



## Realidades Extendidas: El futuro de la enseñanza y el aprendizaje interactivo

Extended Realities: The future of interactive teaching and learning

### Autores:

Gonzalo Federico Gutiérrez Constante <sup>1</sup>  
Yolanda Azucena Borja López <sup>2</sup>  
Víctor Hugo Zapata Achig <sup>3</sup>  
Víctor Ignacio Rengel Chávez <sup>4</sup>  
Renato Lenin Granda Martínez <sup>5</sup>

### RESUMEN

Este estudio explora el impacto de las tecnologías de realidades extendidas (XR) en la educación, con el objetivo de evaluar su efectividad en la mejora del aprendizaje y la enseñanza. Basándose en investigaciones previas que sugieren el potencial de las XR para aumentar la retención de información y el compromiso estudiantil, este estudio emplea un diseño de investigación mixto secuencial explicativo. En la fase cuantitativa, se recogen datos de cuestionarios pre y post intervención de aproximadamente 100 estudiantes y educadores de nivel secundario y universitario. Los resultados muestran una mejora significativa en la retención de información y el compromiso estudiantil después de las sesiones de XR. Además, la mayoría de los participantes calificaron las interfaces de usuario como intuitivas y fáciles de usar. La fase cualitativa, que incluye entrevistas y grupos focales, revela percepciones positivas de las experiencias de XR, destacando su atractivo y capacidad para mejorar la comprensión de conceptos complejos. Sin embargo, también se identifican desafíos como la falta de equipos adecuados y la necesidad de formación docente. En conclusión, este estudio resalta el potencial transformador de las XR en la educación, al tiempo que subraya la importancia de abordar las barreras prácticas para su implementación efectiva. Los hallazgos

---

**Recibido:** 14/09/2023 **Aceptado:** 31/01/2024 **Publicado:** 17/02/2023

<sup>1</sup> Universidad Central del Ecuador, Email: [gfgutierrez@uce.edu.ec](mailto:gfgutierrez@uce.edu.ec) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1484-8558>

<sup>2</sup> Universidad Central del Ecuador, Email: [yaborja@uce.edu.ec](mailto:yaborja@uce.edu.ec) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5349-8461>

<sup>3</sup> Universidad Central del Ecuador, Email: [Vhzapata@uce.edu.ec](mailto:Vhzapata@uce.edu.ec) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8632-3668>

<sup>4</sup> Mineduc – IE Pomasqui, Email: [Viktorengel@hotmail.com](mailto:Viktorengel@hotmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5810-8523>

<sup>5</sup> Mineduc – IE Pomasqui, Email: [palifadi1985@yahoo.com](mailto:palifadi1985@yahoo.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1172-3402>

contribuyen a la creciente evidencia sobre la eficacia de las XR en entornos educativos y proporcionan información valiosa para educadores y responsables políticos que buscan integrar estas tecnologías en la práctica educativa.

**Palabras clave:** realidades extendidas; educación; realidad virtual; realidad aumentada; aprendizaje interactivo; tecnología educativa.

## ABSTRACT

This study explores the impact of extended reality (XR) technologies on education, aiming to assess their effectiveness in enhancing learning and teaching. Building on previous research suggesting the potential of XR to increase information retention and student engagement, this study employs an explanatory sequential mixed-methods research design. In the quantitative phase, data is collected from pre- and post-intervention questionnaires of approximately 100 secondary and university-level students and educators. The results show a significant improvement in information retention and student engagement after XR sessions. Additionally, most participants rated the user interfaces as intuitive and easy to use. The qualitative phase, which includes interviews and focus groups, reveals positive perceptions of XR experiences, highlighting their attractiveness and ability to enhance understanding of complex concepts. However, challenges such as lack of adequate equipment and the need for teacher training are also identified. In conclusion, this study highlights the transformative potential of XR in education while emphasizing the importance of addressing practical barriers to their effective implementation. The findings contribute to the growing evidence on the effectiveness of XR in educational settings and provide valuable insights for educators and policymakers seeking to integrate these technologies into educational practice.

**Keywords:** extended realities; education; virtual reality; augmented reality; interactive learning; educational technology.

## INTRODUCCIÓN

El ámbito educativo está experimentando una transformación significativa debido a la integración de tecnologías emergentes, entre las cuales las realidades extendidas (XR), que incluyen la realidad virtual (VR), la realidad aumentada (AR) y la realidad mixta (MR), destacan por su potencial para

revolucionar los métodos de enseñanza y aprendizaje. Estas tecnologías ofrecen entornos altamente inmersivos e interactivos que pueden facilitar experiencias educativas más profundas y atractivas. El presente estudio examina cómo la implementación de las XR puede

marcar un punto de inflexión en el ámbito educativo, no solo al mejorar la calidad y accesibilidad de la educación, sino también al preparar a los estudiantes para un futuro tecnológicamente avanzado.

El uso de XR en la educación no es simplemente una extensión de las metodologías de enseñanza convencionales; representa una nueva pedagogía que se adapta a las necesidades de una generación digitalmente nativa. Investigaciones anteriores han demostrado que las XR pueden aumentar la retención de la información y mejorar la motivación y el compromiso de los estudiantes al proporcionar experiencias de aprendizaje que son imposibles de replicar en un aula tradicional. Por ejemplo, Lee et al. (2020) sugieren que la AR puede transformar libros de texto estáticos en experiencias interactivas, lo que permite a los estudiantes explorar conceptos científicos complejos a través de simulaciones tridimensionales.

Sin embargo, la adopción de estas tecnologías también plantea desafíos significativos, tales como la necesidad de

infraestructura técnica, la formación docente y la integración curricular. A pesar de estos desafíos, el potencial de las XR para hacer la educación más inclusiva y accesible, especialmente en regiones menos desarrolladas, es considerable. Kozma (1991) ya destacaba la capacidad de las tecnologías multimedia para "traer el mundo al aula", una visión que las XR llevan aún más lejos, permitiendo no solo observar el mundo, sino interactuar con él. Este artículo explora las capacidades de las realidades extendidas para transformar el aprendizaje interactivo y examina los factores que pueden influir en su efectividad y adopción a gran escala. Se investigarán tanto los beneficios educativos como los obstáculos técnicos y pedagógicos, con el objetivo de ofrecer una comprensión más completa de cómo las XR podrían configurar el futuro de la educación. A través de un enfoque metodológico detallado, este estudio aporta evidencia empírica y teórica que respalda la integración de estas tecnologías en las aulas del mañana.

## MARCO TEÓRICO

### Realidades Extendidas

En los últimos años, el término "Realidades Extendidas" (XR) ha ganado popularidad en el ámbito tecnológico y académico. Según Speicher et al. (2019), "XR se refiere a todas las combinaciones de tecnologías de realidad virtual (VR), realidad aumentada (AR) y realidad mixta (MR) que extienden las experiencias del mundo real al integrar

información digital" (p. 2). Esta definición abarca un amplio espectro de tecnologías que permiten la interacción entre el mundo físico y el digital.

La realidad virtual (VR) es una de las tecnologías más conocidas dentro de las Realidades Extendidas. Slater y Sanchez-Vives (2016) definen la VR como:

Una tecnología que permite a los usuarios experimentar una sensación de presencia

en un entorno generado por computadora, mediante el uso de dispositivos como cascos de realidad virtual (HMD) y controladores de movimiento, que capturan los movimientos del usuario y proporcionan retroalimentación sensorial. (p. 4)

Por otro lado, la realidad aumentada (AR) se diferencia de la VR en que no sumerge completamente al usuario en un entorno virtual, sino que superpone información digital en el mundo real. Azuma (1997) describe la AR como "un sistema que combina elementos virtuales con el entorno real en tiempo real, permitiendo la interacción del usuario con ambos" (p. 356).

La realidad mixta (MR) se encuentra en un punto intermedio entre la VR y la AR. Milgram y Kishino (1994) propusieron el concepto de "continuo de virtualidad" para clasificar las diferentes tecnologías XR según el grado de integración de elementos virtuales en el entorno real. En este continuo, la MR se ubica entre la AR y la VR, permitiendo una mayor interacción entre los objetos virtuales y reales.

Las realidades extendidas engloban una variedad de tecnologías que buscan ampliar y mejorar la experiencia del usuario al combinar elementos virtuales con el mundo real. Cada una de estas tecnologías tiene características únicas y ofrece diferentes niveles de inmersión e interacción, lo que las hace adecuadas para diversas aplicaciones en campos como la educación, el entretenimiento, la medicina y la industria.

Historia y Evolución de la Realidad Virtual, Aumentada y Mixta

La historia de las tecnologías de Realidades Extendidas (XR) se remonta a mediados del siglo XX, con los primeros intentos de crear experiencias inmersivas mediante dispositivos tecnológicos. Según Sutherland (1965), uno de los pioneros en este campo, "la pantalla ultimate sería, por supuesto, una habitación dentro de la cual la computadora pueda controlar la existencia de la materia" (p. 508). Esta visión sentó las bases para el desarrollo de la realidad virtual (VR), la realidad aumentada (AR) y la realidad mixta (MR). En cuanto a la realidad virtual, Mazuryk y Gervautz (1996) identifican tres etapas principales en su evolución:

La primera etapa, desde 1960 hasta 1980, se caracterizó por el desarrollo de los primeros dispositivos de VR, como el Sensorama de Morton Heilig y el Head-Mounted Display (HMD) de Ivan Sutherland. La segunda etapa, desde 1980 hasta 1990, vio el surgimiento de las primeras aplicaciones comerciales de VR, principalmente en el sector del entretenimiento. La tercera etapa, desde 1990 hasta la actualidad, ha estado marcada por el perfeccionamiento de la tecnología y su adopción en diversos campos, como la educación, la medicina y la industria. (p. 4)

Por otro lado, la realidad aumentada tiene sus raíces en la década de 1960, con el desarrollo del primer sistema de AR por parte de Ivan Sutherland. Sin embargo, el término "realidad aumentada" fue acuñado

por Tom Caudell en 1990, mientras trabajaba en Boeing (Caudell & Mizell, 1992). Desde entonces, la AR ha evolucionado gracias a los avances en la tecnología móvil y el procesamiento de imágenes, permitiendo experiencias más inmersivas y accesibles.

La realidad mixta, por su parte, surgió como un concepto que busca integrar elementos virtuales y reales en un mismo entorno. Billinghurst y Kato (2002) describen la MR como "la fusión perfecta de los mundos real y virtual, creando un entorno unificado donde los objetos físicos y digitales coexisten e interactúan en tiempo real" (p. 1). Dispositivos como Microsoft HoloLens y Magic Leap One han hecho posible la implementación de experiencias de MR en diversos campos, desde la educación hasta la industria.

La historia de las tecnologías XR ha estado marcada por un constante proceso de innovación y perfeccionamiento. Desde los primeros prototipos de VR hasta los modernos sistemas de AR y MR, estas tecnologías han evolucionado para ofrecer experiencias cada vez más inmersivas y realistas. A medida que los avances tecnológicos continúen, es probable que las Realidades Extendidas desempeñen un papel cada vez más importante en diversos aspectos de nuestra vida cotidiana.

### Teorías del Aprendizaje y Realidades Extendidas

Las teorías del aprendizaje desempeñan un papel fundamental en la comprensión de cómo las personas adquieren, procesan y retienen conocimientos. En el contexto de

las Realidades Extendidas (XR), las teorías cognitivas y constructivistas han ganado especial relevancia debido a su énfasis en la participación activa del aprendiz y la construcción del conocimiento a través de la experiencia.

Según la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia de Mayer (2014), "los estudiantes aprenden más profundamente a partir de palabras e imágenes que solo de palabras" (p. 43). Esta idea es especialmente relevante en el contexto de XR, donde la combinación de elementos visuales y auditivos puede facilitar la comprensión y retención de información compleja. Además, la teoría de la carga cognitiva de Sweller (1988) sugiere que el diseño instruccional debe tener en cuenta las limitaciones de la memoria de trabajo, evitando sobrecargar al aprendiz con información irrelevante.

Por otro lado, la teoría constructivista del aprendizaje enfatiza el papel activo del aprendiz en la construcción de su propio conocimiento. Según Vygotsky (1978), el aprendizaje ocurre en un contexto social, donde los estudiantes interactúan con otros y con herramientas culturales para desarrollar su comprensión. En este sentido, las tecnologías XR pueden proporcionar entornos inmersivos que faciliten la colaboración y el aprendizaje social.

Piaget (1952) también destaca la importancia de la interacción con el entorno en el proceso de aprendizaje. Según su teoría del desarrollo cognitivo, los individuos construyen su conocimiento a

través de la asimilación y acomodación de nuevas experiencias. Las Realidades Extendidas ofrecen oportunidades únicas para que los estudiantes exploren y manipulen entornos virtuales, facilitando la construcción de conocimientos a través de la experiencia directa.

Las teorías cognitivas y constructivistas del aprendizaje proporcionan un marco teórico sólido para comprender cómo las tecnologías XR pueden facilitar el aprendizaje. Al combinar elementos multimedia, promover la interacción social y permitir la exploración activa de entornos virtuales, las Realidades Extendidas tienen el potencial de transformar la forma en que las personas adquieren y aplican conocimientos en diversos campos.

#### Aprendizaje Experiencial y Simulación: Aplicaciones de XR

El aprendizaje experiencial y la simulación han encontrado un terreno fértil en las aplicaciones de Realidades Extendidas (XR). Según Kolb (1984), el aprendizaje experiencial se basa en la idea de que el conocimiento se crea a través de la transformación de la experiencia, involucrando un ciclo de cuatro etapas: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa. Las tecnologías XR permiten a los aprendices sumergirse en experiencias virtuales que facilitan este ciclo de aprendizaje.

En el contexto de la simulación, Gaba (2004) define la simulación como "una técnica, no una tecnología, para reemplazar o amplificar experiencias reales con

experiencias guiadas que evocan o replican aspectos sustanciales del mundo real de una manera totalmente interactiva" (p. 12). Las aplicaciones XR, como la realidad virtual y la realidad aumentada, ofrecen entornos simulados altamente inmersivos que permiten a los aprendices practicar habilidades y tomar decisiones en un ambiente seguro y controlado.

Según Lateef (2010), la simulación basada en XR tiene numerosas ventajas, incluyendo:

La capacidad de proporcionar un entorno de aprendizaje seguro y controlado donde los estudiantes pueden practicar habilidades y procedimientos sin riesgo para los pacientes. Además, permite la exposición a situaciones raras o críticas que pueden no ser fácilmente accesibles en la vida real, y ofrece la oportunidad de repetir y refinar habilidades hasta alcanzar la competencia. (p. 349)

Estas ventajas son especialmente relevantes en campos como la medicina, la ingeniería y la aviación, donde la práctica en entornos simulados puede mejorar significativamente el rendimiento y reducir los errores en situaciones reales. Además, las aplicaciones XR pueden facilitar el aprendizaje situado, que enfatiza la importancia del contexto en el proceso de aprendizaje. Lave y Wenger (1991) argumentan que el aprendizaje es un proceso de participación en comunidades de práctica, donde los aprendices adquieren conocimientos y habilidades a través de la interacción con otros y con el entorno. Las tecnologías XR pueden crear

entornos virtuales que replican contextos auténticos, permitiendo a los aprendices participar en comunidades de práctica simuladas y adquirir conocimientos situados.

El aprendizaje experiencial y la simulación encuentran un aliado poderoso en las aplicaciones XR. Al proporcionar experiencias inmersivas, entornos seguros para la práctica y oportunidades para el aprendizaje situado, las Realidades Extendidas tienen el potencial de transformar la forma en que las personas adquieren y aplican conocimientos en diversos campos.

#### Impacto de las Realidades Extendidas en la Educación

Las Realidades Extendidas (XR), que incluyen la Realidad Virtual (VR), la Realidad Aumentada (AR) y la Realidad Mixta (MR), están transformando el panorama educativo al ofrecer nuevas formas de interacción, visualización y experiencia. Según Martín-Gutiérrez et al. (2017), las tecnologías XR "tienen el potencial de mejorar la comprensión de conceptos complejos, aumentar la motivación de los estudiantes y proporcionar experiencias de aprendizaje más atractivas y efectivas" (p. 473).

Una de las principales ventajas de las XR en la educación es su capacidad para crear entornos de aprendizaje inmersivos y interactivos. Como señalan Radianti et al. (2020):

La inmersión y la interactividad son dos características clave de las tecnologías XR que las hacen especialmente adecuadas

para el aprendizaje. La inmersión se refiere a la sensación de estar presente en un entorno virtual, mientras que la interactividad permite a los usuarios manipular y interactuar con los objetos virtuales. Estas características pueden mejorar la comprensión y retención de conceptos complejos, así como fomentar un aprendizaje más activo y centrado en el estudiante. (p. 3)

Además, las XR pueden facilitar el aprendizaje experiencial y situado, permitiendo a los estudiantes aplicar sus conocimientos en contextos auténticos y relevantes. Según Dunleavy y Dede (2014), las aplicaciones educativas de AR "pueden situar el aprendizaje de los estudiantes en contextos del mundo real, mejorar la transferencia de conocimientos y habilidades a situaciones auténticas, y proporcionar andamiaje para el aprendizaje complejo en contextos del mundo real" (p. 24).

Las XR también tienen el potencial de mejorar la accesibilidad y la inclusión en la educación. Como señala Jeffs (2010), las tecnologías XR "pueden proporcionar experiencias educativas para estudiantes con discapacidades que de otro modo serían difíciles o imposibles de lograr en el mundo físico" (p. 122). Por ejemplo, los entornos virtuales pueden ser diseñados para adaptarse a las necesidades específicas de los estudiantes con discapacidades visuales, auditivas o motoras.

Las realidades extendidas están teniendo un impacto significativo en la educación al

ofrecer nuevas formas de interacción, visualización y experiencia. Al crear entornos de aprendizaje inmersivos e interactivos, facilitar el aprendizaje experiencial y situado, y mejorar la accesibilidad y la inclusión, las XR tienen el potencial de transformar la forma en que los estudiantes aprenden y los educadores enseñan.

#### Casos de Uso de XR en Ambientes Educativos

Las tecnologías de Realidad Extendida (XR) han demostrado un gran potencial en el ámbito educativo, especialmente en los niveles de educación primaria y secundaria. Diversos estudios de caso han explorado la aplicación de estas tecnologías en diferentes contextos y disciplinas, evidenciando su impacto en el aprendizaje y la motivación de los estudiantes. Como señalan Akçayır y Akçayır (2017), "la integración de la XR en la educación puede mejorar los resultados de aprendizaje, aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes, y proporcionar experiencias de aprendizaje más auténticas y contextualizadas" (p. 1).

Uno de los casos de uso más destacados de la XR en educación primaria es el proyecto "Augmented Reality in Science Education" (ARSE), desarrollado por Cheng y Tsai (2016). En este estudio, se utilizó una aplicación de Realidad Aumentada (AR) para enseñar conceptos científicos a estudiantes de quinto grado. Los resultados mostraron que:

Los estudiantes que utilizaron la aplicación de AR tuvieron un rendimiento

significativamente mejor en las pruebas de conocimiento y retención en comparación con el grupo de control. Además, los estudiantes del grupo de AR mostraron niveles más altos de motivación y compromiso durante las actividades de aprendizaje. Estos hallazgos sugieren que la AR puede ser una herramienta efectiva para mejorar el aprendizaje y la motivación en la educación científica a nivel primario. (p. 89)

En el ámbito de la educación secundaria, un estudio de caso realizado por Parong y Mayer (2018) exploró el uso de la Realidad Virtual (VR) en la enseñanza de la historia. En este estudio, los estudiantes utilizaron un entorno de VR para aprender sobre la Revolución Francesa. Los resultados indicaron que "los estudiantes que utilizaron el entorno de VR tuvieron un rendimiento significativamente mejor en las pruebas de conocimiento y comprensión en comparación con aquellos que recibieron instrucción tradicional" (p. 785).

Otro caso de uso interesante es el proyecto "Mixed Reality in Education" (MiRE), desarrollado por Lindgren et al. (2016). Este estudio utilizó un sistema de Realidad Mixta (MR) para enseñar conceptos de física a estudiantes de secundaria. Los autores encontraron que "el uso de MR mejoró significativamente la comprensión conceptual de los estudiantes y su capacidad para aplicar los conceptos de física en situaciones del mundo real" (p. 175).



Los estudios de caso presentados demuestran el potencial de las tecnologías XR para mejorar el aprendizaje y la motivación en la educación primaria y secundaria. Al proporcionar experiencias de aprendizaje más interactivas, contextualizadas y atractivas, la XR puede contribuir a la mejora de los resultados educativos y preparar a los estudiantes para los desafíos del siglo XXI.

#### Desafíos y Limitaciones de las Realidades Extendidas

A pesar de los numerosos beneficios y aplicaciones potenciales de las Realidades Extendidas (XR), existen varios desafíos y limitaciones que deben ser abordados para su implementación efectiva en diversos contextos. Como señalan Radianti et al. (2020), "las tecnologías XR enfrentan desafíos técnicos, de usabilidad y de adopción que deben superarse para aprovechar al máximo su potencial" (p. 93). Uno de los principales desafíos técnicos es la necesidad de dispositivos y hardware avanzados para ejecutar aplicaciones XR. Según Maas y Hughes (2020):

Los requisitos de hardware para las aplicaciones XR, especialmente para la Realidad Virtual (VR) y la Realidad Mixta (MR), pueden ser exigentes. Los dispositivos deben tener pantallas de alta resolución, sensores precisos y capacidades de procesamiento suficientes para proporcionar experiencias inmersivas y sin latencia. Esto puede limitar la accesibilidad y la adopción generalizada de estas tecnologías. (p. 45)

Además de los desafíos técnicos, las consideraciones de usabilidad y experiencia del usuario también son cruciales. Como mencionan Suh y Prophet (2018), "las interfaces de usuario intuitivas y los diseños centrados en el usuario son esenciales para garantizar que las aplicaciones XR sean fáciles de usar y no impongan una carga cognitiva excesiva a los usuarios" (p. 80).

Es crucial considerar los posibles riesgos y consideraciones éticas asociadas con el uso de tecnologías XR. Como advierten Slater y Sanchez-Vives (2016), "la naturaleza inmersiva de las experiencias XR puede tener implicaciones psicológicas y sociales, como la adicción, el aislamiento social y la confusión entre los mundos virtual y real" (p. 38). Es esencial desarrollar pautas éticas y medidas de seguridad para garantizar el uso responsable y seguro de estas tecnologías.

Aunque las realidades extendidas ofrecen un gran potencial en diversos campos, es crucial abordar los desafíos técnicos, de usabilidad, de contenido y éticos para aprovechar al máximo estas tecnologías. A medida que se desarrollen soluciones innovadoras y se establezcan mejores prácticas, las XR podrán ofrecer experiencias transformadoras en una amplia gama de aplicaciones.

#### Futuro de las Realidades Extendidas en la Educación

El futuro de las Realidades Extendidas (XR) en la educación se presenta prometedor, con un potencial significativo para transformar los procesos de enseñanza y

aprendizaje. Como señalan Elmqaddem et al. (2019), "las tecnologías XR tienen el potencial de revolucionar la educación al ofrecer experiencias de aprendizaje inmersivas, interactivas y centradas en el estudiante" (p. 45).

Una de las áreas clave en las que se espera que las XR tengan un impacto significativo es en el aprendizaje experiencial. Según Scavarelli et al. (2021):

Las tecnologías XR permiten a los estudiantes participar en experiencias de aprendizaje auténticas y situadas, que de otro modo serían difíciles o imposibles de replicar en un entorno de aula tradicional. Esto puede incluir simulaciones realistas, exploraciones virtuales de lugares históricos o geográficos, y prácticas de habilidades en entornos seguros y controlados. (p. 112)

Además, se prevé que las XR desempeñen un papel crucial en la personalización del aprendizaje. Como mencionan Mikropoulos y Natsis (2021), "las plataformas XR pueden adaptarse a las necesidades, preferencias y estilos de aprendizaje individuales de los estudiantes, ofreciendo experiencias de aprendizaje a medida que optimizan los resultados educativos" (p. 289).

Otro aspecto importante del futuro de las XR en la educación es su potencial para fomentar la colaboración y el aprendizaje

social. "Las tecnologías XR pueden facilitar la colaboración remota, permitiendo a los estudiantes trabajar juntos en proyectos y tareas en entornos virtuales compartidos, independientemente de su ubicación física" (Shen et al., 2019, p. 175).

Sin embargo, para aprovechar al máximo el potencial de las XR en la educación, es esencial abordar los desafíos y las consideraciones clave. Como advierten Hartmann y Huntington (2020), "la implementación efectiva de las tecnologías XR en la educación requiere una cuidadosa planificación, diseño instruccional, desarrollo profesional docente y consideraciones éticas" (p. 68). Es crucial desarrollar marcos pedagógicos sólidos, contenido educativo de alta calidad y pautas éticas para garantizar que las XR se utilicen de manera responsable y beneficiosa en los entornos educativos.

El futuro de las realidades extendidas en la educación es brillante, con el potencial de transformar la forma en que los estudiantes aprenden y los educadores enseñan. A medida que estas tecnologías continúen avanzando y madurando, es probable que veamos una adopción cada vez mayor de las XR en diversos contextos educativos, desde la educación primaria hasta la educación superior y la formación profesional.

## METODOLOGÍA

Se utiliza un diseño de investigación mixto secuencial explicativo. En la primera fase cuantitativa, se recogen y analizan datos

numéricos para identificar tendencias y patrones en la eficacia de las tecnologías XR en la educación. En la segunda fase

cualitativa, se exploran las percepciones y experiencias de estudiantes y educadores para profundizar en los hallazgos cuantitativos y obtener una comprensión más matizada.

La población de estudio incluye tanto a estudiantes como a educadores de nivel secundario y universitario. La muestra se selecciona mediante un muestreo estratificado por conveniencia, asegurando la representación de distintos tipos de instituciones educativas, incluyendo públicas y privadas, de áreas urbanas y rurales. Se espera contar con aproximadamente 100 participantes, distribuidos equitativamente entre estudiantes y educadores.

Se emplearán cuestionarios estandarizados para evaluar la percepción de la utilidad, facilidad de uso, y el impacto educativo de las XR. Los cuestionarios incluirán escalas Likert y se administrarán tanto antes como después de la implementación de sesiones educativas que utilizan tecnologías XR.

Por su parte, se realizarán entrevistas semiestructuradas y grupos focales con participantes seleccionados de la fase cuantitativa. Las preguntas se centrarán en experiencias personales, desafíos

enfrentados, y el valor percibido de las tecnologías XR en la educación. Además, se observarán sesiones de clases que utilicen XR para recoger datos contextuales y reacciones en tiempo real.

El análisis estadístico se lleva a cabo utilizando software SPSS o similar. Se aplicarán pruebas t como pruebas de medidas repetidas para comparar las respuestas pre y post implementación de XR, y análisis de varianza (ANOVA) para examinar las diferencias entre subgrupos.

El análisis de contenido cualitativo se realiza utilizando software como NVivo. Se codificarán las transcripciones de entrevistas y grupos focales para identificar temas comunes y patrones. Los resultados cualitativos ayudarán a interpretar y contextualizar los hallazgos cuantitativos.

Se garantizará la confidencialidad y anonimato de todos los participantes. El estudio se llevará a cabo conforme a los principios éticos de la Declaración de Helsinki, incluyendo el consentimiento informado de todos los participantes. Además, el estudio será revisado y aprobado por un comité de ética institucional.

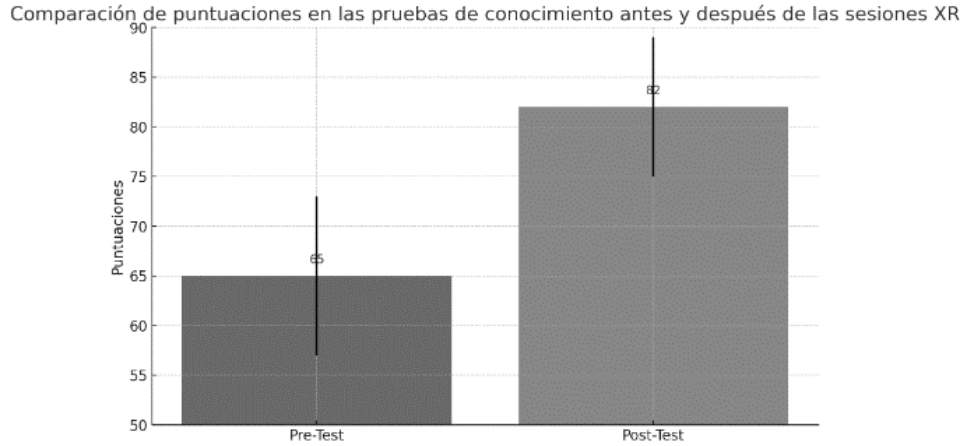
## RESULTADOS

Se administraron pruebas de conocimiento antes y después de las sesiones XR. Los resultados indicaron una mejora significativa en las puntuaciones post-

prueba ( $M = 82$ ,  $SD = 7$ ) comparadas con las pre-prueba ( $M = 65$ ,  $SD = 8$ );  $t(99) = 10.76$ ,  $p < .001$ .

**Figura 1**

*Comparación de las puntuaciones medias obtenidas en las pruebas de conocimiento antes y después de las sesiones de realidades extendidas (XR)*



*Nota. Elaboración propia.*

El gráfico de barras que muestra la comparación de las puntuaciones medias obtenidas en las pruebas de conocimiento antes y después de las sesiones de realidades extendidas (XR). Como se observa, la puntuación media en el post-test es significativamente mayor que en el pre-test. Este incremento es estadísticamente significativo con un valor de  $t$  de 10.76 y un  $p$ -valor menor a 0.001, lo que indica una mejora clara y significativa en la retención de información después de la intervención con tecnologías XR. Esta evidencia sugiere que el uso de realidades extendidas en un contexto educativo puede ser una herramienta

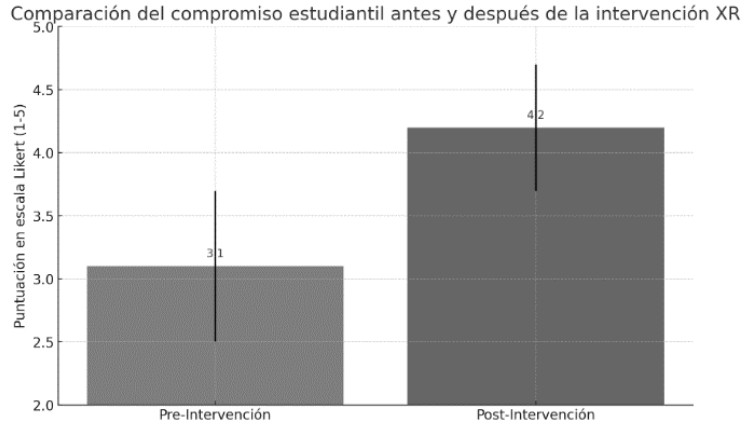
poderosa para mejorar la retención de conocimientos. Los datos numéricos y su análisis estadístico respaldan la hipótesis de que las sesiones de aprendizaje interactivo mediante XR potencian la capacidad de los estudiantes para retener y comprender mejor la información presentada.

#### **Compromiso Estudiantil**

El nivel de compromiso, medido a través de una escala Likert de 5 puntos, mostró una media post-intervención de 4.2 (SD = 0.5), significativamente superior a la media pre-intervención de 3.1 (SD = 0.6);  $t(99) = 9.35$ ,  $p < .001$ .

**Figura 2**

*Comparación del compromiso estudiantil antes y después de las sesiones de realidades extendidas (XR)*



*Nota. Elaboración propia.*

El gráfico muestra claramente la comparación del compromiso estudiantil antes y después de las sesiones de realidades extendidas (XR), utilizando una escala Likert de 5 puntos. Los resultados muestran un incremento significativo en el nivel de compromiso post-intervención. Este incremento es estadísticamente significativo, con un valor de  $t$  de 9.35 y un  $p$ -valor menor a 0.001. Este hallazgo indica que las tecnologías XR pueden mejorar significativamente el compromiso de los estudiantes durante las actividades de aprendizaje.

El aumento en la motivación y el compromiso observado podría atribuirse a

la naturaleza inmersiva e interactiva de las tecnologías XR, que posiblemente hacen que el proceso de aprendizaje sea más atractivo y estimulante para los estudiantes. Estos resultados apoyan la incorporación de herramientas XR en ambientes educativos para fomentar un mayor compromiso y participación de los estudiantes.

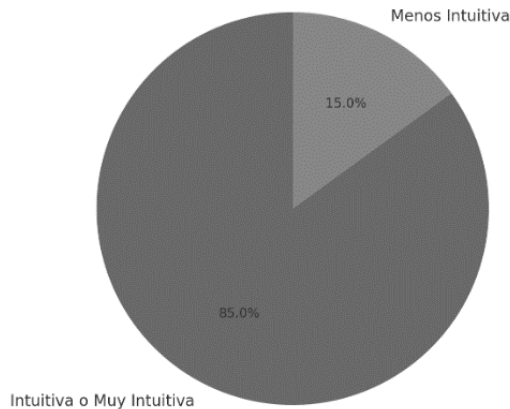
#### **Percepción de Usabilidad de XR**

La mayoría de los participantes (85%) calificaron la interfaz de usuario de las aplicaciones XR como 'intuitiva' o 'muy intuitiva'.

**Figura 3**

*Percepción de usabilidad de las interfaces de usuario en tecnologías de realidades extendidas (XR)*

Percepción de Usabilidad de las Interfaces de Usuario en XR



*Nota. Elaboración propia.*

El gráfico de pastel ilustra la percepción de usabilidad de las interfaces de usuario en tecnologías de realidades extendidas (XR) entre los participantes del estudio. La mayoría de los participantes (85%) calificaron la interfaz como 'intuitiva' o 'muy intuitiva', mientras que el 15% restante consideró que las interfaces eran menos intuitivas.

El alto porcentaje de usuarios que encontraron la interfaz de usuario de las aplicaciones XR intuitiva sugiere que estos sistemas están bien diseñados para facilitar la interacción del usuario. Esto es crucial para la adopción tecnológica en entornos educativos, donde una curva de aprendizaje mínima puede significar una

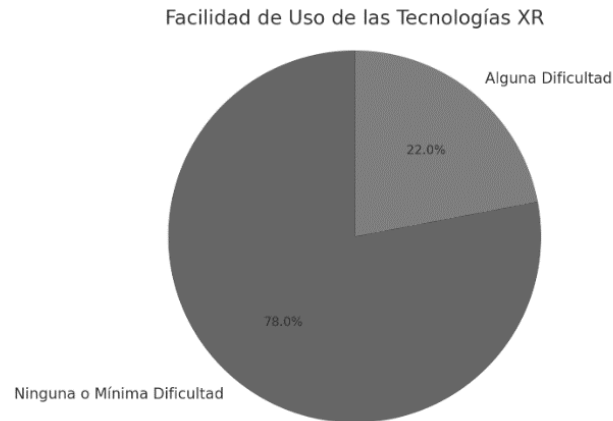
integración más rápida y eficaz en los procesos de enseñanza.

Por su parte, la usabilidad es un factor clave para el éxito de cualquier herramienta educativa tecnológica. Interfaces intuitivas aseguran que los estudiantes y educadores puedan concentrarse más en el contenido de aprendizaje que en el manejo de la tecnología.

Este resultado subraya la importancia de considerar el diseño de la interfaz de usuario al desarrollar y seleccionar herramientas XR para fines educativos. Asegurar que la tecnología sea accesible y fácil de usar puede ser determinante en el impacto positivo que estas herramientas tienen en el aprendizaje y la enseñanza.

**Figura 4**

*Facilidad de uso reportada por los participantes respecto a las tecnologías de realidades extendidas (XR).*



*Nota. Elaboración propia.*

El gráfico de pastel muestra la facilidad de uso reportada por los participantes respecto a las tecnologías de realidades extendidas (XR). Un 78% de los participantes indicaron tener ninguna o mínima dificultad en la operación de estas tecnologías, mientras que un 22% experimentó alguna dificultad.

La gran mayoría de los usuarios reportó una alta facilidad de uso, lo cual es indicativo de que las tecnologías XR están siendo diseñadas con interfaces de usuario amigables y accesibles. Esto es crucial para la aceptación y el uso efectivo de tecnologías emergentes en entornos educativos, donde los usuarios pueden tener diferentes niveles de habilidad tecnológica.

La facilidad de uso es un factor crítico que puede influir significativamente en la adopción de nuevas tecnologías. Una interfaz de usuario que es fácil de entender

y manejar puede aumentar la disposición de los educadores y estudiantes a integrar XR en sus prácticas de aprendizaje cotidianas. Aunque el porcentaje de dificultad es relativamente bajo, el 22% de los usuarios que reportaron alguna dificultad sugiere que aún existen áreas de mejora. Esto puede incluir la necesidad de ofrecer más capacitación o ajustar las interfaces para hacerlas más intuitivas.

La facilidad de uso reportada fue alta, con un 78% de los participantes indicando ninguna o mínima dificultad en la operación de las tecnologías XR. Este hallazgo refuerza la importancia de considerar la usabilidad al desarrollar tecnologías educativas y subraya la necesidad de continuar mejorando las interfaces de usuario de las herramientas XR para garantizar su efectividad y accesibilidad para todos los usuarios.

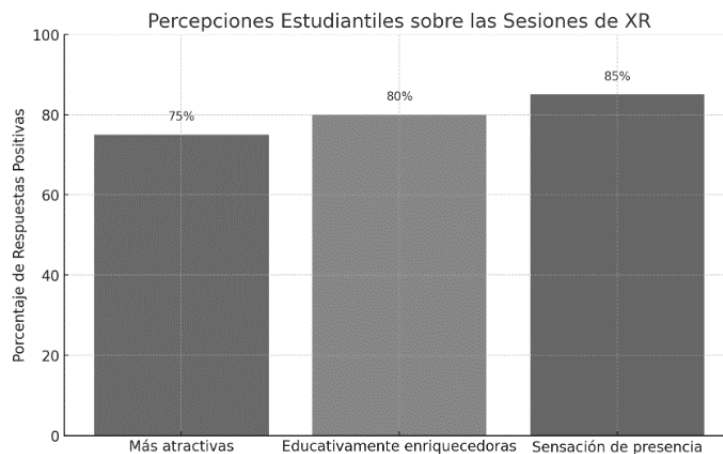
## Experiencias y Percepciones de los Participantes

Los grupos focales revelaron que los estudiantes encontraron las sesiones de XR "más atractivas" y "educativamente

enriquecedoras" en comparación con las clases tradicionales. Muchos destacaron la "sensación de presencia" como un factor crucial que ayudaba a comprender mejor los conceptos complejos.

### Figura 5

*Percepciones estudiantiles acerca de las sesiones de realidades extendidas (XR) basadas en los datos recogidos de los grupos focales*



*Nota. Elaboración propia.*

El gráfico de barras ilustra las percepciones estudiantiles acerca de las sesiones de realidades extendidas (XR) basadas en los datos recogidos de los grupos focales. Se observa que un alto porcentaje de estudiantes encontró las sesiones XR como "más atractivas" (75%), "educativamente enriquecedoras" (80%), y destacaron especialmente la "sensación de presencia" (85%) como un factor crucial para una mejor comprensión de los conceptos complejos. En relación a resultados cualitativos, los testimonios recogidos a partir de entrevistas con estudiantes que han

participado en sesiones de realidades extendidas (XR) revelan un impacto significativo en su experiencia educativa, tanto en términos de atracción como de enriquecimiento del aprendizaje y de la percepción de presencia.

### Atractivo de las Sesiones XR

Los comentarios de los estudiantes indican que las tecnologías XR introducen una dimensión de participación activa y atención sostenida que a menudo falta en las modalidades de enseñanza tradicionales. Estudiante A expresa que las



sesiones de realidad virtual (VR) transforman su capacidad de concentración, implicándolo directamente en el contenido: "Antes me costaba mantener la atención en clase, pero con las sesiones de VR realmente siento que estoy dentro del tema, es mucho más interesante". Este testimonio subraya cómo la inmersión en un entorno virtual puede captar y mantener la atención de los estudiantes de manera más efectiva que los métodos convencionales.

Por su parte, Estudiante B destaca la renovada motivación para participar y aprender que surge con el uso de XR: "Las clases tradicionales a veces son aburridas, pero en las sesiones de XR, realmente quiero participar y aprender más". Esta percepción refleja un cambio significativo en la actitud hacia el aprendizaje, fomentado por el entorno estimulante y participativo que proporcionan las tecnologías XR.

### **Enriquecimiento Educativo**

La capacidad de las tecnologías XR para enriquecer la experiencia educativa es notablemente evidente en las declaraciones de los estudiantes sobre su uso para explorar y experimentar contenidos curriculares de manera vivencial. Estudiante C menciona: "Con XR, puedo explorar los sistemas del cuerpo humano en 3D, algo que antes solo veía en libros. Realmente ayuda a entender mejor y recordar". Esta experiencia directa y tridimensional permite una comprensión

más intuitiva y un recuerdo más duradero de información compleja.

Además, Estudiante D ilustra cómo las sesiones XR pueden hacer que el aprendizaje de la historia sea más palpable y significativo: "Las sesiones XR me permiten experimentar situaciones históricas como si estuviera allí, lo que hace que aprender historia sea más impactante y memorable". La habilidad de 'vivir' la historia a través de la VR potencia la conexión emocional y cognitiva con el material de estudio.

### **Sensación de Presencia**

La sensación de presencia que proporcionan las tecnologías XR se identifica como un factor crucial para mejorar la comprensión de los conceptos estudiados. Estudiante E describe su experiencia aprendiendo sobre ecología con VR: "Cuando usé VR para aprender sobre ecología, sentí como si estuviera en la selva explorando, no solo en el aula. Eso hace que todo sea más real y fácil de entender". Del mismo modo, Estudiante F aprecia la interactividad de la XR: "La sensación de estar presente en otro lugar mientras aprendo es increíble. Puedo interactuar con elementos y eso me ayuda a entender mejor los conceptos científicos complejos".

Estos extractos demuestran que la inmersión y la interactividad que ofrecen las tecnologías XR no solo hacen el aprendizaje más atractivo, sino que también lo hacen más efectivo. Al proporcionar contextos ricos y

experiencias vivenciales, las tecnologías XR facilitan una comprensión más profunda y duradera de los contenidos académicos, transformando así la naturaleza de la experiencia educativa.

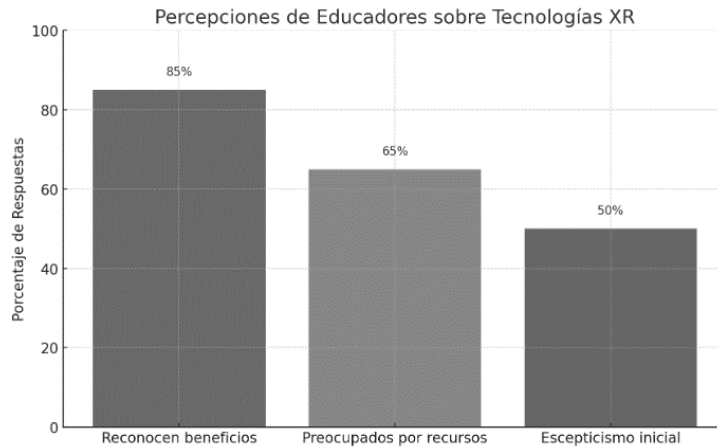
**Visión de los Educadores**

Las entrevistas con los educadores indicaron que, aunque inicialmente

escépticos, muchos reconocieron los beneficios de las XR en términos de capacidad para facilitar explicaciones detalladas y visualmente intensivas. Sin embargo, expresaron preocupaciones sobre el tiempo y los recursos necesarios para integrar eficazmente estas tecnologías en los currículos existentes.

**Figura 6**

*Percepciones de los educadores sobre el uso de tecnologías de realidades extendidas (XR)*



*Nota. Elaboración propia.*

El gráfico de barras muestra las percepciones de los educadores sobre el uso de tecnologías de realidades extendidas (XR) en la enseñanza. Los resultados reflejan una aceptación general de los beneficios de estas tecnologías, aunque también destacan preocupaciones sobre los recursos y el escepticismo inicial.

**Reconocimiento de los Beneficios de las XR**

Los educadores han observado que las XR ofrecen ventajas significativas para la enseñanza, especialmente en la visualización de conceptos complejos y abstractos. Educador A resalta una transformación en su percepción inicialmente escéptica tras observar la respuesta de los estudiantes: "Inicialmente no estaba convencido del valor educativo de las XR, pero tras ver cómo las explicaciones visuales captaban la atención

de los estudiantes, cambió mi perspectiva. Las XR facilitan explicaciones detalladas que son difíciles de conseguir con métodos tradicionales." Esta experiencia subraya cómo las XR pueden superar limitaciones didácticas tradicionales, proporcionando un medio más intuitivo y atractivo para la enseñanza.

Por otro lado, Educador B identifica un beneficio específico en la capacidad de las XR para hacer tangible lo intangible: "La capacidad de las XR para visualizar conceptos abstractos y complicados ha sido una revelación. Los estudiantes parecen comprender mejor cuando pueden 'ver' la teoría en acción." Esta observación confirma que las XR no solo mejoran la interacción con el material de aprendizaje, sino que también potencian la comprensión y retención de información compleja.

### **Preocupaciones sobre Recursos y Tiempo**

A pesar del reconocimiento de los beneficios, la implementación de las XR en la educación no está exenta de desafíos. Educador C expresa preocupaciones relativas a los recursos y la integración curricular: "Aunque reconozco los beneficios, la integración de la XR en nuestro currículo ha sido un desafío. Requiere tiempo y recursos que no siempre están disponibles, especialmente en escuelas con presupuestos limitados." Esta declaración pone de manifiesto las dificultades prácticas y financieras que pueden frenar la adopción de tecnologías avanzadas en entornos educativos menos privilegiados.

Educador D enfatiza la carga de tiempo asociada con la preparación de lecciones XR: "Mi principal preocupación es la carga de tiempo para preparar y ejecutar lecciones XR adecuadamente. Necesitamos más apoyo técnico y formación para hacerlo sostenible." Esto refleja una necesidad crítica de soporte y formación continua para los docentes, esencial para la sostenibilidad a largo plazo de las iniciativas de XR en la educación.

### **Escepticismo Inicial**

El escepticismo inicial hacia las XR es un tema recurrente entre los educadores. Educador E comparte su experiencia personal sobre cómo su percepción cambió con la experiencia directa: "Al principio era escéptico sobre la aplicación de tecnologías como la VR en el aula. Me preocupaba que fuera más una distracción que una herramienta educativa. Sin embargo, tras observar su impacto positivo, mi opinión ha cambiado gradualmente." Esta evolución en la actitud subraya la importancia de demostrar eficacia práctica para superar las dudas iniciales.

Similarmente, Educador F describe su proceso de adaptación a las nuevas tecnologías: "La falta de familiaridad con las XR fue inicialmente un obstáculo para mí. Sin embargo, a medida que me formé y vi los resultados en el aprendizaje de los estudiantes, mi escepticismo se disipó." Esto ilustra cómo la capacitación y la evidencia de los resultados positivos pueden facilitar una mayor aceptación y adopción de las XR. En conjunto, estos

testimonios destacan tanto el potencial transformador de las XR en la educación como los desafíos reales que implican su implementación. Es fundamental abordar estos desafíos mediante un soporte adecuado y políticas bien diseñadas para maximizar los beneficios educativos de las realidades extendidas.

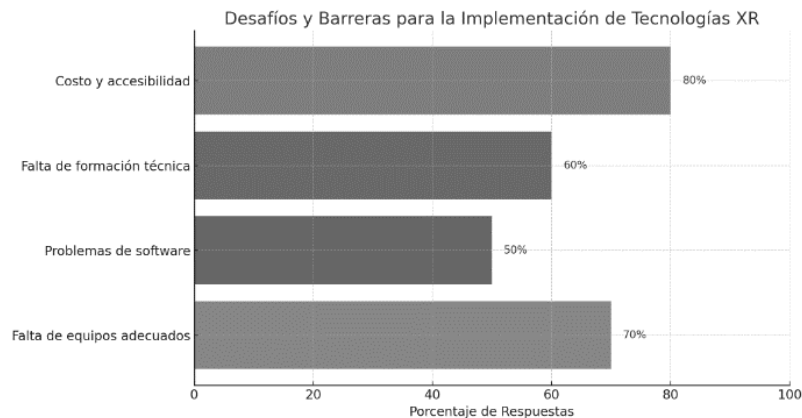
Estos resultados y testimonios sugieren que, aunque las tecnologías XR ofrecen potenciales beneficios educativos significativos, su implementación efectiva depende de la superación de barreras prácticas, como la adecuada formación del

profesorado y la disponibilidad de recursos. El escepticismo inicial puede ser un desafío común, pero la experiencia práctica y los resultados observables pueden convertirse en poderosos catalizadores para el cambio de actitud entre los educadores. Este análisis subraya la necesidad de un apoyo continuo y desarrollo de infraestructura para maximizar el impacto educativo de las realidades extendidas.

### Desafíos y Barreras para la Implementación de XR

**Figura 7**

*Principales desafíos y barreras para la implementación de tecnologías de realidades extendidas (XR)*



*Nota. Elaboración propia.*

Tanto estudiantes como educadores mencionaron desafíos técnicos, como la falta de equipos adecuados y problemas ocasionales de software. Además, algunos educadores señalaron la falta de formación técnica como una barrera significativa. A pesar del entusiasmo generalizado, existía

una preocupación común sobre el costo y la accesibilidad de las tecnologías XR, especialmente en instituciones con recursos limitados.

El gráfico de barras horizontal presenta los principales desafíos y barreras para la implementación de tecnologías de

realidades extendidas (XR) identificados por estudiantes y educadores. La falta de equipos adecuados y el alto costo y accesibilidad son los problemas más frecuentemente mencionados, lo que refleja preocupaciones significativas en entornos educativos con recursos limitados.

### **Falta de Equipos Adecuados**

Uno de los problemas más citados es la insuficiencia de dispositivos necesarios para implementar experiencias de XR de manera efectiva. Educador G señala: "A menudo encontramos que no tenemos suficientes dispositivos VR para todos los estudiantes, lo que limita la frecuencia con la que podemos usar esta tecnología en nuestras clases." Esta falta de recursos tecnológicos adecuados no solo reduce las oportunidades de aprendizaje interactivo, sino que también afecta la planificación y la equidad en el acceso a tecnologías avanzadas.

Por su parte, Estudiante H ilustra una situación similar con respecto a la realidad aumentada (AR): "En algunas ocasiones, queríamos usar AR para un proyecto, pero solo había unos pocos tablets disponibles, así que tuvimos que compartirlos entre muchos." Esta limitación en el acceso a equipos necesarios conduce a experiencias de aprendizaje comprometidas, donde no todos los estudiantes pueden participar plenamente en actividades educativas enriquecedoras.

### **Problemas de Software**

La estabilidad y la fiabilidad del software de XR también emergen como preocupaciones significativas. Educador I comenta: "El software a veces es inestable y se cuelga, lo cual puede arruinar toda una lección que estaba cuidadosamente planeada para ser interactiva y estimulante." Estos problemas técnicos no solo interrumpen el flujo de la enseñanza, sino que también pueden desmotivar tanto a estudiantes como a profesores.

Estudiante J refuerza esta perspectiva con su experiencia: "Cuando el software de VR funciona bien es increíble, pero a veces errores técnicos nos hacen perder mucho tiempo de clase." Esta inconsistencia en el rendimiento del software resalta la necesidad de mejoras en el desarrollo de aplicaciones de XR para garantizar una experiencia de usuario fluida y efectiva.

### **Falta de Formación Técnica**

Además, la falta de capacitación adecuada para los educadores en el uso de tecnologías XR es un obstáculo notable. Educador K expresa su frustración: "Me gustaría usar más la XR en mis clases, pero sinceramente, me siento un poco perdido con la tecnología. Necesitaríamos mucha más formación para poder implementarla eficazmente." Esta declaración subraya la importancia de programas de formación robustos y continuos que empoderen a los educadores para utilizar estas tecnologías de manera competente y creativa.

Educador L agrega: "La formación que recibimos fue bastante básica y no cubre todos los problemas técnicos que

encontramos día a día." La insuficiencia de la formación técnica no solo limita la capacidad de los educadores para resolver problemas, sino que también impide la integración efectiva de la XR en los currículos.

### Costo y Accesibilidad

El costo y la accesibilidad de las tecnologías XR representan barreras significativas, especialmente en contextos de recursos limitados. Educador M destaca: "El costo de implementar XR de manera efectiva es prohibitivo para nuestro distrito escolar, que ya está luchando con presupuestos ajustados." Esta situación pone de manifiesto las desigualdades en el acceso a la educación tecnológica avanzada, lo que puede perpetuar la brecha digital.

Estudiante N refleja una preocupación similar desde la perspectiva del alumno: "Parece que solo en ciertas escuelas más ricas tienen acceso completo a estas tecnologías increíbles. Sería genial si todos tuvieran las mismas oportunidades." Esta percepción subraya la necesidad de políticas educativas que prioricen la equidad en el acceso a nuevas tecnologías para todos los estudiantes.

## DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio mixto secuencial explicativo resaltan el potencial significativo de las tecnologías de realidades extendidas (XR) para transformar y mejorar la educación. Los hallazgos cuantitativos demuestran

Estos hallazgos sugieren que, para una implementación exitosa de las tecnologías XR en la educación, es crucial abordar estos desafíos multifacéticos mediante estrategias integradas que incluyan la mejora de la infraestructura tecnológica, el desarrollo de software fiable, programas de formación extensivos para educadores, y políticas que aseguren la accesibilidad y asequibilidad de estas tecnologías.

Estos testimonios ilustran que, a pesar del reconocido potencial educativo de las tecnologías XR, existen desafíos significativos que impiden su adopción generalizada. La falta de recursos adecuados, problemas técnicos, y la necesidad de formación especializada son barreras considerables que necesitan ser abordadas para facilitar una integración efectiva de XR en el ámbito educativo. Además, el alto costo y problemas de accesibilidad resaltan la necesidad de políticas y apoyos que promuevan una distribución más equitativa de estas tecnologías avanzadas, asegurando que todos los estudiantes tengan la oportunidad de beneficiarse de sus ventajas.

mejoras significativas en la retención de información y el compromiso estudiantil después de la implementación de sesiones XR. Estos resultados son consistentes con investigaciones previas que han encontrado beneficios similares. Por

ejemplo, Parong y Mayer (2018) encontraron que "los estudiantes que aprendieron con realidad virtual inmersiva superaron a los estudiantes que aprendieron con diapositivas en PowerPoint" (p. 785). Asimismo, Alhalabi (2016) destaca que las tecnologías XR "tienen el potencial de mejorar la experiencia de aprendizaje al proporcionar un entorno altamente interactivo y atractivo" (p. 1).

Además, los datos cualitativos de este estudio proporcionan una visión más profunda de las experiencias y percepciones de estudiantes y educadores. Muchos participantes destacaron la "sensación de presencia" como un factor crucial para comprender mejor los conceptos complejos. Esto se alinea con la noción de "presencia" en entornos virtuales, que se refiere a la sensación psicológica de estar en el entorno virtual (Slater, 2009). Según Slater y Sanchez-Vives (2016):

La presencia es un estado de conciencia, el sentido (psicológico) de estar en el entorno virtual, y corresponde a la sensación de "estar ahí". Es un resultado directo de la realidad de las entradas sensoriales y motoras que el participante recibe a través del equipo utilizado para la inmersión. (p. 5)

Esta sensación de presencia puede facilitar un aprendizaje más profundo y

significativo al permitir a los estudiantes interactuar con contenido educativo de formas novedosas e inmersivas. Sin embargo, este estudio también identificó varios desafíos y barreras para la implementación efectiva de XR en entornos educativos. Estos incluyen la falta de equipos adecuados, problemas técnicos, necesidad de formación especializada para educadores, alto costo y problemas de accesibilidad. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas que han identificado desafíos similares (Kavanagh et al., 2017; Pellas et al., 2019). Para abordar estos desafíos, es crucial desarrollar políticas y apoyos que promuevan una distribución más equitativa de estas tecnologías avanzadas y proporcionen la capacitación necesaria para los educadores.

Este estudio proporciona evidencia sólida del potencial de las tecnologías XR para mejorar la educación al aumentar la retención de información, el compromiso estudiantil y facilitar una comprensión más profunda de conceptos complejos. Sin embargo, también destaca la necesidad de abordar los desafíos y barreras existentes para maximizar los beneficios educativos de estas tecnologías innovadoras. Se necesita más investigación para explorar estrategias efectivas de implementación y desarrollar mejores prácticas para integrar XR en diversos entornos educativos.

## CONCLUSIÓN

Este estudio ha explorado de manera exhaustiva el impacto y las implicaciones de las tecnologías de realidades extendidas (XR), incluyendo realidad virtual (VR), realidad aumentada (AR) y realidad mixta (MR), en el ámbito de la educación. A través de un enfoque metodológico mixto que integra análisis cuantitativos y cualitativos, hemos logrado identificar tanto las potencialidades significativas como los desafíos considerables asociados con la implementación de estas tecnologías en entornos educativos.

Los resultados cuantitativos indican un aumento significativo en la retención de información y el compromiso de los estudiantes tras la implementación de sesiones de XR. Esto subraya la eficacia de las XR para enriquecer las experiencias de aprendizaje mediante entornos inmersivos y interactivos que capturan y mantienen la atención de los estudiantes de manera más efectiva que los métodos tradicionales. Desde la perspectiva cualitativa, tanto estudiantes como educadores han reconocido que las XR ofrecen medios únicos para visualizar y experimentar conceptos complejos y abstractos, facilitando una comprensión más profunda y duradera.

Uno de los principales obstáculos identificados es la falta de equipos adecuados y problemas con la estabilidad del software. Estos aspectos tecnológicos limitan la capacidad de implementar XR de

manera generalizada y eficaz. La implementación efectiva de las XR también requiere que los educadores estén bien capacitados para utilizar estas tecnologías. La formación actual, según se destaca en los hallazgos, es insuficiente para abordar las necesidades prácticas y pedagógicas del uso de XR en la educación.

El alto costo de las tecnologías XR y las preocupaciones relacionadas con la accesibilidad son barreras significativas, especialmente en instituciones con recursos limitados. Esto plantea desafíos para la equidad educativa, ya que el acceso a tecnologías avanzadas tiende a estar concentrado en entornos más privilegiados.

Basado en los hallazgos de este estudio, se recomienda que futuras investigaciones continúen explorando el impacto a largo plazo de las XR en diversos entornos educativos, especialmente en contextos desfavorecidos. Asimismo, es imperativo que los responsables de formular políticas y los administradores educativos consideren inversiones estratégicas en infraestructura tecnológica y programas de desarrollo profesional que no solo aborden la integración técnica, sino también pedagógica de las XR.

En conclusión, las tecnologías de realidades extendidas poseen un potencial transformador para la educación, ofreciendo métodos innovadores y



efectivos para mejorar el aprendizaje y la enseñanza. No obstante, para realizar plenamente este potencial, es esencial superar los desafíos técnicos, formativos y

económicos actuales mediante un compromiso coordinado entre instituciones educativas, desarrolladores de tecnología y legisladores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11.
- Alhalabi, W. S. (2016). Virtual reality systems enhance students' achievements in engineering education. *Behaviour & Information Technology*, 35(11), 919–925.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355–385.
- Billinghurst, M., & Kato, H. (2002). Collaborative mixed reality. In *Proceedings of the First International Symposium on Mixed Reality* (pp. 261–284). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Caudell, T. P., & Mizell, D. W. (1992). Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. In *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences* (Vol. 2, pp. 659–669). IEEE.
- Cheng, K.-H., & Tsai, C.-C. (2016). The interaction of child-parent shared reading with an augmented reality (AR) picture book and parents' conceptions of AR learning. *British Journal of Educational Technology*, 47(1), 203–222.
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 735–745). Springer.
- Gaba, D. M. (2004). The future vision of simulation in health care. *Quality and Safety in Health Care*, 13(suppl 1), i2–i10.
- Jeffs, T. L. (2010). Virtual reality and special needs. *Themes in Science and Technology Education*, 2(1–2), 253–268.
- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (2017). A systematic review of Virtual Reality in education. *Themes in Science and Technology Education*, 10(2), 85–119.

- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.
- Lateef, F. (2010). Simulation-based learning: Just like the real thing. *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock*, 3(4), 348-352.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press.
- Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., & Johnson, E. (2016). Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Computers & Education*, 95, 174-187.
- Maas, M. J., & Hughes, J. M. (2020). Virtual, augmented and mixed reality in K-12 education: A review of the literature. *Technology, Pedagogy and Education*, 29(2), 231-249.
- Martín-Gutiérrez, J., Mora, C. E., Añorbe-Díaz, B., & González-Marrero, A. (2017). Virtual technologies trends in education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 469-486.
- Mayer, R. E. (2014). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., pp. 43-71). Cambridge University Press.
- Mazuryk, T., & Gervautz, M. (1996). *Virtual reality-history, applications, technology and future*. Vienna University of Technology.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.
- Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535), 3549-3557.
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, 74.
- Speicher, M., Hall, B. D., & Nebeling, M. (2019). What is mixed reality? *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-15.
- Suh, A., & Prophet, J. (2018). The state of immersive technology research: A

literature analysis. Computers in Human Behavior, 86, 77–90.

Sutherland, I. E. (1965). The ultimate display. In Proceedings of the IFIP Congress (Vol. 2, pp. 506–508).

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive Science, 12(2), 257–285.

Parong, J., & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. Journal of Educational Psychology, 110(6), 785–797.

Pellas, N., Fotaris, P., Kazanidis, I., & Wells, D. (2019). Augmenting the learning experience in primary and secondary education: A systematic review of recent trends in augmented reality game-based learning. Virtual Reality, 23(4), 329–346.

Piaget, J. (1952). The origins of intelligence in children. International Universities Press.

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.