

EDUCACIÓN, CREATIVIDAD E INTELIGENCIA ARTIFICIAL: NUEVOS HORIZONTES PARA EL APRENDIZAJE. ACTAS DEL VIII CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAJE, INNOVACIÓN Y COOPERACIÓN, CINAIC 2025

María Luisa Sein-Echaluce Lacleta, Ángel Fidalgo Blanco y Francisco José García Peñalvo (coords.)

1ª Edición. Zaragoza, 2025

Edita: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza.



Servicio de
Publicaciones
Universidad Zaragoza

EBOOK ISBN 978-84-10169-60-9

DOI 10.26754/uz.978-84-10169-60-9



Esta obra se encuentra bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento – NoComercial (ccBY-NC). Ver descripción de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Referencia a esta obra:

Sein-Echaluce Lacleta, M.L., Fidalgo Blanco, A. & García-Peñalvo, F.J. (coords.) (2025). *Educación, Creatividad e Inteligencia Artificial: nuevos horizontes para el Aprendizaje. Actas del VIII Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Cooperación. CINAIC 2025 (11-13 de Junio de 2025, Madrid, España)*. Zaragoza. Servicio de Publicaciones Universidad de Zaragoza. DOI 10.26754/uz.978-84-10169-60-9

Uso de Realidad Mixta en la Formación sobre Equipos de Protección Personal en Laboratorios de Bioseguridad: Una Revisión Sistemática de la Literatura

Use of Mixed Reality in Training on Personal Protective Equipment in Biosafety Laboratories: A Literature Systematic Review

Aquiles Raziel Rojas Martínez, Claudia Marina Vicario Solorzano, Beatriz Andrea Torres Acevedo

arojasm1502@alumno.ipn.mx, cvicario@ipn.mx, btorresa2200@alumno.ipn.mx

UPIICSA

Instituto Politécnico Nacional

Ciudad de México, México

Resumen- La educación médica está experimentando una transformación significativa con la integración de tecnologías emergentes, especialmente la realidad mixta. Esta revisión sistemática, basada en la metodología PRISMA, demuestra que la realidad mixta, al combinar entornos reales y virtuales, no solo mejora la comprensión y retención del conocimiento, sino que también transforma la experiencia de aprendizaje en laboratorios clínicos. A través de simulaciones realistas, los estudiantes pueden practicar habilidades técnicas y comunicativas en un entorno controlado, favoreciendo la toma de decisiones y el aprendizaje práctico. Si bien su adopción presenta desafíos, como la accesibilidad y la diversificación de recursos, el potencial de la realidad mixta para enriquecer la educación médica es innegable. En un futuro donde el metaverso podría ser clave en la formación profesional, abordar estos obstáculos garantizará que los beneficios de la realidad mixta sean accesibles para todos los estudiantes y educadores.

Palabras clave: *Realidad Mixta, Laboratorios de Bioseguridad, Equipos de Protección Personal, EPP, RM, Bioseguridad, Capacitación*

Abstract- Medical education is undergoing a significant transformation with the integration of emerging technologies, especially mixed reality. This systematic review, guided by the PRISMA methodology, demonstrates that mixed reality enhances understanding, knowledge retention, and learning experiences in clinical laboratories. Through realistic simulations, students can develop technical and communication skills in controlled environments, fostering critical decision-making and hands-on learning. While mixed reality adoption faces challenges such as accessibility and resource diversification, its impact on medical education is undeniable. As we move towards a future where the metaverse could be key in professional training, overcoming these obstacles is crucial to ensuring equitable access. This review highlights mixed reality as an essential tool in medical education with a lasting impact on the training of healthcare professionals.

Keywords: *Mixed Reality, Biosafety Laboratories, Personal Protective Equipment, PPE, MR, Biosafety, Training.*

1. INTRODUCCIÓN

El uso adecuado del equipo de protección personal (EPP) en laboratorios de bioseguridad es crucial para minimizar los riesgos de exposición a agentes biológicos peligrosos y garantizar la seguridad del personal. Según Donkin y Gusset (2024), "el uso correcto del EPP no solo reduce el riesgo de contaminación cruzada, sino que también mejora la confianza y competencia del personal en la manipulación de materiales biológicos". La capacitación continua y el monitoreo riguroso del cumplimiento de los protocolos de bioseguridad son fundamentales para mantener un entorno de trabajo seguro y efectivo.

Sin embargo, la formación en bioseguridad enfrenta diversos desafíos. Estos incluyen la necesidad de actualización constante ante nuevas amenazas biológicas, así como la incorporación de tecnologías innovadoras que mejoren los métodos de aprendizaje. Mergen et al. (2024) señalan que "los programas de capacitación en bioseguridad a menudo carecen de entornos de simulación realistas, lo que limita la preparación de los profesionales para situaciones de riesgo". Para superar estas limitaciones, se requieren enfoques pedagógicos que integren herramientas digitales avanzadas, promoviendo una experiencia de aprendizaje más efectiva y segura.

En este sentido, la realidad mixta (RM) ofrece un gran potencial para mejorar la capacitación en bioseguridad, ya que permite desarrollar habilidades críticas mediante experiencias inmersivas y escenarios interactivos sin exponer al personal a peligros reales (Curran et al., 2023). La RM se sitúa dentro de las realidades extendidas (XR), que comprenden también la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA). La RV sumerge al usuario en un entorno completamente digital, aislandolo de su entorno físico (Venkatesan et al., 2021), mientras que la RA superpone elementos virtuales sobre la realidad, sin reemplazarla (Venkatesan et al., 2021). La RM, en

cambio, integra y permite la interacción simultánea entre objetos físicos y virtuales en tiempo real, proporcionando una fusión dinámica de ambos mundos (Extended Reality in Spine Medicine, 2022). Esta diferenciación resulta esencial para comprender el enfoque adoptado en esta revisión.

En los siguientes apartados se describe el contexto y metodología de revisión utilizada, los principales hallazgos sobre la aplicación de RM en bioseguridad, así como los beneficios, limitaciones y oportunidades de investigación futura en este campo.

2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN

A. Metodología de la Revisión Sistemática de Literatura.

Este trabajo de revisión sistemática de literatura se llevó a cabo con el objetivo de identificar los avances más recientes en la aplicación de la RM para el entrenamiento en temas de salud y bioseguridad, así como evaluar el impacto identificado en términos de educación y capacitación profesional.

Para guiar la revisión sistemática, se utilizó la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), la cual proporciona un marco estructurado que garantiza la transparencia, exhaustividad y reproducibilidad de los resultados. El uso de PRISMA permitió organizar el proceso de selección de estudios a través de un diagrama de flujo estandarizado, definir criterios claros de inclusión y exclusión, y asegurar la trazabilidad de cada decisión tomada durante la revisión. Esta metodología fortaleció la validez interna de los hallazgos al reducir el riesgo de sesgos y mejorar la calidad de la síntesis de la evidencia disponible.

B. Criterios de inclusión y exclusión de estudios.

Para realizar la revisión sistemática de la literatura (LSR), se establecieron criterios de inclusión y exclusión rigurosos con el fin de garantizar la relevancia y calidad de los estudios seleccionados. Se incluyeron investigaciones publicadas entre 2020 y 2024 que abordaron el uso de la RM en bioseguridad, específicamente en entornos de laboratorio y en la capacitación profesional. Según Han et al. (2019), "los criterios de exclusión deben considerar estudios con diseños metodológicos débiles o que no presenten datos empíricos verificables". Se excluyeron artículos de revisiones narrativas sin respaldo empírico, estudios fuera del ámbito biomédico y aquellos con metodologías no replicables.

C. Bases de datos y términos de búsqueda utilizados

Para llevar a cabo esta investigación, se consultaron bases de datos académicas de alto impacto, tales como Scopus, Web of Science y PubMed, seleccionando los estudios más relevantes sobre la aplicación de la realidad extendida en laboratorios clínicos. Los términos de búsqueda empleados incluyeron "realidad extendida", "realidad virtual en educación médica", "simulación clínica" y "aprendizaje inmersivo", lo que permitió asegurar una selección representativa de investigaciones recientes y pertinentes.

D. Proceso de selección y análisis de artículos relevantes

El proceso de selección y análisis de los artículos relevantes se llevó a cabo siguiendo un enfoque sistemático basado en la metodología PRISMA. Inicialmente, se identificaron estudios

en bases de datos indexadas como Scopus, Web of Science y PubMed, aplicando filtros de fecha y pertinencia temática. Según Tene et al. (2024), "la selección rigurosa de literatura académica es fundamental para garantizar la validez y confiabilidad de los hallazgos en revisiones sistemáticas". Los artículos fueron evaluados mediante un análisis de contenido, con el fin de extraer información sobre el impacto de la RM en la bioseguridad, asegurando la relevancia de los resultados obtenidos.

3. RESULTADOS

Una vez se realizó la LSR se resaltan los siguientes puntos relevantes:

A. Tendencias en el uso de RM en bioseguridad

Las tendencias actuales en el uso de la RM en bioseguridad subrayan su aplicabilidad en la capacitación y evaluación de protocolos de seguridad en laboratorios de alto riesgo. Investigaciones recientes han demostrado que el uso de simulaciones inmersivas mejora la retención del conocimiento y la adherencia a procedimientos estandarizados, lo que reduce los errores humanos en entornos críticos (Tene et al., 2024; Mergen et al., 2024). Además, la integración de herramientas interactivas permite a los usuarios practicar respuestas ante incidentes de bioseguridad en un ambiente controlado, optimizando la preparación ante emergencias y la gestión de riesgos. También se identifica en la figura 1 el país de origen de las publicaciones, destacando Estados Unidos, China y Japón con dos artículos cada uno, se identifica también el interés de regiones como Europa, Medio Oriente y Sudamérica contando con un trabajo por país en el periodo revisado.

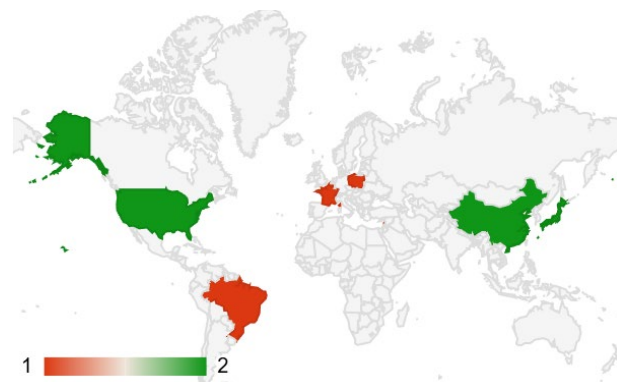


Figura 1. Distribución de publicaciones por país. USA, Japón y China con dos publicaciones, Bélgica, Brasil, Francia, Líbano y Polonia con una publicación identificada.

B. Metodologías de enseñanza aplicadas con RM

Las metodologías de enseñanza que incorporan la RM han demostrado ser efectivas para mejorar la comprensión y retención del conocimiento en entornos de bioseguridad. Se han implementado estrategias como la simulación interactiva de procedimientos, la retroalimentación en tiempo real y el aprendizaje basado en escenarios inmersivos. Según Curran et al. (2023), "el uso de la RM en la enseñanza permite a los estudiantes practicar habilidades críticas en un entorno seguro y controlado, mejorando su preparación para situaciones reales". Estas metodologías han facilitado la adaptación a

protocolos de seguridad y la reducción de errores humanos en laboratorios de alto riesgo.

C. Dispositivos y tecnologías utilizadas en los estudios analizados

Los estudios revisados han utilizado diversas tecnologías y dispositivos para la implementación de la realidad extendida en entornos de bioseguridad. Entre los más comunes se encuentran los visores de RM como HoloLens de Microsoft, así como los sistemas de realidad virtual como Oculus Rift y HTC Vive, que permiten la simulación inmersiva de procedimientos en laboratorios de alto riesgo (Curran et al., 2023; Han et al., 2019). Además, plataformas como WebXR y el uso de inteligencia artificial han facilitado el desarrollo de entornos interactivos para la formación en bioseguridad, mejorando tanto la experiencia de aprendizaje como la precisión en la ejecución de los protocolos.

D. Impacto en la adquisición de habilidades y conocimientos sobre EPP

El uso de la RM ha tenido un impacto significativo en la adquisición de habilidades y conocimientos sobre el equipo de protección personal (EPP), permitiendo a los estudiantes y profesionales practicar su correcta utilización en entornos simulados. Según Donkin & Gusset (2024), "la incorporación de RM en la capacitación sobre EPP mejora la adherencia a protocolos de bioseguridad y reduce el riesgo de exposición a agentes peligrosos". Esta tecnología proporciona experiencias interactivas que refuerzan la retención del conocimiento y mejoran la respuesta ante situaciones de emergencia en laboratorios de bioseguridad.

E. Principales beneficios y limitaciones de la RM en este contexto.

La RM ofrece múltiples beneficios en la capacitación en bioseguridad, permitiendo la simulación inmersiva de procedimientos sin exponer a los usuarios a riesgos reales. Su uso ha demostrado mejorar la retención del conocimiento, la precisión en la ejecución de tareas y la preparación ante situaciones de emergencia (Mergen et al., 2024; Donkin & Gusset, 2024). Sin embargo, sus limitaciones incluyen el alto costo de implementación, la necesidad de infraestructura tecnológica avanzada y la curva de aprendizaje asociada al uso de estos dispositivos, lo que puede dificultar su adopción en ciertos entornos educativos y clínicos.

F. Desafío tecnológicos y metodológicos para su implementación

La implementación de la RM en la capacitación en bioseguridad enfrenta diversos desafíos tecnológicos y metodológicos. Entre estos se encuentran la necesidad de dispositivos de alta gama, el desarrollo de entornos virtuales realistas y la integración con los programas de formación existentes. Según Mergen et al. (2024), "los principales retos para la adopción de la RM incluyen la inversión en infraestructura tecnológica y la capacitación de instructores para garantizar su uso efectivo". Estos factores influyen en la accesibilidad y escalabilidad de la tecnología, lo que requiere estrategias para optimizar su implementación en distintos contextos educativos.

G. Brechas en la literatura y oportunidades de investigación futura.

A pesar de los avances en el uso de la RM en bioseguridad, véase figura 2, existen brechas en la literatura relacionadas con la evaluación a largo plazo del impacto de estas tecnologías en la capacitación y desempeño de los profesionales de la salud. La falta de estudios comparativos con métodos tradicionales y la necesidad de desarrollar modelos de costo-beneficio más precisos representan áreas clave para futuras investigaciones (Han et al., 2019; Curran et al., 2023). Además, explorar la integración de inteligencia artificial en entornos de RM podría optimizar la personalización del aprendizaje y la respuesta ante emergencias en laboratorios de bioseguridad.

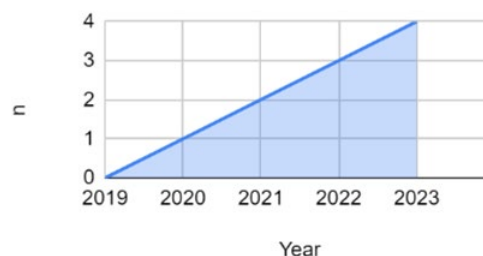


Figura 2. Gráfica de publicaciones. La gráfica representa el incremento de las publicaciones anuales en temas relacionados para el periodo revisado.

4. CONCLUSIONES

La RM ha demostrado ser una herramienta innovadora en la formación en bioseguridad, al proporcionar entornos de aprendizaje inmersivos que mejoran la retención del conocimiento y la práctica segura de protocolos. Su integración en la educación permite reforzar la aplicación adecuada del equipo de protección personal (EPP), reducir errores humanos y optimizar la respuesta ante emergencias en laboratorios de alto riesgo. Estas contribuciones posicionan a la RM como una tecnología clave para fortalecer la capacitación en bioseguridad y garantizar la seguridad del personal en entornos críticos.

El desarrollo de nuevas investigaciones sobre el uso de la RM en bioseguridad debe enfocarse en tres áreas clave: la validación empírica de su efectividad en la formación de profesionales, la optimización de la accesibilidad y los costos de implementación, y la integración con otras tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y la analítica de datos (Tene et al., 2024; Mergen et al., 2024). Estas áreas permitirán fortalecer la evidencia sobre el impacto de la RM en la educación médica y mejorar su aplicabilidad en entornos reales de alto riesgo, véase figura 3.

Para optimizar el uso de la RM en el ámbito educativo, es fundamental desarrollar estrategias que faciliten su integración en los planes de estudio y su accesibilidad a un mayor número de estudiantes. Según Curran et al. (2023), "la adopción de la RM en entornos de formación requiere una infraestructura tecnológica adecuada y la capacitación de los docentes para maximizar su potencial pedagógico". Además, se recomienda la realización de estudios longitudinales que evalúen su impacto en el aprendizaje y el desempeño profesional, asegurando su efectividad en la educación en bioseguridad.



Figura 3. Escaneo 3D. En la imagen se muestra el proceso de escaneo 3D realizado por alumnos investigadores de GIIES UPIICSA para proyectos de RM.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este capítulo agradecen al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por el apoyo brindado en la realización del proyecto SIP 20243977 “Modelo socio-tecnopedagógico de producción de recursos tecnoeducativos para formación en áreas de salud, basado en realidad extendida (EdTech 4 HealthTech Model)” y “Tecnologías Emergentes de la Computación para la Salud Ciudadana”, de los cuales se deriva esta contribución. Asimismo, se agradece a la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA-IPN) por el respaldo otorgado, el cual ha sido fundamental para el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

Curran, V.R., Xu, X., Aydin, M.Y. et al. Use of Extended Reality in Medical Education: An Integrative Review.

Med.Sci.Educ. 33, 275–286 (2023). <https://doi.org/10.1007/s40670-022-01698-4>

Donkin, R., Gusset, R. Medical Laboratory Science Education in Australia: An Academic Review. Med.Sci.Educ. 34, 891–899 (2024). <https://doi.org/10.1007/s40670-024-02057-1>

Han, ER., Yeo, S., Kim, MJ. et al. Medical education trends for future physicians in the era of advanced technology and artificial intelligence: an integrative review. BMC Med Educ 19, 460 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12909-019-1891-5>

Lebl, D. R., Bono, C. M., & Whang, P. G. (2022). Extended reality (virtual reality, augmented reality, mixed reality) technology in spine medicine. *Global Spine Journal*, 12(8), 1630–1636. <https://doi.org/10.1177/21925682221122424>

Mergen, M., Graf, N. & Meyerheim, M. Reviewing the current state of virtual reality integration in medical education - a scoping review. BMC Med Educ 24, 788 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05777-5>

Tene, T., Vique López, D. F., Valverde Aguirre, P. E., Orna Puente, L. M., & Vacacela Gomez, C. (2024). Virtual reality and augmented reality in medical education: an umbrella review. *Frontiers in Digital Health*, 6. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2024.1365345>

Venkatesan, M., Mohan, H., Ryan, J. R., Schürch, C. M., Nolan, G. P., & Coskun, A. F. (2021). Virtual and augmented reality for biomedical applications. *Cell Reports Medicine*, 2(7), 100348. <https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2021.100348>