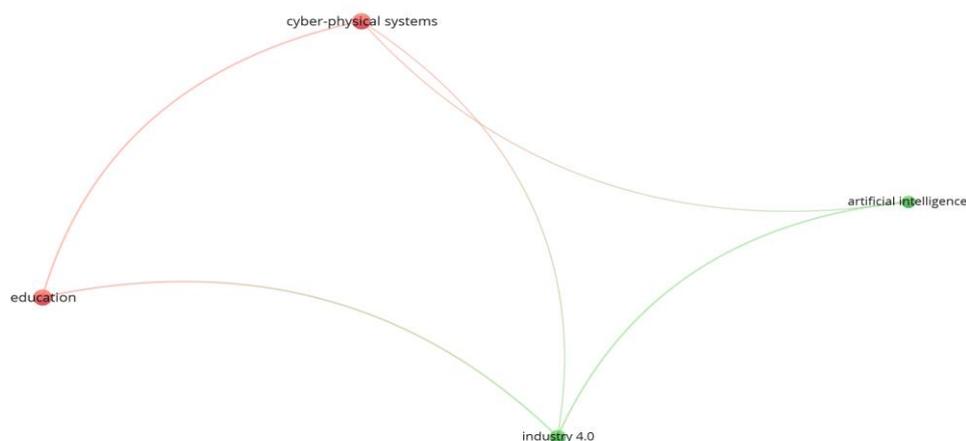


Fuente: Elaboración propia (2024).

Después de revisar la distribución de investigaciones en CPS, la Figura 3 ilustra un análisis de redes de palabras clave. En este análisis, los CPS emergen como el nexo central en la investigación, conectándose con la educación, la inteligencia artificial y la Industria 4.0.

Figura 3.

Análisis de una red de palabras claves



Fuente: Elaboración propia (2024).

3.2. Extracción de datos

En esta subsección abordamos las preguntas de investigación relacionadas con las propuestas, el impacto, los desafíos y las oportunidades de los CPS en el ámbito educativo.

Fase 1. CPS propuestos en el ámbito educativo al siglo XXI

Los CPS en educación incluyen el uso de modelos 3D, realidad virtual y diseño UI/UX para formación y evaluación. También, sistemas de enseñanza asistidos por robots. Estas iniciativas, resumidas en la Tabla 1, demuestran el potencial de los CPS para transformar la educación del siglo XXI.

Tabla 1.

CPS propuestos en el ámbito educativo – Grupo A

Artículo	Propuestas
(Robayo <i>et al.</i> , 2023)	Proponen el empleo de Modelos 3D y realidad virtual aplicando la Metodología Desig Thinking.
(Aslanov & Bolshakov, 2023)	Utilizan la realidad virtual mediante modelos tridimensionales y el diseño UI/UX. Su propósito es abordar actividades de formación y evaluación de la cualificación.
(Hu, 2023)	Exploran el impacto de un sistema de enseñanza y aprendizaje asistido por robots en la educación STEM sobre los conocimientos académicos, las habilidades y las actitudes de los estudiantes.
(Lin <i>et al.</i> , 2023)	Aplican técnicas de realidad virtual con enfoque 3D.
(Kuo <i>et al.</i> , 2023)	Presentan la construcción de un aerogenerador inteligente de código abierto impreso en 3D con el propósito de mejorar la interacción con el estudiante.
(Singsri <i>et al.</i> , 2023)	Valoran el empleo de robots para fortalecer y mejorar las condiciones de aprendizaje en los estudiantes.
(Gaggatur, 2023)	Diseñan una metodología de enseñanza basada en el aprendizaje experiencial para llevar la educación en CPS e IoT al nivel preuniversitario.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Complementando lo antes expresado, la Tabla 2 evidencia diversas iniciativas de CPS en educación. Estas incluyen metodologías de enseñanza experiencial, CPS para ingeniería cibernética, cursos multidisciplinarios, y mejoras en la formación de profesores en línea. También se usan realidad virtual, drones y realidad aumentada en primaria y secundaria, robots móviles para capacidades académicas, CPS asistidos por niebla óptica para vigilancia, y herramientas tecnológicas como “T-CHAT”. Además, se presentan arquitecturas cognitivas para educación inclusiva y conceptos de Universidad 4.0.

Tabla 2.

CPS propuestos en el ámbito educativo – Grupo B

Artículo	Propuestas
(Jung <i>et al.</i> , 2023)	Propone un diseño y desarrollo de un CPS basado en modelos para el plan de estudios de ingeniería cibernética. El objetivo es preparar los cursos de ingeniería cibernética para seguir el ritmo de la generación futura de diseño CPS, incorporando el aprendizaje basado en datos y apoyado de la evolución de tendencias en el diseño CPS basado en modelos.
(Gaggatur, 2023)	Diseñan una metodología de enseñanza basada en el aprendizaje experiencial para llevar la educación en CPS e IoT al nivel preuniversitario.
(Jung <i>et al.</i> , 2023)	Propone un diseño y desarrollo de un CPS basado en modelos para el plan de estudios de ingeniería cibernética. El objetivo es preparar los cursos de ingeniería cibernética para seguir el ritmo de la generación futura de diseño CPS, incorporando el aprendizaje basado en datos y apoyado de la evolución de tendencias en el diseño CPS basado en modelos.
(Andruetto <i>et al.</i> , 2023)	Presentan al lector un curso multidisciplinar postsecundario de CPS que tiene un impacto positivo en las vidas y sociedades en el entorno educativo.
(Chien <i>et al.</i> , 2022)	Establecen un método para mejorar la eficacia de los cursos de formación de profesores en línea para la enseñanza bilingüe que depende de la técnica de CPS.
(Seshia, 2022)	Difunden los resultados de una exploración centrada en proyectos CPS en el ámbito de la Educación.
(Komninos <i>et al.</i> , 2022)	Priorizan métodos asociados a CPS para la enseñanza de primaria y secundaria utilizando realidad virtual, drones, realidad mixta y realidad aumentada.
(Escobar <i>et al.</i> , 2020)	Proponen un robot móvil omnidireccional centrado en fortalecer las capacidades académicas.
(Marwedel <i>et al.</i> , 2020)	Aplican un cuestionario sobre los CPS en la educación. Logran establecer deserciones y percepciones que se inclinan en propuestas sobre la aplicación de tecnologías modernas.
(Singh & Sood, 2020)	Presenta un CPS asistido por niebla óptica para la vigilancia inteligente en el sistema educativo que utiliza recursos ópticos para facilitar decisiones o acciones tempranas.
(Makio <i>et al.</i> , 2020)	Proponen un medio tecnológico denominado “T-CHAT” que se centra en enfoques pedagógicos (1) aprendizaje perceptivo, (2) aprendizaje basado en proyectos, (3) aprendizaje basado en problemas, (4) aprendizaje basado en la investigación y (5) enseñanza presencial.
(Dimitrova <i>et al.</i> ,	Diseñan una arquitectura cognitiva “RELA” -Arquitectura de

2020)	Aprendizaje Mejorada por Robot destinada a ser implementada en la educación inclusiva a través de un sistema ciber-físico para la rehabilitación pedagógica.
(Bachir <i>et al.</i> , 2019)	Expresan una visión de lo que es una Universidad 4.0 y proponemos una arquitectura genérica por capas de Sistemas Educativos Ciber-Físicos, como elemento clave para dar forma a la nueva generación de educación.
(Lytridis <i>et al.</i> , 2019)	El estudio presenta el uso de robots sociales como actores teatrales, y un esbozo del trabajo preliminar de los autores en este campo con el objetivo de emplear este enfoque en la educación especial.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Fase 2. Impacto de los CPS en los procesos de enseñanza y aprendizaje

En la Tabla 3 se resume los impactos de los CPS en la educación. Estos sistemas facilitan el aprendizaje personalizado, mejoran la evaluación continua y el rendimiento académico, y aumentan la eficacia educativa. El uso de simuladores de realidad virtual y profesores robots acelera el conocimiento y mejora la motivación estudiantil. Los CPS también mejoran las competencias técnicas, fomentan la curiosidad, y desarrollan conocimientos y habilidades para un mundo tecnológico. Por otro lado, contribuyen a la interdisciplinariedad, apoyan la educación inclusiva, y adaptan el plan de estudios a las competencias del estudiante. Por último, promueven habilidades sociales como la empatía y la autoestima, influyendo positivamente en la motivación del estudiante.

Tabla 3.

Impacto de los CPS en los procesos de enseñanza y aprendizaje

Artículo	Impacto
(Chatterjee <i>et al.</i> , 2024)	Los CPS puede desempeñar un papel importante en la educación del futuro basada en la educación digital. Su impacto está inmerso al aprendizaje personalizado con colaboraciones mejoradas que fortalezcan la capacidad de los participantes.
(Robayo <i>et al.</i> , 2023)	La implementación de sistemas CPS puede lograr una evaluación continua y mejorar el rendimiento académico en el sistema educativo. Aumentan la eficacia del proceso educativo. En algunos casos el uso de un simulador de realidad virtual estimula el proceso de formación y evaluación.
(Aslanov & Bolshakov, 2023)	La combinación de profesores robot y ordenadores tablet sirvió como recurso de aprendizaje complementario dentro del entorno de aprendizaje. Aceleró la adquisición de conocimientos, amplió las experiencias prácticas y mejoró el compromiso y la motivación de los alumnos.
(Hu, 2023)	Mejora de las competencias técnicas y la inserción laboral en las industrias pertinentes.
(Jung <i>et al.</i> , 2023)	Ayuda eficazmente a los estudiantes a desarrollar y mejorar sus conocimientos y contribuir a un nuevo modelo de aprendizaje-enseñanza.
(Lin <i>et al.</i> , 2023)	Despierta la curiosidad de los estudiantes y les permite aplicar los conocimientos adquiridos en diversos campos.
(Kuo <i>et al.</i> , 2023)	Establece un fuerte lazo en el fortalecimiento de capacidades tanto a estudiantes como a profesionales de diferentes industrias.
(Singsri <i>et al.</i> , 2023)	

(Gaggatur, 2023)	Dota conocimientos y habilidades necesarias para prosperar en un mundo tecnológico en rápida evolución.
(Chien <i>et al.</i> , 2022)	Facilita la observación y permite combinar el conocimiento tanto en el aprendizaje y la enseñanza.
(Seshia, 2022)	Logra un aprendizaje personalizado y un sistema de apoyo eficaz para los estudiantes.
(Komninou <i>et al.</i> , 2022)	Son eficaces para objetivos pedagógicos, ya que entornos de aprendizaje mixtos son necesarios para las nuevas generaciones de estudiantes.
(Marwedel <i>et al.</i> , 2020)	Se fomenta “interdisciplinariedad” donde el trabajo en equipo se valora mucho más. Establece un puente de varias disciplinas que les permite lograr una alta capacidad para trabajar en equipos.
(Dimitrova <i>et al.</i> , 2020)	Ayuda en el proceso de aprendizaje de diferentes edades y diversas necesidades de aprendizaje especialmente en la educación inclusiva.
(Bachir <i>et al.</i> , 2019)	Los CPS se adaptan automáticamente el plan de estudios de cada estudiante basado principalmente en las competencias adquiridas.
(Lytridis <i>et al.</i> , 2019)	Contribuyen a desarrollar habilidades sociales como la empatía, la regulación de las emociones y la autoestima, e influyen positivamente en la motivación del alumno.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Fase 3. Desafíos y oportunidades enfrentan las instituciones al implementar CPS

La Tabla 2 identifica varios desafíos en la implementación de CPS en la educación. Estos incluyen la necesidad de modificar programas educativos y métodos pedagógicos, diseñar técnicas de gamificación, y desarrollar cursos interdisciplinarios para la formación en ingeniería. Se precisa la necesidad de crear escenarios educativos realistas y prácticos, especialmente en la enseñanza preuniversitaria. Los CPS deben contribuir a la sostenibilidad y evitar implicaciones negativas. La adopción de CPS requiere escenarios educativos adecuados y contenidos atractivos que combinen tecnología digital y temas educativos. También se necesitan protocolos para evaluar su rendimiento comparado con técnicas tradicionales. El diseño de CPS exige conocimientos interdisciplinarios y una educación cibernética, física y social fortalecida para preparar a la próxima generación de ciudadanos digitales.

Tabla 4.

Desafíos que enfrentan los CPS en el sistema educativo

Artículo	Desafíos
(Sharonova & Avdeeva, 2024)	Cambiar el panorama educativo a través de la lógica de los programas educativos y métodos pedagógicos.
(Robayo <i>et al.</i> , 2023)	Diseñar nuevas técnicas de gamificación que involucren la participación de los CPS.
(Jung <i>et al.</i> , 2023)	La integración de los CPS en la formación de ingeniería, incluyendo el desarrollo de cursos interdisciplinarios.
(Lin <i>et al.</i> , 2023)	Plantear escenarios más reales vinculados al contexto del usuario en el entorno educativo.
(Gaggatur, 2023)	La educación CPS en la enseñanza preuniversitaria debe ser completa y práctica, con un enfoque interdisciplinario.
(Andruetto <i>et al.</i> , 2023)	Es necesario ver como los CPS pueden contribuir a la sostenibilidad y que posibles implicaciones negativas puedan tener en el ámbito de

(Seshia, 2022)	la educación. Sugiere que las expediciones para explorar los CPS deben realizarse mejor en equipo; así ha de ser las expediciones para descubrir nuevos mundos.
(Komninos <i>et al.</i> , 2022)	La adopción de los CPS sólo podrá alcanzarse cuando se disponga de escenarios y contenidos educativos adecuados. Que los estudiantes se sienten atraídos por los métodos educativos que combinan las tecnologías digitales con los ámbitos temáticos.
(Escobar <i>et al.</i> , 2020)	Se requiere de protocolos para evaluar el rendimiento de los CPS y compararlo con las técnicas tradicionales.
(Marwedel <i>et al.</i> , 2020)	El diseño de los CPS necesita de conocimientos de varias disciplinas, como la informática, la electrónica, la ingeniería mecánica, las matemáticas y la física.
(Wang <i>et al.</i> , 2019)	Se necesita fortalecer y profundizar en la educación cibernética, física y social para capacitar a la próxima generación de ciudadanos digitales.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Abordar los desafíos es un punto relevante, pero también es necesario conocer las oportunidades que brindan los CPS. En este sentido, la Tabla 5 expresa algunos puntos relevantes en torno a los CPS. Estos sistemas pueden proporcionar un enfoque interdisciplinar con énfasis en la seguridad. Por otro lado, enriquecen los métodos pedagógicos mediante la integración de inteligencia artificial y permiten la adaptación a situaciones del mundo real. Los kits de hardware de bajo coste y el incremento de producción de contenidos educativos amplían el campo de los desarrolladores. Se pueden establecer sistemas basados en datos históricos, aplicar soluciones CPS en cursos de formación, y explorar la inteligencia paralela en educación. Estas oportunidades muestran el potencial transformador de los CPS en el ámbito educativo.

Tabla 5.

Oportunidades de los CPS en el sistema educativo

Artículo	Oportunidades
(Chatterjee <i>et al.</i> , 2024)	Los CPS en el aprendizaje inteligente y digital dará una nueva dirección a la nueva era del sistema educativo. Los estudiantes se benefician de la combinación de sistemas físicos y cibernéticos. Se abre una nueva ventana de aprendizaje para los estudiantes. Los estudiantes pueden aprender cualquier cosa desde cualquier lugar y momento.
(Robayo <i>et al.</i> , 2023)	La aplicación de CPS es una alternativa a las actuales clases virtuales, donde la generación de sistemas permite un acercamiento y comunicación entre profesores, alumnos y representantes legales.
(Jung <i>et al.</i> , 2023)	La investigación futura debería explorar la integración de tecnologías emergentes como el aprendizaje artificial en el diseño de CPS. Estos avances podrían brindar modelos de CPS aún más sofisticados y eficientes.
(Gaggatur, 2023)	La educación CPS en la enseñanza preuniversitaria debe brindar un enfoque interdisciplinar con énfasis en la seguridad y la protección.
(Andruetto <i>et al.</i> , 2023)	La introducción de la inteligencia artificial en los sistemas CPS con el proposito de facilitar y enriquecer los metodos y tecnicas pedagogicas.

(Chien <i>et al.</i> , 2022)	Observar situaciones del mundo real para adaptar e integrar a los sistemas CPS en el ambito educativo.
(Seshia, 2022)	Plantear soluciones con kits de hardware de bajo coste que beneficien a los estudiantes y adquieran conocimientos sobre un tema profesional que resulte atractivo y dinamico.
(Komninou <i>et al.</i> , 2022)	El campo de los desarrolladores se ampliará gracias al incremento de producción de contenidos, herramientas y aplicaciones para el ambito educativo. La educación es uno de los ámbitos que se ve fuertemente influido por el progreso de los CPS, a todos los niveles, desde la guardería hasta la universidad.
(Pasricha, 2022)	Establecer nuevos sistemas basados en datos de comportamiento historico e inteligencia artificial
(Escobar <i>et al.</i> , 2020)	Aplicar la solución de los CPS en cursos de formación para estudiantes y formadores.
(Dimitrova <i>et al.</i> , 2020)	Futuros estudios evaluarán empíricamente la arquitectura cognitiva propuesta. El apoyo de sistemas expertos al proceso de enseñanza, la reducción del número de exámenes en clase.
(Wang <i>et al.</i> , 2019)	Las interacciones entre el aprendizaje real y el virtual dan lugar a un nuevo campo de investigación: la inteligencia paralela en la educación o educación paralela.
(Bachir <i>et al.</i> , 2019)	La oportunidad de generar nuevos meta-modelos en el campo educativo.
(Lytridis <i>et al.</i> , 2019)	Tender puentes entre teoría y la práctica.

Fuente: Elaboración propia (2024).

4. Discusión

El análisis de los estudios seleccionados ha evidenciado una evolución en la investigación y aplicación de sistemas ciber-físicos en el ámbito educativo. Este aumento puede atribuirse a varios factores, incluyendo la creciente accesibilidad a tecnologías avanzadas y la urgencia de adaptar los métodos educativos a las demandas del siglo XXI. Hoy en día los CPS en educación comprenden una variedad de tecnologías y métodos innovadores, tales como modelos 3D (Delgado-Algarra, 2022), realidad virtual (RV) (Pozzi *et al.*, 2021), diseño UI/UX, y enseñanza asistida por robots (Ueter *et al.*, 2020). Estas tecnologías han demostrado su potencial para revolucionar la educación mediante la personalización del aprendizaje, la mejora de la evaluación continua y el aumento de la eficacia educativa. En particular, los simuladores de realidad virtual y los profesores robots han mostrado ser efectivos para acelerar el aprendizaje y mejorar la motivación estudiantil.

En ese sentido, los CPS no solo facilitan el desarrollo de competencias técnicas y habilidades interdisciplinarias, sino que también apoyan la educación inclusiva y adaptan los planes de estudio a las necesidades individuales de los estudiantes (Törngren & Herzog, 2016). Sin embargo, la implementación de CPS en el sistema educativo no está exenta de desafíos. Un desafío importante es la necesidad de modificar los programas educativos y métodos pedagógicos existentes para integrar eficazmente estas tecnologías (Bećirović, 2023). Por otro lado, es esencial diseñar nuevas técnicas de gamificación y desarrollar cursos interdisciplinarios que sean prácticos y realistas, especialmente en el nivel preuniversitario. Otro aspecto importante es la evaluación del rendimiento de los CPS comparada con las técnicas educativas tradicionales con el propósito de validar su efectividad y sostenibilidad (Rahmawaty *et al.*, 2023).

Si hablamos de la sostenibilidad de los CPS en el ámbito educativo. Los sistemas deben ser diseñados de manera que eviten implicaciones negativas y contribuyan positivamente al entorno educativo. La adopción de CPS requiere contenidos educativos atractivos y adecuados, que combinen eficazmente la tecnología digital con los objetivos pedagógicos (García & Roofigari-Esfahan, 2020). A pesar de estos desafíos, las oportunidades que ofrecen los CPS son inmensas y prometedoras (El-Hamamsy *et al.*, 2023).

Los CPS tienen el potencial de proporcionar un enfoque interdisciplinar con un fuerte énfasis en la seguridad, enriquecer los métodos pedagógicos mediante la integración de inteligencia artificial y permitir la adaptación a situaciones del mundo real. Los kits de hardware de bajo coste y la producción de contenidos educativos innovadores también amplían significativamente el campo para los desarrolladores, fomentando una mayor innovación en la educación (Al-Masri, 2018). Como investigación futura en CPS se podría explorar la integración de tecnologías emergentes, como el aprendizaje artificial, que ofrecen modelos aún más sofisticados y eficientes.

Consideramos que la implementación de los sistemas ciber-físicos en la educación del siglo XXI no solo representa una evolución tecnológica, sino también un cambio paradigmático en la forma en que se concibe y se lleva a cabo la enseñanza y el aprendizaje. La capacidad de los CPS para personalizar la educación y mejorar el compromiso de los estudiantes sugiere un futuro en el que cada estudiante pueda recibir una educación adaptada a sus necesidades específicas y ritmo de aprendizaje. No obstante, este avance tecnológico debe ser acompañado por un compromiso sólido con la sostenibilidad y la inclusión para garantizar que todos los estudiantes se beneficien de estos desarrollos de manera equitativa. En esta dirección creemos que la clave para el éxito radica en un enfoque equilibrado que integre la innovación tecnológica con estrategias pedagógicas bien diseñadas y evaluadas. La reflexión sobre estas dinámicas y sus implicaciones a largo plazo es esencial para orientar las políticas educativas y las inversiones en tecnología educativa hacia un futuro más inclusivo y efectivo.

5. Conclusiones

La integración de sistemas ciber-físicos en la educación del siglo XXI presenta una oportunidad para transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Los CPS permiten personalizar el aprendizaje, mejorar la evaluación continua y aumentar la eficacia educativa, además de fomentar competencias técnicas e interdisciplinarias esenciales para el mundo moderno. La implementación de CPS enfrenta desafíos, como la necesidad de adaptar programas educativos y métodos pedagógicos, diseñar técnicas de gamificación y desarrollar cursos interdisciplinarios prácticos y realistas. Así como la necesidad de establecer protocolos de evaluación.

No obstante, las oportunidades que ofrecen los CPS son competentes. Estos sistemas pueden enriquecer los métodos pedagógicos mediante la integración de inteligencia artificial y proporcionar un enfoque interdisciplinar. La disponibilidad de hardware de bajo coste y la creación de contenidos educativos innovadores pueden fomentar una mayor innovación en la educación. Los futuros trabajos deberían centrarse en explorar la integración de tecnologías emergentes, como el aprendizaje artificial, en el diseño de CPS para ofrecer modelos más sofisticados y eficientes.

6. Referencias

- Abilawa, A., Rahmawati, A., y Surwanti, A. (2024). Enhancing insight into fintech adoption through VOSViewer: A bibliometric exploration. *Multidisciplinary Reviews*, 7(1), e2024006. <https://doi.org/10.31893/multirev.2024006>
- Akkaya, I., Derler, P., Emoto, S., y Lee, E. A. (2016). Systems Engineering for Industrial Cyber-Physical Systems Using Aspects. *Proceedings of the IEEE*, 104(5), 997-1012. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2015.2512265>
- Al-Masri, E. (2018). Integrating Hardware Prototyping Platforms into the Classroom. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2018*, 8659262. <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8659262>
- Andruetto, C., Inam, R., y Torngren, M. (2023). Adding Cyberphysical Systems to the Engineering Education “Pi.” *Computer*, 56(2), 116-120. <https://doi.org/10.1109/MC.2022.3226917>
- Aslanov, R., y Bolshakov, A. (2023). Method for constructing virtual reality simulators for turning and milling for an engineering education system for building cyber-physical systems. En: A. G. Kravets, A. A. Bolshakov, y M. V. Shcherbakov (Eds.) *Society 5.0. Studies in Systems, Decision and Control*, (Vol. 437, pp. 91-106). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35875-3_8
- Bachir, S., Gallon, L., Abenia, A., Aniorde, P., y Exposito, E. (2019). Towards autonomic educational cyber physical systems. *Proceedings - 2019 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence and Computing, Advanced and Trusted Computing, Scalable Computing and Communications, Internet of People and Smart City Innovation, SmartWorld/UIC/ATC/SCALCOM/IOP/SCI 2019*, 1198-1204. <https://doi.org/10.1109/SmartWorld-UIC-ATC-SCALCOM-IOP-SCI.2019.00223>
- Bećirović, S. (2023). Challenges and Barriers for Effective Integration of Technologies into Teaching and Learning. En *Digital Pedagogy. Springer Briefs in Education* (pp. 123-133). Springer Science and Business Media B.V. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0444-0_10
- Cardin, O. (2019). Classification of cyber-physical production systems applications: Proposition of an analysis framework. *Computers in Industry*, 104, 11-21. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.10.002>
- Chatterjee, R., Bandyopadhyay, A., Das, N., Chowdhury, S., y Hoque, M. (2024). Cyber-physical systems for enhancing smart and digital learning and education. En M. Kayyali (Ed.), *Building Resiliency in Higher Education: Globalization, Digital Skills, and Student Wellness* (pp. 128-143). IGI Global.. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-5483-4.ch007>
- Chien, T. H., Chen, Y. L., Wu, J. S., Siao, C. Y., Chien, L. R., y Chang, R. G. (2022). An Improved Method for Online Teacher Training Courses for Bilingual Education Based on Cyber-Physical Systems. *Applied Sciences*, 12(5), 2346. <https://doi.org/10.3390/app12052346>
- Delgado-Algarra, E. J. (2022). Virtual reality, 3D recreations and 3D printing in social sciences education: Creating and interacting with virtual worlds. En Information Resources Management Association (Ed.), *Research Anthology on Makerspaces and 3D Printing in*

- Education* (pp. 189–208). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-6295-9.ch010>
- Dimitrova, M., Krastev, A., Zahariev, R., Vrochidou, E., Bazinas, C., Yaneva, T., y Blagoeva-Hazarbassanova, E. (2020). Robotic Technology for Inclusive Education: A Cyber-Physical System Approach to Pedagogical Rehabilitation. *ACM International Conference Proceeding Series*, 293–299. <https://doi.org/10.1145/3407982.3408019>
- Diyana, T. N., Haryoto, D., y Sutopo. (2020). Implementation of conceptual problem solving (CPS) in the 5E learning cycle to improve students' understanding of archimedes principle. *AIP Conference Proceedings*, 2215, 050002. <https://doi.org/10.1063/5.0000738>
- Eda, P. S., Purwaningsih, E., y Sutopo, N. (2021). University students' conceptual understanding of thermodynamics with conceptual problem-solving approach (CPS). *AIP Conference Proceedings*, 2330, 050015. <https://doi.org/10.1063/5.0043273>
- El-Hamamsy, L., Bruno, B., Avry, S., Chessel-Lazzarotto, F., Zufferey, J. D., y Mondada, F. (2023). The TACS Model: Understanding Primary School Teachers' Adoption of Computer Science Pedagogical Content. *ACM Transactions on Computing Education*, 23(2), 19. <https://doi.org/10.1145/3569587>
- Escobar, L., Moyano, C., Aguirre, G., Guerra, G., Allauca, L., y Loza, D. (2020). Multi-robot platform with features of cyber-physical systems for education applications. *2020 IEEE ANDESCON*, ANDESCON 2020. <https://doi.org/10.1109/ANDESCON50619.2020.9272030>
- Gaggatur, J. S. (2023). Designing and Implementing a Cyber-Physical Systems (CPS) Education Program for Pre-University Students. *2023 IEEE Technology & Engineering Management Conference - Asia Pacific (TEMSCON-ASPAC)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/TEMSCON-ASPAC59527.2023.10531412>
- Garcia, D. A. L., y Roofigari-Esfahan, N. (2020). Technology Requirements for CPS Implementation in Construction. En C. Anumba, N. Roofigari-Esfahan (Eds), *Cyber-Physical Systems in the Built Environment* (pp. 15–30). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41560-0_2
- Hehenberger, P., Vogel-Heuser, B., Bradley, D., Eynard, B., Tomiyama, T., y Achiche, S. (2016). Design, modelling, simulation and integration of cyber physical systems: Methods and applications. *Computers in Industry*, 82, 273–289. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.05.006>
- Hu, C. C. (2023). Exploring the Impact of CPS-Based Robot-Assisted Teaching in STEM Education: Enhancing Knowledge, Skills, and Attitudes. *International Journal of Human-Computer Interaction*. <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2262278>
- Jung, Y. K., Ropelewski, J., y Gould, S. (2023). WIP-Designing an Educational Cyber-Physical System Based on a Model-Based Approach. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, Station. <https://doi.org/10.1109/FIE58773.2023.10343193>
- Kaynak, O. (2024). Evolution of cyber physical systems towards industrial metaverse. En R. A. Aliev, N. R. Yusupbekov, J. Kacprzyk, W. Pedrycz, M. B. Babanli, F. M. Sadikoglu y S. M. Turabdjanov (Eds.), *12th World Conference "Intelligent System for Industrial Automation" (WCIS-2022)*. WCIS 2022. *Lecture Notes in Networks and Systems*, (vol 718, p. 2). Springer

- Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51521-7_2
- Kokol, P. (2023). Discrepancies among Scopus and Web of Science, coverage of funding information in medical journal articles: a follow-up study. *Journal of the Medical Library Association*, 111(3), 703–709. <https://doi.org/10.5195/jmla.2023.1513>
- Komninos, T., Paraskevas, M., Smyrniou, Z., y Serpanos, D. (2022). Cyberphysical Systems in K-12 Education. *Computer*, 55(5), 81–84. <https://doi.org/10.1109/MC.2022.3158165>
- Kuo, M. M. Y., Sinha, R., Lewis, R., Cumming, C., Alarcon, R., y Sharma, C. (2023). DIY Wind Turbines: A Low-Cost Smart ICPS for Educational Research. 2023 *IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering, TALE 2023 - Conference Proceedings*, Auckland. <https://doi.org/10.1109/TALE56641.2023.10398414>
- Lin, M. F., Li, M. C., Chen, C. M., y Tu, C. C. (2023). A Cyber-Physical Mixed Reality System to Facilitate Chemical Laboratory Safety Education. *Proceedings - 2023 14th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2023*, 168–173. <https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI59060.2023.00043>
- Lytridis, C., Bazinas, C., Kaburlasos, V. G., Vassileva-Aleksandrova, V., Youssfi, M., Mestari, M., Ferelis, V., y Jaki, A. (2019). Social robots as cyber-physical actors in entertainment and education. 2019 *27th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks, SoftCOM 2019*. <https://doi.org/10.23919/SOFTCOM.2019.8903630>
- Makio, E., Yablochnikov, E., Colombo, A. W., Makio, J., y Harrison, R. (2020). Applying Task-centric Holistic Teaching Approach in Education of Industrial Cyber Physical Systems. *Proceedings - 2020 IEEE Conference on Industrial Cyberphysical Systems, ICPS 2020*, 359–364. <https://doi.org/10.1109/ICPS48405.2020.9274773>
- Marwedel, P., Mitra, T., Grimheden, M. E., y Andrade, H. A. (2020). Survey on Education for Cyber-Physical Systems. *IEEE Design and Test*, 37(6), 56–70. <https://doi.org/10.1109/MDAT.2020.3009613>
- Monostori, L. (2014). Cyber-physical Production Systems: Roots, Expectations and R&D Challenges. *Procedia CIRP*, 17, 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.115>
- Pasricha, S. (2022). Embedded Systems Education in the 2020s: Challenges, Reflections, and Future Directions. *Proceedings of the ACM Great Lakes Symposium on VLSI, GLSVLSI*, 519–524. <https://doi.org/10.1145/3526241.3530348>
- Peter, S., Momtaz, F., y Givargis, T. (2015). From the browser to the remote physical lab: Programming cyber-physical systems. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2015*, 7344228. <https://doi.org/10.1109/FIE.2015.7344228>
- Pozzi, M., Radhakrishnan, U., Rojo Agustí, A., Koumaditis, K., Chinello, F., Moreno, J. C., y Malvezzi, M. (2021). Exploiting VR and AR technologies in education and training to inclusive robotics. *Studies in Computational Intelligence*, 982, 115–126. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77022-8_11
- Priya, C. S. (2022). Bridging the skills gap in technical education. En *Contemporary ELT Strategies in Engineering Pedagogy: Theory and Practice* (pp. 41–60). Taylor and Francis.

<https://doi.org/10.4324/9781003268529-5>

- Rahmawaty, R., Irwan, y Asmar, A. (2023). Validity of based learning devices creative problem solving (CPS) to improve mathematics problem solving ability for class VIII students. *AIP Conference Proceedings*, 2698, 060034. <https://doi.org/10.1063/5.0123086>
- Robayo, F., Román, M., Morales, F., Jerez, D., y Plasencia, R. (2023). Cyber-physical systems in education: a new approach to continuous improvement and agile learning. *Communications in Computer and Information Science*, 1755, 520–531. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24985-3_38
- Romero, D., Bernus, P., Noran, O., Stahre, J., y Berglund, Å. F. (2016). The operator 4.0: Human cyber-physical systems & adaptive automation towards human-automation symbiosis work systems. I. Nääs, O. Vendrametto, J. Mendes Reis, R. Franco Gonçalves, M. Terra Silva, G. von Cieminski, D. Kiritsis (Eds.) *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (Vol. 488, pp. 677–686). Springer New York LLC. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7_80
- Schranz, M., Di Caro, G. A., Schmickl, T., Elmenreich, W., Arvin, F., Şekercioğlu, A., y Sende, M. (2021). Swarm Intelligence and cyber-physical systems: Concepts, challenges and future trends. *Swarm and Evolutionary Computation*, 60. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2020.100762>
- Seshia, S. A. (2022). Explorations in CPS education and related research projects over the past two decades unveil where CPS learning is headed. *Communications of the ACM*, 65(5), 60–69. <https://doi.org/10.1145/3490442>
- Sharonova, S., y Avdeeva, E. (2024). Smart Education: Social Risks and Challenges. En S. Papadakis (Ed.), *IoT, AI, and ICT for Educational Applications*, (pp. 99–118). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-3-031-50139-5_5
- Singh, K. D., y Sood, S. K. (2020). Optical fog-assisted cyber-physical system for intelligent surveillance in the education system. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(3), 692–704. <https://doi.org/10.1002/cae.22240>
- Singsri, P., Kosiyannurak, K., Thongtan, W., Panya-Isara, C., Suwannatat, T., y Phiromlap, S. (2023). Cyber Physical System of Robotics Training Set in Rajamangala University of Technology Tawan-ok Education and Training for Automation 4.0 in Thailand Smart Laboratory. *7th International Conference on Information Technology, InCIT 2023*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/InCIT60207.2023.10412858>
- Törngren, M., y Herzog, E. (2016). Towards integration of CPS and systems engineering in education. *2016 Workshop on Embedded and Cyber-Physical Systems Education, WESE 2016 - Organized as a Part of Embedded Systems Week, Proceedings*, 2016. <https://doi.org/10.1145/3005329.3005335>
- Ueter, N., Chen, K. H., y Chen, J. J. (2020). Project-Based CPS Education: A Case Study of an Autonomous Driving Student Project. *IEEE Design and Test*, 37(6), 39–46. <https://doi.org/10.1109/MDAT.2020.3012085>
- Wang, F. Y., Tang, Y., Liu, X., y Yuan, Y. (2019). Social Education: Opportunities and Challenges in Cyber-Physical-Social Space. *IEEE Transactions on Computational Social*

Systems, 6(2), 191–196. <https://doi.org/10.1109/TCSS.2019.2905941>

Yu, Z., Gao, H., Cong, X., Wu, N., y Song, H. H. (2023). A Survey on Cyber-Physical Systems Security. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(24), 21670–21686. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3289625>

CONTRIBUCIONES DE AUTORES/AS, FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Contribuciones de los/as autores/as:

Conceptualización: Peña-Cáceres, Oscar y Espinoza-Nima Rudy; **Software:** Silva-Marchan, Henry **Validación:** More-More, Manuel; **Análisis formal:** Peña-Cáceres, Oscar; **Curación de datos:** Espinoza-Nima, Rudy; **Redacción-Preparación del borrador original:** Silva-Marchan, Henry **Redacción-Revisión y Edición:** Peña-Cáceres, Oscar; **Visualización:** Silva-Marchan, Henry **Supervisión:** More-More, Manuel; **Administración de proyectos:** Peña-Cáceres, Oscar **Todos los/as autores/as han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito:** Peña-Cáceres, Oscar; Silva-Marchan, Henry; Espinoza-Nima, Rudy; More-More, Manuel.

Financiación: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

AUTOR/ES:**Oscar Peña-Cáceres**

Universidad César Vallejo.

Doctor en Tecnologías de la Información y Comunicaciones por la UNP. Becado por el Gobierno Peruano en el año 2022 para realizar estudios de Doctorado en Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Computación en la Universitat de València, España. Investigador RENACYT y Docente en la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad César Vallejo, Piura. Lidero un equipo de investigación desde el año 2021.

ojpenac@ucvvirtual.edu.pe

Índice H: 3

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-8159-7560>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221234507>

Henry Silva-Marchan

Universidad Nacional de Tumbes.

Egresado del Doctorado en Tecnologías de la Información y Comunicaciones por la UNP. Máster en Big Data por la Universidad Internacional de Andalucía, España. Investigador RENACYT y Docente del Departamento de Matemática Estadística e Informática de la Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes. Integrante del equipo de investigación con colegas de la UNP desde el año 2021.

hsilvam@untumbes.edu.pe

Índice H: 3

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-9928-9945>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58033954500>

Rudy Espinoza-Nima

Universidad Nacional de Piura.

Docente de la Facultad de Ciencias adscrito al departamento académico de Física de la Universidad Nacional de Piura en la categoría de Asociado, con 20 años de experiencia docente universitaria.

respinoza@unp.edu.pe

Índice H: 1

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-5602-8921>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58619601800>

Manuel More-More

Universidad Nacional de Piura.

Doctor en Ciencias Ambientales por la Universidad Nacional de Piura (UNP). Investigador RENACYT y Docente Principal en la Facultad de Ciencias de la UNP. Ha estudiado en la Universidad Internacional de Andalucía y Sevilla (España), donde realizó su maestría; en la Universidad de las Naciones Unidas - Universidad de los Andes (Colombia). Ha sido Vicepresidente del Consejo Consultivo Científico y Tecnológico de la Región Piura y Jefe de Departamento Académico de Física en la UNP en dos ocasiones.

mmorem@unp.edu.pe

Índice H: 2

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-9189-035X>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57983634500>