



II Simposio CEA de los GT: Ingeniería de Control - Modelado, Simulación y Optimización - Educación en Automática (2026)

RA para mejorar el aprendizaje en prácticas de Ingeniería Industrial

Martínez-Gila, D.M.^{a,*}, Ruano-Ruano, I.^b, Illana-Rico, S.^a, Satorres-Martínez, S.^a

^a Dpto. de Ingeniería Electrónica y Automática, Universidad de Jaén, EPS de Jaén, A3-402, Campus las Lagunillas s.n., 23071 Jaén, España.

^b Dpto. de Ingeniería de Telecomunicación, Universidad de Jaén, EPS de Jaén, A3-402, Campus las Lagunillas s.n., 23071 Jaén, España.

To cite this article: Martínez-Gila, D.M., Ruano-Ruano, I.^{*}, Illana-Rico, S. 2026, Satorres-Martínez, S. AR to improve learning in Industrial Engineering practices. II Simposio CEA de los GT: Ingeniería de Control - Modelado, Simulación y Optimización - Educación en Automática. Zaragoza, España.

Resumen

La desconexión existente entre los contenidos teóricos y las prácticas relacionadas con los mismos dificulta en gran medida el aprendizaje efectivo y real del alumnado de educación superior, especialmente en estudios de ingeniería debido a la dificultad de algunas materias. El uso de dispositivos adaptados para ofrecer experiencias de realidad aumentada permite al alumnado acceder a información digital superpuesta en el mundo real, constituido por el laboratorio y todos los dispositivos, herramientas y componentes con los que trabajan en prácticas. Este trabajo constituye la primera fase de una investigación que propone una innovación docente que trata de cerrar el hueco teoría-práctica existente y facilitar el aprendizaje mediante el uso de herramientas de realidad aumentada durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio del alumnado de Ingeniería Industrial. En este trabajo se incluye un caso de estudio en el que se hace uso de dispositivos cotidianos más sencillos, como son los móviles inteligentes, aunque el objetivo final es ofrecer una experiencia lo más avanzada posible, gracias al uso de gafas inteligentes.

Palabras clave: Realidad Aumentada, Educación, Prácticas de ingeniería, Gafas de RA, Ingeniería Industrial, teléfonos inteligentes.

AR to improve learning in Industrial Engineering practices

Abstract

The disconnect between theoretical content and its practical application significantly hinders effective and practical learning for higher education students, especially in engineering studies due to the difficulty of some subjects. The use of devices adapted to offer augmented reality experiences allows students to access digital information superimposed on the real world, which consists of the laboratory and all the devices, tools, and components they use in practical exercises. This work constitutes the first phase of a research project that proposes a teaching innovation aimed at bridging the existing theory-practice gap and facilitating learning through the use of augmented reality tools during laboratory sessions for Industrial Engineering students. This work includes a case study using simpler, everyday devices such as smartphones, although the ultimate goal is to offer the most advanced experience possible through the use of AR glasses.

Keywords: Augmented Reality, Education, Engineering practices, AR Glasses, Industrial Engineering, smartphones.

1. Introducción

En el contexto actual de la educación superior, y particularmente en las titulaciones técnicas, persiste una dificultad ampliamente reconocida: la desconexión entre los contenidos teóricos impartidos en el aula y su aplicación efectiva en entornos prácticos (Korthagen, 2010). Esta brecha

resulta especialmente patente en asignaturas con un alto componente experimental, donde el alumnado, a pesar de dominar la simbología, las estructuras lógicas o los esquemas conceptuales, presenta limitaciones al enfrentarse a equipos reales, a montajes físicos o a sistemas automatizados. Esta dificultad compromete la adquisición de competencias técnicas fundamentales como la interpretación de planos, la resolución de problemas en tiempo real, la manipulación de

sistemas complejos o la toma de decisiones basada en la observación directa del funcionamiento de los equipos.

Desde una perspectiva pedagógica, esta problemática es especialmente relevante en el área de conocimiento de la ingeniería, ya que impacta negativamente en el desarrollo competencial del alumnado y en su preparación para abordar contextos laborales reales (Trevelyan, 2010) (Duffy and Bowe, 2010) (Satorres, 2025). Asimismo, responde a una necesidad institucional ampliamente identificada: la mejora de la calidad de la docencia práctica, el fomento de metodologías activas y la incorporación de tecnologías educativas alineadas con los principios de sostenibilidad, accesibilidad y mejora continua.

Este trabajo se basa en el uso de Realidad Aumentada (RA) en sesiones prácticas de laboratorio para tratar de reducir o cerrar completamente, cuando sea posible, el hueco existente entre los contenidos teóricos impartidos en las clases magistrales de Ingeniería Industrial y las prácticas correspondientes. Conviene antes recordar la diferencia que hay entre el uso de Realidad Virtual (RV), Realidad Aumentada (RA) y Realidad Mixta (RM) en un entorno docente. Este ha sido un tema ampliamente debatido en múltiples trabajos (Milgram and Kishino, 1994) (Skarbez *et al.*, 2021). Cuando se usa RV se produce la inmersión del alumno en un entorno digital totalmente artificial, cuando es RA la inmersión del alumno se realiza en un entorno real al que se añaden objetos virtuales superpuestos y cuando se tiene RM existe una inmersión en un entorno virtual en el que se combinan elementos reales de diversas maneras.

Tanto la RA como la RV han demostrado ser propuestas muy válidas y efectivas (Li *et al.* 2025), a pesar de la existencia de algunas barreras que pueden surgir (costes elevados, limitaciones técnicas y preocupaciones éticas sobre la privacidad) (Thangavel *et al.* 2025). Sin embargo, como ya se ha comentado anteriormente, con este trabajo se trata de ofrecer al alumnado de ingeniería industrial una experiencia de RA. Se presenta la inmersión en un mundo real formado por los laboratorios de prácticas, en los que se encuentran bancos de pruebas y los elementos que los componen (dispositivos, conectores y demás componentes), superponiendo elementos virtuales que ayudan a la comprensión y entendimiento de los mismos.

A modo de ejemplo, ¿cuántas veces se ha explicado en las clases de teoría los componentes que conforman un sistema como puede ser el mostrado en la Figura 1, y cuando el alumnado llega al laboratorio y ve el banco de pruebas correspondiente, no son capaces de identificar los componentes que incluye?

En este escenario, las tecnologías de RA, ofrecen un enfoque innovador para reducir la brecha entre teoría y práctica que enriquece su interacción con el entorno real, pudiendo facilitar la identificación de componentes físicos, proporcionar apoyo audiovisual contextualizado o incluso guiar procesos técnicos paso a paso. La literatura reciente respalda la eficacia de este enfoque: la RA mejora significativamente la motivación, la comprensión y el rendimiento académico (Chang *et al.*, 2022) (Lampropoulos *et al.*, 2025) (Rodríguez-Saavedra *et al.*, 2025), además de fomentar el aprendizaje significativo y facilitar la adquisición

de competencias espaciales y procedimentales (Suhail *et al.*, 2024).

1.1. Dispositivos de RA

Para ofrecer una experiencia de RA hay que utilizar, como es evidente, dispositivos tecnológicos. Los dispositivos usados en la RA deben disponer de un elemento de captura de imágenes del entorno real en el que se produce la experiencia y un medio capaz de visualizar dicho entorno superponiendo los elementos virtuales que justifican la RA. Opcionalmente se pueden usar elementos de captura y reproducción de audio.



Figura 1. Banco de pruebas de un laboratorio docente.

Pueden ser teléfonos móviles inteligentes, tabletas, portátiles o gafas inteligentes o de RA (smart glasses or AR glasses). Cada uno de ellos ofrece distintas experiencias debido a las diferentes características que ofrecen, tanto del hardware incluido como del uso que se debe hacer del mismo. Entre las características del hardware están el tamaño del medio de visualización (normalmente pantalla, mayor en portátil o tabletas que en un móvil o unas AR glasses), la capacidad de cómputo, la conexión a Internet o la resolución de las imágenes que puede capturar (normalmente dada por la cámara). Entre las características de uso sobresale la forma de mantener el dispositivo para realizar las capturas del medio real. No es lo mismo sostener un portátil o tablet, que suele requerir el uso de las dos manos, que un móvil, que puede

usarse ocupando únicamente una mano, o que se usen unas gafas inteligentes, que permiten la movilidad de las dos manos mientras se puede trabajar en el laboratorio.

La investigación en la que se enmarca este trabajo se desarrolla en distintas fases en las que se ha tratado de validar distintos dispositivos y ofrecer distintos servicios de ayuda al estudiante. El objetivo final es que la experiencia sea lo más cómoda, enriquecedora y productiva posible, y para ello los dispositivos a usar deberían ser capaces de ofrecer una experiencia de RA completa y permitir la movilidad para trabajar en los medios del laboratorio lo cual se puede conseguir más fácilmente cuando los dispositivos usados son AR glasses. Este trabajo se encuentra en una fase inicial de la investigación en la que se hace uso de móviles como dispositivos facilitadores de la RA. El resto de la comunicación se ha estructurado de la siguiente forma: en el apartado 2 se muestra la metodología propuesta, incluyendo la arquitectura utilizada, la percepción del entorno y la toma de decisiones. El apartado 3 muestra un sencillo caso de uso que ayuda a entender los objetivos buscados y, finalmente, en el apartado 4, se incluyen las conclusiones y trabajos futuros.

2. Metodología propuesta

La metodología seguida en este trabajo se basa en el diseño, desarrollo y validación progresiva de un sistema de RA orientado a mejorar el aprendizaje del alumnado durante las prácticas de laboratorio en titulaciones de Ingeniería Industrial. El enfoque adoptado combina principios de innovación docente con técnicas propias de la automática, la visión por computador y los sistemas inteligentes, priorizando la interacción natural con el entorno físico real.

2.1 Enfoque general del sistema

El sistema propuesto se concibe como una plataforma de Realidad Aumentada basada en una arquitectura cliente-servidor, en la que el dispositivo móvil del alumnado actúa como interfaz de acceso a la experiencia aumentada, mientras que un servidor central se encarga del procesamiento intensivo de la información visual y de la gestión de los contenidos educativos.

A diferencia de otros enfoques basados en aplicaciones específicas o entornos cerrados, el sistema ha sido diseñado para funcionar directamente a través del navegador web del dispositivo móvil, sin necesidad de instalar software adicional. Esta decisión metodológica reduce las barreras tecnológicas de entrada y facilita su integración en el contexto docente habitual, donde conviven dispositivos heterogéneos.

Desde el punto de vista funcional, el sistema se estructura siguiendo un esquema clásico de percepción-decisión-acción, ampliamente utilizado en sistemas de automática y robótica, en el que la información del entorno se procesa para generar una respuesta adaptada al contexto y a la interacción del usuario.

2.2 Arquitectura hardware-software

La arquitectura del sistema se compone de tres elementos principales (Figura 2):

- **Entorno real del laboratorio**, constituido por los bancos de prácticas y los componentes físicos con los que interactúa el alumnado.
- **Dispositivo móvil**, encargado de capturar imágenes del entorno real y de mostrar la información aumentada superpuesta.
- **Servidor de procesamiento**, responsable del análisis visual, la toma de decisiones y la gestión de los contenidos educativos.

El dispositivo móvil transmite al servidor una secuencia de imágenes capturadas por su cámara. Estas imágenes representan la señal de entrada del sistema y son procesadas en tiempo real en el servidor, donde se ejecutan los algoritmos de visión por computador y aprendizaje profundo. Como salida, el servidor devuelve al dispositivo móvil la información aumentada, que se presenta superpuesta al entorno real visualizado por el alumnado.

Esta separación de responsabilidades permite reducir la carga computacional en el cliente y facilita la actualización y escalabilidad del sistema, tanto desde el punto de vista técnico como docente.

2.3 Percepción del entorno mediante visión por computador

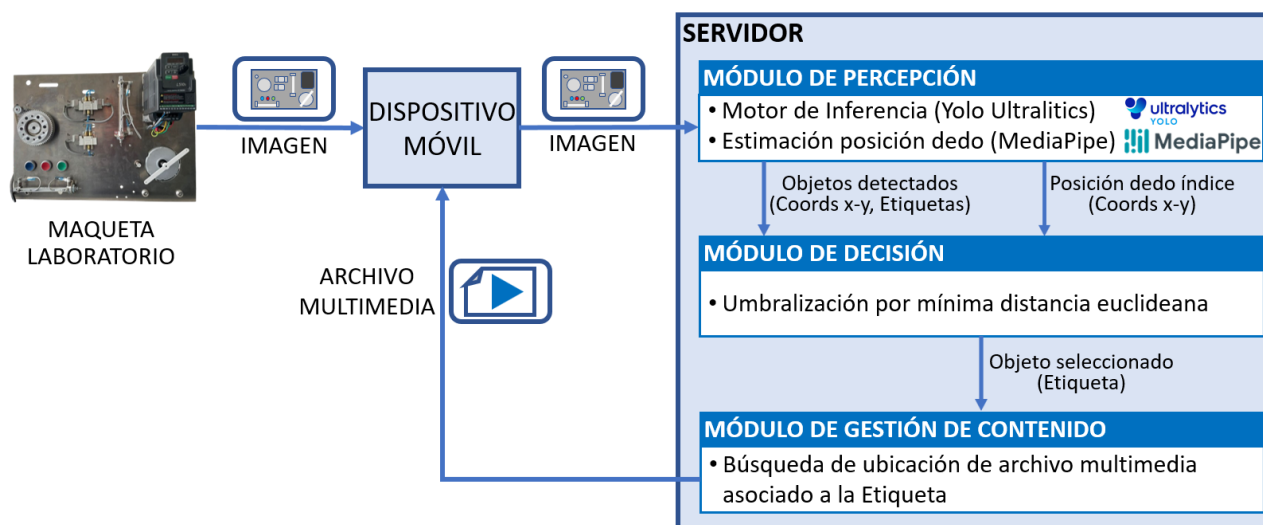


Figura 2. Arquitectura HW-SW del sistema

Por un lado, se emplean modelos de detección de objetos basados en aprendizaje profundo, concretamente arquitecturas del tipo You Only Look Once (YOLOv8n) (Jocher *et al.*, 2023), que permiten identificar en tiempo real los componentes físicos presentes en los bancos de prácticas. Estos modelos proporcionan, para cada objeto detectado, su localización espacial en la imagen y su identificación semántica. El entrenamiento y la inferencia de los modelos se han realizado utilizando la plataforma Ultralytics (Jocher *et al.*, 2025), lo que facilita la adaptación del sistema a nuevos componentes y escenarios prácticos.

El proceso de entrenamiento se apoya en conjuntos de imágenes reales del laboratorio, debidamente anotadas siguiendo flujos estándar de visión artificial. En este contexto, herramientas de etiquetado visual como Label Studio resultan especialmente adecuadas para la generación de datos de entrenamiento, al permitir una anotación eficiente y reproducible de los objetos de interés.

Por otro lado, el sistema incorpora un módulo de estimación de la posición de la mano del usuario basado en la detección de puntos clave (Cao *et al.*, 2021) (Zhang *et al.*, 2020) (hand landmarks), utilizando la biblioteca MediaPipe (Google, 2025). Este módulo permite obtener en tiempo real la localización de la punta del dedo índice, que se emplea como principal elemento de interacción entre el alumno y el sistema.

2.4 Lógica de decisión e interacción alumno-sistema

La información procedente de los módulos de detección de objetos y de estimación de la posición de la mano se integra en una etapa de decisión que determina la interacción alumno-sistema. Para ello se define un criterio de proximidad espacial entre la posición del dedo índice y las regiones de interés asociadas a los objetos detectados.

Cuando la distancia entre el punto de interacción y uno de los objetos se sitúa por debajo de un umbral establecido, el sistema interpreta que el alumno ha seleccionado intencionalmente dicho componente. Esta lógica puede modelarse como un sistema de eventos discretos con memoria de estado, en el que la selección de un objeto permanece activa hasta que se produce una nueva selección sobre otro componente.

Este comportamiento de selección persistente evita transiciones rápidas no deseadas y proporciona una interacción estable y coherente, especialmente adecuada en el contexto de las prácticas de laboratorio, donde el alumnado necesita disponer de tiempo para observar, reflexionar y manipular los sistemas físicos.

2.5 Generación de la información aumentada

Una vez seleccionado un componente, el sistema activa la visualización de información educativa asociada al mismo. En la fase actual del desarrollo, dicha información se presenta en forma de vídeos explicativos breves, alojados en el servidor y enviados al dispositivo móvil bajo demanda.

Estos contenidos se muestran superpuestos al entorno real visualizado por el alumnado, constituyendo una experiencia de Realidad Aumentada en la que la información digital se integra de forma contextualizada con los objetos físicos del laboratorio. Este enfoque permite reforzar la comprensión

conceptual del alumnado en el mismo momento en que interactúa con el sistema real, contribuyendo a cerrar la brecha entre teoría y práctica.

3. Caso de estudio: práctica de neumática industrial

Como caso de estudio para validar la propuesta de Realidad Aumentada desarrollada, se ha seleccionado una práctica habitual de automática industrial basada en la construcción de circuitos neumáticos (Terschüren *et al.*, 2024). En esta práctica, al alumnado se le facilita un esquema neumático normalizado, incluido en el guion de la sesión (Figura 3), que describe el funcionamiento de un sistema neumático concreto.

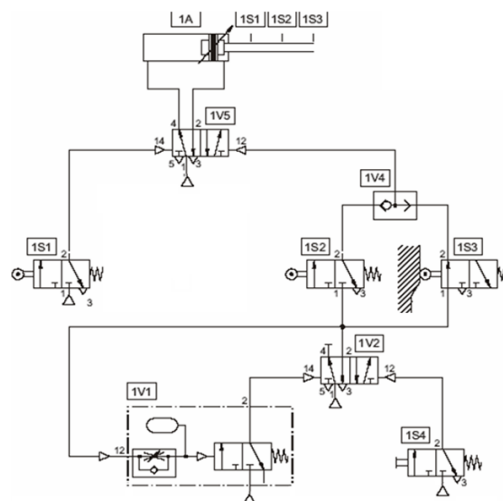


Figura 3. Esquema neumático propuesto en el guion de la práctica

Durante la sesión práctica, los estudiantes disponen sobre la mesa de trabajo de un conjunto de componentes neumáticos reales —válvulas, actuadores, reguladores, conexiones, entre otros— y de un panel neumático sobre el que deben montar físicamente el circuito correspondiente. El objetivo de la práctica es que el alumnado sea capaz de interpretar correctamente el esquema teórico, identificar los componentes necesarios y realizar el montaje adecuado del sistema, tal y como se muestra en la Figura 4.

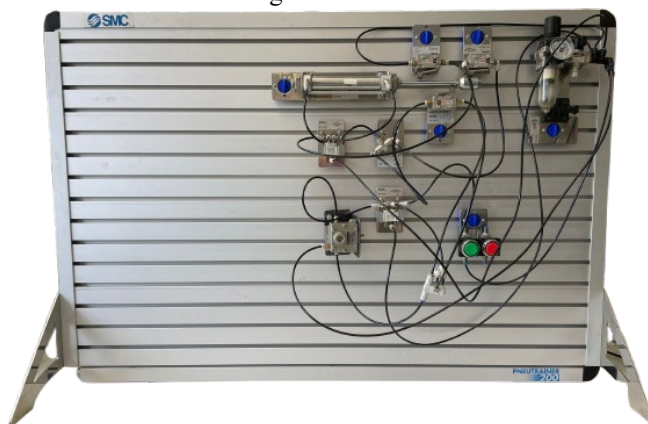


Figura 4. Resultado final esperado del sistema

Sin embargo, en la metodología tradicional, esta tarea presenta diversas dificultades recurrentes. El alumnado suele mostrar problemas para relacionar los símbolos del esquema

neumático con los componentes físicos reales, identificar correctamente cada elemento o comprender su función dentro del sistema global. Estas dificultades provocan errores en el montaje, aumentan el tiempo necesario para completar la práctica y, en muchos casos, generan frustración y dependencia constante del profesorado.

La Figura 5 muestra el entorno real de la práctica, donde se aprecia la complejidad asociada a la identificación y selección de componentes cuando no se dispone de apoyo contextual adicional. Este escenario constituye un ejemplo representativo de la brecha existente entre la representación teórica de los sistemas de automática industrial y su implementación práctica en el laboratorio.



Figura 5. Componentes neumáticos disponibles y panel de montaje en el laboratorio

3.1 Integración de la RA en la práctica

Con el objetivo de reducir las dificultades detectadas en la metodología tradicional, la práctica descrita se ha complementado con el sistema de Realidad Aumentada propuesto en este trabajo. Durante el desarrollo de la sesión, el alumnado dispone de un dispositivo móvil desde el cual accede al sistema de RA a través de un navegador web, sin necesidad de instalar aplicaciones adicionales.

Mediante la cámara del dispositivo móvil, el alumno visualiza el entorno real del laboratorio, que incluye el panel neumático y los distintos componentes disponibles para el montaje. El sistema analiza en tiempo real las imágenes capturadas, identificando automáticamente los componentes neumáticos presentes, como se muestra en la Figura 6, tras lo cual permite la interacción del alumno mediante el gesto natural de señalar con el dedo índice.

Cuando el alumno apunta a uno de los componentes neumáticos, el sistema lo reconoce y lo selecciona, activando la visualización de información multimedia asociada al mismo. Esta información se presenta superpuesta a la imagen real visualizada en el dispositivo móvil, proporcionando al alumno un apoyo contextual inmediato que facilita la identificación del componente, la comprensión de su función y su relación con el esquema neumático teórico.

La Figura 7 muestra un ejemplo de esta interacción, en la misma se aprecia la visualización en el dispositivo móvil del entorno real del laboratorio junto con el contenido multimedia explicativo asociado a un componente neumático concreto.

Aprendizaje interactivo por selección

Apunta con el **índice** a un objeto.
La explicación permanece visible hasta que selecciones otro.

Cámara OK

Vídeo procesado (Servidor)

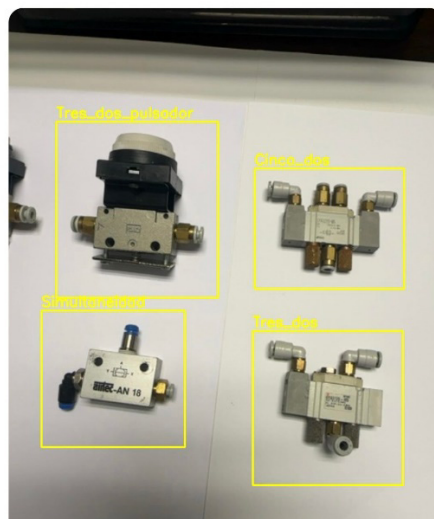


Figura 6. Captura de pantalla de dispositivo móvil. Identificación de componentes

Aprendizaje interactivo por selección

Apunta con el **índice** a un objeto.
La explicación permanece visible hasta que selecciones otro.

Cámara OK

Vídeo procesado (Servidor)



Figura 7. Captura de pantalla de dispositivo móvil. Identificación confirmada y visualización de información asociada

4. Conclusiones y Trabajos futuros

El trabajo realizado hasta el momento ha permitido constatar la viabilidad de las hipótesis iniciales, si bien debe tenerse en cuenta que se está en una fase preliminar de un

proyecto mucho más amplio. Las librerías utilizadas han permitido que, desde un dispositivo móvil cotidiano como el que dispone la práctica totalidad del alumnado, se pueda realizar la captación de imágenes, identificación de componentes mediante el señalamiento del mismo, procesamiento de la información asociada y visualización de la información asociada al componente. Lo que constituye un ejemplo de uso de técnicas de RA.

Esto significa que, a pesar de éxito cosechado hasta el momento, se debe seguir trabajando con el fin de obtener un sistema estable, operativo y mucho más funcional que el obtenido hasta ahora. Para ello se plantean las siguientes líneas de trabajo futuro:

- Mejora de la arquitectura del servidor para la contención y estructuración de materiales formativos.
- Creación de materiales didácticos a mostrar como elementos embebidos en distintos formatos multimedia.
- Desarrollo de metodología para creación de nuevas prácticas.
- Formación al profesorado sobre la creación de nuevas prácticas.
- Realizar recursos y metodologías para el control de evidencias de buenas prácticas, como es el análisis de rendimiento del alumnado y detección de posibles mejoras.
- Adaptación del sistema para utilizar nuevos dispositivos que faciliten su uso, como son las gafas inteligentes, las cuales han demostrado en otros muchos trabajos que producen mejoras significativas (Díaz González *et al.*, 2025) (Koutromanos and Kazakou, 2023).

Cuando se consigan implementar estas líneas de futuro se espera obtener buenos resultados que permitan explorar nuevas líneas y establecer nuevos objetivos como podría ser el desarrollo de prácticas basadas en RA con gamificación (Czok and Weitzel, 2025) o basadas en localización (Fonseca *et al.*, 2025).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado parcialmente gracias al apoyo de los Proyectos PDC2022-133995-I00 y PID2023-150832OB-I00 del Plan Nacional de I+D+I del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España, del Proyecto de Investigación Aplicada y Desarrollo Experimental DGP_PIDI_2024_01419 (Orden 23 de abril de 2024) de la Junta de Andalucía y del Proyecto de Innovación Docente PID2025_37 del Plan de Innovación Docente de la Universidad de Jaén.

Referencias

Cao Z., Hidalgo G., Simon T., Wei S.-E., Sheikh Y., 2021. OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 43(1):172–186. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2019.2929257>

Chang H-Y, Binali T, Liang J-C, Chiou G-L, Cheng K-H, Lee SW-Y, Tsai C-C., 2022. Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. *Computers & Education* 191:104641. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>

Czok V., Weitzel H., 2025. Impact of Augmented Reality and Game-Based Learning for Science Teaching: Lessons from Pre-Service Teachers. *Applied Sciences* 15(5):2844. <https://doi.org/10.3390/app15052844>

Díaz González E.M., Belaroussi R., Soto-Martín O., Acosta M., Martín-Gutiérrez J., 2025. Effect of Interactive Virtual Reality on the Teaching of Conceptual Design in Engineering and Architecture Fields. *Applied Sciences* 15(8):4205. <https://doi.org/10.3390/app15084205>

Duffy G., Bowe B., 2010. Bridging the Gap Between Engineering Workforce Needs and Student Engagement. *International Symposium for Engineering Education: 1–6*. Accedido online (17-12-2025): <https://arrow.tudublin.ie/cgi/viewcontent.cgi?article=1006&context=st2>

Fonseca X., Spangenberg P., Baer M., Schmidt R., Söbke H., 2025. Location-based augmented reality in education: A systematic literature review. *Computers and Education Open* 9:100277. <https://doi.org/10.1016/j.cao.2025.100277>

Google, Google Developers, 2025. MediaPipe Hand Landmarker. Google AI Edge. Accedido online (17-12-2025): https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/vision/hand_landmarker

Jocher G., Chaurasia A., Qiu J., 2023. Ultralytics YOLOv8 [Software]. Accedido online (17-12-2025): <https://github.com/ultralytics/ultralytics>

Jocher G., Chaurasia A., Qiu J., 2025. Ultralytics YOLO. GitHub. Accedido online (17-12-2025): <https://github.com/ultralytics/ultralytics>

Korthagen F.A.J., 2010. The relationship between theory and practice in teacher education. *Building bridges* 1:98–136. Accedido online (17-12-2025) <https://korthagen.nl/en/wp-content/uploads/2018/07/The-relationship-between-theory-and-practice-in-teacher-education.pdf>

Koutromanos G., Kazakou G., 2023. Augmented reality smart glasses use and acceptance: A literature review. *Computers & Education: X Reality* 2:100028. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100028>

Lampropoulos G., del Bosque A., Fernández-Arias P., Vergara D., 2025. Augmented Reality in Engineering Education: A Bibliometric Review. *Information* 16(10):859. <https://doi.org/10.3390/info16100859>

Li P, Zhang X, Hu X, Xu B, Zhang J., 2025. Theoretical Model and Practical Analysis of Immersive Industrial Design Education Based on Virtual Reality Technology. *International Journal of Technology and Design Education* 35:1543–1570. <https://doi.org/10.1007/s10798-024-09946-x>

Milgram P, Kishino F., 1994. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information Systems* E77-D(12):1321–1329.

Satorres S., Martínez D.M., Estévez E., Dorado R., Moilanen T., Rad C., and Lapusan C., 2025. International Co-teaching Experience in the NextGEng European Project: A Contribution to Engineering Education 5.0. *International Journal of Engineering Education*, 41, 5.

Skarbez R, Smith M, Whitton MC., 2021. Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. *Frontiers in Virtual Reality* 2:647997. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.647997>

Suhail N., Bahroun Z., Ahmed V., 2024. Augmented reality in engineering education: enhancing learning and application. *Frontiers in Virtual Reality* 5:1461145. <https://doi.org/10.3389/frvir.2024.1461145>

Rodríguez-Saavedra M.O., Barrera Benavides L.G., Cuentas Galindo I., Campos Ascuña L.M., Morales Gonzales A.V., Lopez J.W.M., Arguedas-Catani R.W., 2025. Augmented Reality as an Educational Tool: Transforming Teaching in the Digital Age. *Information* 16(5):372.

Terschüren J.-N., Varney V., Müller L., 2024. How Can Pneumatics Be Trained with Augmented Reality in the Context of Training for Industrial-Technical Professions? *STE 2024, LNNS 1027*, pp. 344–355. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61891-8_34

Thangavel S, Sharmila K, Sufina K., 2025. Revolutionizing Education Through Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR): Innovations, Challenges and Future Prospects. *Asian Journal of Interdisciplinary Research* 8(1):1–28. <https://doi.org/10.54392/ajir2511>

Trevelyan J., 2010. Mind the Gaps: Engineering Education and Practice. *Proceedings of the 21st Annual Conference for the Australasian Association for Engineering Education: 385–390*. Accedido online (17-12-2025)

Zhang F., Bazarevsky V., Vakunov A., Tkachenka A., Sung G., Chang C.-L., Grundmann M., 2020. MediaPipe Hands: On-device Real-time Hand Tracking. *arXiv preprint arXiv:2006.10214*. Accedido online (17-12-2025): <https://arxiv.org/abs/2006.10214>