



## REVISIÓN

# Applications of augmented reality in museums, impact on cultural heritage

## Aplicaciones de la realidad aumentada en los museos, impacto en el patrimonio cultural

Aaron Samuel Bracho Mosquera<sup>1</sup>  

<sup>1</sup>Universidad de Panamá, Panamá.

**Citar como:** Bracho Mosquera AS. Applications of augmented reality in museums, impact on cultural heritage. Gamification and Augmented Reality. 2024;2:34. <https://doi.org/10.56294/gr202434>

Enviado: 05-11-2023

Revisado: 09-02-2024

Aceptado: 30-03-2024

Publicado: 31-03-2024

Editor: Adrián Alejandro Vitón-Castillo 

### ABSTRACT

**Introduction:** the museum is a site that collects, exhibits, researches and classifies material objects that represent nature and human cultural heritage. They are one of the sources of knowledge about history and culture. To face the current digital revolution they have used technologies such as augmented reality. The objective was to characterize the application of augmented reality (AR) technology in museums.

**Methods:** a total of 20 articles in Spanish and English were reviewed, from Science, Scielo and Dialnet; using as keywords: augmented reality, museum, museum exhibits, interactive exhibits, immersive technologies, being more than 50 % of the last five years.

**Results:** the vast majority of museums as institutions try to find various methods to excite and involve their audiences. The technology behind AR improves visitor perception, as historical and cultural relics can be displayed through augmented reality and virtual compositions. The AR also ensures accessories and applications to improve the experience at the center, resulting in greater educational, historical and social impact.

**Conclusions:** augmented reality technology in museums makes it possible to captivate diverse audiences, adapt to the personal interests of the visitor, remodel the design of exhibitions, the combination of art and technology, improve understanding and ensure positivity of the museum experience. This is guaranteed through mobile applications, accessories and websites.

**Keywords:** Augmented Reality; Museum; Museum Exhibits; Interactive Exhibits; Immersive Technologies.

### RESUMEN

**Introducción:** el museo es un sitio que recolecta, exhibe, investiga y clasifica los objetos materiales que representan la naturaleza y el patrimonio cultural humano. Son una de las fuentes de conocimiento sobre la historia y la cultura. Para hacer frente a la actual revolución digital han empleado tecnologías como la realidad aumentada. El objetivo fue caracterizar la aplicación de la tecnología realidad aumentada (RA) en los museos.

**Métodos:** se revisaron un total de 20 artículos en español e inglés, provenientes de Science, Scielo y Dialnet; utilizando como palabras clave: realidad aumentada, museo, exhibiciones en museo, exhibiciones interactivas, tecnologías inmersivas, siendo más del 50 % de los últimos cinco años.

**Resultados:** la gran mayoría de los museos como institución intentan encontrar diversos métodos para entusiasmar e involucrar a su público. La tecnología detrás de la RA mejora la percepción del visitante, as reliquias históricas y culturales se pueden mostrar mediante realidad aumentada y composiciones virtuales. La RA asegura además accesorios y aplicaciones para mejorar la experiencia en el centro, resultando en mayor impacto educativo, histórico y social.

**Conclusiones:** la tecnología de realidad aumentada en los museos posibilita cautivar a audiencias diversas, adaptarse a los intereses personales del visitante, remodelar el diseño de las exhibiciones, la combinación

de arte y tecnología, mejora el entendimiento y asegura positividad de la experiencia museística. Ello lo garantiza a través de aplicaciones móviles, accesorios y sitios web.

**Palabras clave:** Realidad Aumentada; Museo; Exhibiciones en Museo; Exhibiciones Interactivas; Tecnologías Inmersivas.

## INTRODUCCIÓN

El museo es un sitio que recolecta, exhibe, investiga y clasifica los objetos materiales que representan la naturaleza y el patrimonio cultural humano, y también proporciona un lugar para que los visitantes estudien, investiguen y se entretengan. Proporcionar servicios de información de alta calidad es el valor fundamental de los museos.<sup>(1)</sup>

Por patrimonio cultural se entiende a la transmisión generacional de costumbres, prácticas, lugares, objetos, expresiones artísticas y valores únicos e irremplazables que forman la identidad de una comunidad, con el objetivo de mantener vivas las tradiciones del pasado en beneficio de las generaciones futuras.<sup>(2)</sup>

Se estima que alrededor del 47 % de los viajes están motivados, directa o indirectamente, por la cultura y, por tanto, el patrimonio cultural puede ser utilizado con fines turísticos como estrategia para preservar el pasado, transmitir tradiciones a generaciones futuras y concienciar sobre la importancia del patrimonio.<sup>(2)</sup>

Los museos son una de las fuentes de conocimiento sobre la historia y la cultura. Para aumentar la competitividad de estas instituciones culturales, y especialmente para atraer a la generación más joven, es necesario utilizar nuevas plataformas de comunicación con una audiencia moderna.<sup>(3)</sup> Estas instituciones se enfrentan al peligro de que la cultura y el arte se debiliten o incluso sean absorbido. Por lo que es urgente inyectar nuevos contenidos en el desarrollo.<sup>(4)</sup>

Para hacer frente al ritmo de la actual revolución industrial, los museos son muy conscientes de la importancia de la digitalización y el uso de enfoques basados en el aprendizaje automático para mejorar la experiencia del visitante.<sup>(5)</sup> Las nuevas tecnologías permiten cambiar radicalmente el enfoque de la transferencia de conocimientos sobre cultura e historia, así como también están cambiando la forma de interacción entre las personas.<sup>(3)</sup>

Debido a la tendencia a utilizar tecnologías como realidad aumentada (RA) en la digitalización del patrimonio cultural y la interesante visualización, interactividad y forma de juego de las aplicaciones basadas en ellas, adquieren gran significación en este medio.<sup>(3)</sup>

La RA consiste en la superposición de capas con información de diferentes tipos; como vídeo y gráficos bidimensionales (2D), tridimensionales (3D), audio; al entorno real.<sup>(6)</sup> Induce un paisaje dinámico donde se fomenta el multiperspectivismo a través de simulaciones inmersivas, exhibiciones y juegos.<sup>(7)</sup>

La aplicación de la RA se encuentra extendida a diversos campos: marketing, comercio minorista, eventos, educación, cultura, turismo, arquitectura, diseño, medicina y automatización.<sup>(6)</sup> Esta se puede utilizar eficazmente en el contexto de una exposición de museo para respaldar tanto la narración como la interacción.<sup>(8,9,10)</sup> Las limitaciones de las visitas físicas a los museos han puesto de relieve la importancia de medios alternativos de participación, y las tecnologías inmersivas han surgido como soluciones prometedoras.<sup>(11)</sup> La RA puede convertirse en un actor clave en la invaluable preservación del patrimonio cultural.<sup>(12)</sup>

Atendiendo a lo anterior se realizó el presente trabajo con el objetivo de caracterizar la aplicación de la tecnología RA en los museos.

## MÉTODOS

Se realizó una investigación bibliográfica, de artículos originales y revisiones, considerando estudios en español e inglés, relacionados con el empleo de la RA en los museos, usando como palabras claves: realidad aumentada, museo, exhibiciones en museo, exhibiciones interactivas, tecnologías inmersivas; procedentes de bases de datos como Science, Springer, Dialnet.

Quedando seleccionados 20 artículos, de los que más del 50 % es de los últimos cinco años. Se extrajo la información de interés, su análisis y ordenamiento contribuyó al correcto desarrollo de la presente investigación.

## DESARROLLO

En lugares ricos en historia como los museos, el objetivo principal del visitante es más bien sumergirse en el entorno e intentar vivir una experiencia personalizada que le permita sentirse parte del lugar visitado.<sup>(13)</sup> El factor clave del que depende la labor social de los museos es la aceptación de quien lo visita.<sup>(14)</sup> Alma Leopardi,<sup>(15)</sup> considera que los museos deberían centrarse en los visitantes y la experiencia de los mismos en lugar de centrarse en la colección y el marketing. El disfrute resulta de la participación en actividades o procesos absorbentes de inmersión que ofrecen una sensación de escape de la monotonía cotidiana.<sup>(16)</sup>

### Del estado actual de los museos

Los museos son responsables de difundir el conocimiento al público y deben aprovechar plenamente la función de divulgación de la educación científica popular. No sólo requiere una lista simple de exhibiciones, sino también una hermosa y eficiente organización de estas.<sup>(4)</sup> El museo es un espacio abierto para la preservación del conocimiento y la cultura. A pesar de ser reconocido como un sitio de aprendizaje imprescriptible, todavía contribuye a la popularización de conocimiento.<sup>(14)</sup> Los museos constituyen una fuente conservada de tradiciones culturales e idiosincrasia, su rol educacional y de perpetuidad asegura la memoria histórica.

Los museos tradicionales son el custodio cultural, la fuente de información y la vía de investigación para educar y entretener a los visitantes. Bajo una curaduría específica, el museo es un centro turístico pintoresco y un centro de aprendizaje imprescriptible.<sup>(14)</sup> Los museos son vistos como entornos informales de aprendizaje donde se cumplen las funciones de colección, investigación y exhibición, así como de educación y recreación.<sup>(12)</sup>

La imagen tradicional del museo se basa principalmente en la exhibición de objetos, imágenes y palabras, centrándose en la belleza y el interés de la creación expositiva, los usuarios solo pueden recibir y confirmar información de forma pasiva y la mayor parte de la información se obtiene de grandes tablas de visualización de texto. Hay muchos artefactos costosos en el museo, pero los usuarios no pueden acercarse. Las personas sólo pueden observar desde la distancia y dejar una impresión general en sus mentes, y este modo de visualización no puede satisfacer el deseo del público de conocer y participar en la experiencia.<sup>(4)</sup>

Los métodos tradicionales aseguran que los visitantes adquieran una visión mínima en dependencia del objetivo del museo que visitan. El devenir de las tecnologías de la información hace que muchas veces el público no se sienta satisfecho o cómodo cuando este tipo de experiencias se limitan al diálogo y la interpretación personal. Es válido aclarar que, por lo general, las visitas a los museos dependen, además del conocimiento que brinda el guía y los accesorios de la institución, de la capacidad del visitante de interpretar y comprender lo que allí se muestra.

Los museos suelen ofrecer introducciones basadas en texto para apoyar los propósitos de aprendizaje de los visitantes.<sup>(12)</sup> El objetivo principal de su uso es hacer que la visita a los museos sea mucho más atractiva, inmersiva y adecuada para diferentes tipos de visitantes;<sup>(8)</sup> sin embargo este proceso de aprendizaje implica tiempo y la capacidad de analizar y comprender imágenes, y algunos visitantes no están dispuestos a dedicar tiempo a leer textos.<sup>(12)</sup> Muchas veces, debido a la falta de fondos, talentos, experiencia y otros problemas, los museos no han logrado un desarrollo continuo o un crecimiento gradual.<sup>(4)</sup> Aunque no haya sido propiamente tratado en el presente trabajo, la autoría es consciente de que las instituciones de patrimonio cultural muchas veces se ven sometidas en problemas económicos, entre sus causas quizá el hecho de ser vistos como sitios que no evolucionan junto al resto de la ciencia por su carácter histórico y conservador. Ello determina que ocasionalmente estas limitantes impidan la evolución de los museos.

Creados como “cámaras de maravillas”, a lo largo de los años, los museos de ciencia y tecnología han revisado sus objetivos e innovado sus contenidos según nuevas modalidades de comunicación. El desafío es involucrar a los visitantes en experiencias culturales complejas, estimulándolos a nivel emocional y cognitivo. Por eso, estos museos se están convirtiendo en espacios públicos para incluir a científicos y no científicos, personas mayores y jóvenes.<sup>(8)</sup> Otro hecho peculiar consiste en que las características de los recorridos dentro de los museos, ya sea por el tiempo asignado o por la cantidad de contenido que incluya de una rama específica, afecte la experiencia de forma negativa, pues en ocasiones, temas como astrología, física, arqueología, son de difícil comprensión y demandan un trato diferenciado que el tradicional intercambio dialogo-textos no puede brindar.

Los museos de arte están a la cabeza de la puesta en escena de experiencias en la economía experiencial actual. A medida que los museos enfrentan serios desafíos financieros, se centran en mejorar la experiencia del visitante para aumentar las tasas de admisión.<sup>(16)</sup> Wenru Zhao,<sup>(4)</sup> afirma que los museos modernos deben cambiar la forma en que exhiben para mantener el interés del público.

Si los museos simplemente marcan y exhiben artefactos de acuerdo con conceptos tradicionales, el objetivo de la comunicación del museo puede quedar superado.<sup>(4)</sup> Por otro lado, es posible que los museos no tengan espacio para todas las exhibiciones. Otro elemento a tener en cuenta es que a los visitantes les gusta interactuar con las exposiciones.<sup>(12)</sup> La aceptación del público constituye el factor clave del que depende el éxito de un entorno de este tipo, si la experiencia no es considerada agradable/beneficiosa, la misión de esta institución se vería fallida.

Normalmente, los museos tienden a estar más concurridos durante la temporada de vacaciones o durante la realización de estudios turísticos por parte de las escuelas. Muchas veces la cantidad de visitantes hace que tengan menos posibilidades de disfrutar y aprender sobre las reliquias históricas del museo.<sup>(17)</sup> Por otro lado existen museos que poseen gran concurrencia, lo que genera inconformidad entre los interesados, por las largas líneas para entrar, o la corta duración de la experiencia, es deber de los encargados de estos sitios encontrar formas de aliviar el flujo de visitas.

El ocio, el aprendizaje, las nuevas experiencias y el entretenimiento en un entorno atractivo y estimulante

son aspectos motivadores que abarcan las intenciones de los usuarios de visitar museos. Investigaciones sugieren que el éxito o el fracaso de la experiencia general de un usuario en el museo puede estar determinado por el valor experiencial percibido.<sup>(12)</sup>

Con el desarrollo de la tecnología de procesamiento de la información, la demanda de información y experiencia del público aumenta continuamente, lo que se ha convertido en el desarrollo inevitable de la dirección del museo.<sup>(1)</sup>

### **Sobre la llegada de la RA y otras tecnologías**

La gran mayoría de los museos como institución intentan encontrar diversos métodos para entusiasmar e involucrar a su público. Las audio-guías sensibles al contexto, la RA y las aplicaciones basadas en modelado 3D, así como la narración digital interactiva son las herramientas más utilizadas para atraer la atención del usuario.<sup>(13)</sup> La tecnología detrás de la RA está en constante evolución y mejora la percepción del visitante, lo que maximiza el potencial de la RA en el diseño y la conceptualiza como una experiencia integrada y holística para el aprendizaje del visitante.<sup>(17)</sup>

El papel de la RA en el apoyo a la educación, especialmente en el campo de la historia durante la pandemia de COVID-19, fue de gran apoyo. A través de la asistencia 3D, el audio y los aspectos visuales altamente interactivos, el aprendizaje y la experiencia fueron optimizados. Con algoritmos y visualizaciones interesantes, el resultado es un aumento del interés de hasta el 70 %.<sup>(17)</sup>

Muchos autores respaldan el hecho de que los entornos de RA sirven para aumentar la motivación y el interés de los estudiantes, lo que a su vez puede ayudar a desarrollar sus habilidades de investigación y proporcionarles vías para acumular una mejor base de conocimientos sobre temas específicos.<sup>(12)</sup>

Los profesionales de los museos y los desarrolladores de RA, virtual y mixta, deberían enfatizar los factores educativos y de entretenimiento que ayudan a sumergir a los visitantes en el entorno virtual, con el fin de obtener una experiencia mejorada.<sup>(3)</sup> Hay cuatro aspectos que afectan la experiencia en el mundo de RA, especialmente en los museos; anotación de objetos, visualización de objetos, guía y visualización de datos;<sup>(17)</sup> estos determinan la calidad de la experiencia y definen la labor socio-cultural de los museos. Al fusionar a la perfección elementos digitales con el mundo real, la RA ofrece una forma única que permite a los visitantes explorar sitios históricos.<sup>(2)</sup>

Se desconoce con certeza el valor real, así como el grado de implementación de la tecnología de RA en aras de conservar el patrimonio cultural, principalmente en museos. La autoría considera que la situación actual de los mismos determina el impacto real, así como la aceptación de la RA en esta área.

### **Tecnología inmersiva**

La inmersión se puede definir como el grado en que un sistema puede reproducir la percepción y la acción naturales a través de pantallas multisensoriales, seguimiento.<sup>(15)</sup>

Las tecnologías inmersivas crean experiencias interactivas y ricas en sentidos que evocan una fuerte sensación de presencia, transportan a los visitantes a diferentes momentos y lugares y fomentan conexiones emocionales con el contenido. La integración de la tecnología inmersiva en las exposiciones de los museos tiene un impacto profundo en la experiencia del usuario, ofreciendo a los visitantes encuentros únicos y atractivos con artefactos culturales y contextos históricos.<sup>(11)</sup> La tecnología inmersiva emerge como una solución adecuada a muchas de las disyuntivas dentro del ambiente museístico, sus ventajas aplicativas aseguran mejoras tanto para el cliente como para el trabajador.

Los estudios han demostrado que las experiencias inmersivas mejoran la retención de información, facilitan una comprensión más profunda y estimulan las habilidades de pensamiento crítico. Al proporcionar experiencias interactivas y multimodales, la tecnología inmersiva respalda varios estilos de aprendizaje y fomenta el conocimiento activo.<sup>(11)</sup> Considerando el museo como un sitio de aprendizaje indirecto, y valorando el impacto positivo de estas tecnologías en el sector educativo, de esta fusión solo se deberían esperar mejores resultados.

Las primeras aplicaciones de la tecnología inmersiva en los museos se centraron en el aspecto novedoso, ofreciendo experiencias de realidad virtual independientes o integrando marcadores de RA en las exhibiciones. Al aprovechar las interfaces digitales, la tecnología inmersiva tiene el potencial de atraer e involucrar a una audiencia más amplia, incluidas las generaciones más jóvenes, fomentando así la inclusión y ampliando el alcance de las instituciones del patrimonio cultural.<sup>(11)</sup> Acomodarse a la amplitud del público también constituye un reto para estas instituciones, sobre todo cuando se trata de los más pequeños, cuya capacidad intelectual e intereses demanda otro tipo de enfoques como la RA e incluso entornos gamificados.

Las reliquias históricas y culturales se pueden mostrar mediante RA y composiciones virtuales en comparación con la visualización de imágenes de libros en el mundo real, generando una visualización a escala real y con la característica de no dañar las reliquias culturales tangibles.<sup>(14)</sup> Aumentar las escenas inmersivas, como un entorno virtual histórico, natural o cultural que refleje los contenidos de las exhibiciones, ofrece a los visitantes un nuevo nivel de presencia virtual.<sup>(16)</sup> Las visitas virtuales pudieran ser una solución efectiva para eventualidades

como las anteriormente citadas, sobre todo porque el acceso puede realizarse desde la comodidad del hogar.

La inmersión completa combinada con las preferencias adaptativas del usuario requiere el desarrollo de sistemas automatizados de personalización de contenidos. Estos sistemas se adaptan dinámicamente a cada usuario, teniendo en cuenta su perfil, intereses e historial.<sup>(13)</sup>

Se ha descubierto que el sonido 3D aumenta la sensación de inmersión, lo que proporciona un entorno virtual más realista. Al desarrollar sistemas RA de audio, la interacción con el sistema y su personalización son dos componentes esenciales en los que centrarse, ya que el objetivo principal es proporcionar una experiencia entretenida, informativa y fácil de usar.<sup>(13)</sup>

Los autores consideran que los aspectos específicos en el perfeccionamiento de la aplicación de técnicas inmersivas deberían ser colocados en segundo puesto y dedicar inicialmente mayor atención a lograr éxito en la propia aplicación de las mismas, pues el grado de aceptación tenido en estas instituciones de desconocido.

### **Impacto de la tecnología RA en el entorno museístico**

La RA es un área emergente que potencialmente puede brindar a los museos o galerías de arte numerosas oportunidades valiosas y distintivas para aumentar el acceso a sus colecciones y aumentar el aprendizaje y el disfrute de las personas.<sup>(12)</sup> Darío Cianciarulo,<sup>(6)</sup> reporta en su trabajo el uso de la RA en el museo de Tradiciones locales de Viggiano, Suecia, con el objetivo de corregir la idea de que los museos son colecciones de objetos y herramientas.

Lo que distingue la RA de las tecnologías convencionales de información y comunicación es su capacidad para incorporar características interactivas en estas experiencias del mundo real. Esta integración tiene el potencial de cautivar a audiencias diversas, lo que posteriormente puede enriquecer el proceso de aprendizaje al promover un compromiso general con el patrimonio cultural del lugar.<sup>(2)</sup>

Tiene el potencial de remodelar el diseño de las exhibiciones y entornos de los museos e influir en la asignación de atención de los usuarios, puede utilizarse como herramienta auxiliar en la gestión de las experiencias museísticas.<sup>(16)</sup> Permite realizar la combinación de contenido y medios de visualización, de puntos de conocimiento y formas de entretenimiento, de arte y tecnología, así como de la participación interactiva con efectos de experiencia.<sup>(4)</sup>

Una de las grandes premisas de la RA es su carácter adaptativo a los intereses y necesidades del usuario que la utiliza, esto, aplicado a los museos permitiría mejorar la experiencia de forma integral al hacer énfasis en aquello que cautiva al visitante de forma aislada, garantizando un exitoso cumplimiento de la labor cultural y social de estos espacios.

Adquiere la capacidad no solo de acercar al visitante al espacio cultural y promover la sostenibilidad del sitio, sino también de proporcionar un buen momento de aprendizaje, proporcionando a los visitantes una experiencia general atractiva.<sup>(2)</sup>

Los museos podrían incorporar algoritmos adaptativos o técnicas de inteligencia artificial para la personalización, adaptando así el recorrido del visitante a las preferencias individuales. Estas mejoras podrían optimizar la satisfacción de los visitantes y allanar el camino para futuras investigaciones sobre la personalización eficaz de las tecnologías inmersivas en los contextos de los museos.<sup>(11)</sup>

A través de la representación en tiempo real, es posible argumentar las características arqueológicas en la escena del mundo real, lo que permite a la audiencia obtener una experiencia de museo mucho más real y rica.<sup>(1)</sup> La visualización dinámica de imágenes no sólo hace que la visualización de varios edificios o salas de exposiciones sea vívida, sino que también mejora la velocidad de comprensión de los edificios por parte de las personas.<sup>(4)</sup>

Los límites serían pocos cuando se trata de la RA aplicada a estos sitios llenos de historia, ciencia y cultura, las posibilidades en cuanto a proyecciones, adaptaciones e incluso educación del personal involucrado en el entorno del patrimonio cultural serían casi ilimitadas, solo contenidas por las habilidades inmersivas y las posibilidades de cada institución.

Al ofrecer la capacidad única de mostrar multimedia generada por computadora dentro de la esfera de visión del usuario y fusionada con el mundo de la naturaleza, la RA puede especificarse como una técnica que aumenta la retroalimentación realista al operador con simulaciones y señales.<sup>(12)</sup> La posibilidad de retroalimentación en el momento de una visita o recorrido por un museo, en opinión de la autoría, contribuye en gran parte a la efectividad de la experiencia así como la conformidad del visitante.

Los paisajes sonoros influyen en la participación del espectador en las exhibiciones virtuales en los museos. La bibliografía sugiere que las exhibiciones virtuales podrían atraer mejor a los visitantes a través del diseño cuidadoso de paisajes sonoros. Ello se respalda en que el sonido puede ser usado para modificar el estado afectivo de un individuo.<sup>(17)</sup>

Los museos virtuales tienen la capacidad de analizar el interés de las exhibiciones para su posterior ubicación física, cambiando así la posición de los objetos menos observados a lugares más activos.<sup>(3)</sup>

Uno de los temas en los que la tecnología de RA puede ser especialmente eficaz es la comunicación de

conceptos abstractos que son difíciles de imaginar para la mente humana como los relacionados con la astronomía. A pesar de la importancia cultural de los instrumentos científicos históricos alojados en museos de esta rama de las ciencias, la exposición actual no permite muchas veces a los visitantes comprender sus significados y usos de forma autónoma.<sup>(8)</sup>

### Aplicaciones

La tecnología inmersiva atrae a los visitantes a través de experiencias multisensoriales. El proyecto *Tate Sensorium* en la Tate Britain incorporó sonidos, gusto, tacto y olfato a través de la realidad virtual para crear una experiencia museística inmersiva y memorable que involucra todos los sentidos.<sup>(11)</sup> Es ampliamente conocido cómo las experiencias somatosensoriales contribuyen al disfrute de las actividades del quehacer diario, dotar a los museos de estas herramientas podría revertir la situación delicada por la que muchos atraviesan actualmente.

La tecnología de RA ofrece un nuevo ámbito de posibilidades para el desarrollo de contenido en exposiciones de museos.<sup>(11)</sup> Dong Han,<sup>(1)</sup> a través de la investigación, análisis y diseño de la tumba de Mawangdui Han, promueve e implementa la aplicación de tecnología de RA en exposiciones; con el objetivo de lograr una integración perfecta entre una escena virtual tridimensional y la escena real en el dispositivo móvil Android.

El sistema de audioguía inteligente “Exhibot”, probado en campo con la estatua de un destacado político en Heraklion, Grecia, combina tecnologías de *chatbot* audio AR e inteligencia artificial para facilitar las interacciones naturales entre los visitantes y las exhibiciones, creando una experiencia de aprendizaje inmersiva.<sup>(11)</sup>

Muchos museos de todo el mundo ofrecen a los visitantes dispositivos que les permiten escuchar contenido de audio que describe los artefactos exhibidos en el museo. Sin embargo, la mayoría de ellos requieren que el visitante seleccione manualmente el artefacto que le interesa para que se le envíe el contenido de audio apropiado a través de la audio-guía. Recientemente, algunos esfuerzos de investigación han comenzado a experimentar la detección automática de la ubicación del visitante dentro del edificio del museo para poder enviarle contenido de audio de forma transparente.<sup>(13)</sup>

El empleo de dispositivos digitales constituye uno de los principios de la aplicación de la RA en cualquier ámbito, las posibilidades varían desde un dispositivo para la cabeza, hasta el propio celular. No obstante su empleo debe ser racional, pues cada uno adquiere un valor máximo en dependencia de la aplicación que se le otorgue.

Las audio-guías en adicción con RA fueron encontradas dentro de la bibliografía como una de las innovaciones más frecuentes en los museos, garantizando mejor calidad en la experiencia tanto para los visitantes como para los guías.

El proyecto ec(h)o está diseñado como una audio-guía interactiva para museo. El sistema captura la posición del visitante a través del museo mediante cámaras y, por tanto, el contenido de audio relacionado con lo que el visitante está mirando se envía a través de los auriculares. Además de la captura de movimiento, el visitante interactúa con el contenido de audio utilizando un cubo de madera asimétricamente para manipularlo durante la visita.<sup>(13)</sup>

Un excelente ejemplo se puede ver en la exhibición de la Edad del Bronce en realidad virtual del Museo Británico, que utilizó auriculares *Samsung Gear AR* para brindar a los espectadores una vista interactiva en 3D de la vida doméstica en la Edad del Bronce en Gran Bretaña.<sup>(11)</sup>

Cristina Fenu,<sup>(18)</sup> describe el diseño y evaluación de una experiencia de RA utilizando técnicas de narración de cuentos, dirigido a visitantes de un museo literario; desarrollada con el fin de aumentar el espacio del museo, la accesibilidad a sus colecciones y mejorar la experiencia de los visitantes, su impacto se ve principalmente en adultos mayores que son el público central del sitio.

En el museo *Musée des arts et Métiers*,<sup>(1)</sup> presentan un sistema de RA de audio (SARIM) basado en gestos adaptativos, en el que la personalización del contenido es un diseño clave para la experiencia de interacción; desarrollado para mejorar la captura de los intereses del usuario y al mismo tiempo proporcionar la experiencia más inmersiva y adaptativa posible al visitar un museo.

Elena Spadoni y colaboradores,<sup>(8)</sup> presentan un proyecto de investigación, MARSS, en el que la tecnología de RA se utiliza junto a otras de forma eficaz para mejorar la experiencia de los usuarios del Museo Astronómico di Brera ubicado en Milán; con el fin de diseñar y desarrollar un nuevo viaje digital dentro del museo para permitir que diferentes categorías de visitantes disfruten de la exposición de una manera atractiva e interactiva.

Unchana Klentien,<sup>(17)</sup> desarrolló un prototipo de museo virtual para jóvenes e identificó elementos clave que deben considerarse para el diseño y desarrollo de museos virtuales. Involucró tres pasos: estudiar las demandas y expectativas de los museos virtuales a través de encuestas y visitas, desarrollar un prototipo de museo virtual y hacer que expertos evalúen el formato del prototipo, la presentación de los medios, las herramientas virtuales y la evaluación de la calidad y eficiencia utilizando el índice de congruencia ítem-objetivo. El prototipo recibió altas puntuaciones de expertos y estudiantes universitarios y otros expertos lo evaluaron como apropiado para todos los elementos.

Las aplicaciones de RA han ganado popularidad en los últimos años, en el caso específico de los museos, su uso puede generar mejor vida laboral, al disminuir el desgaste humano dentro del personal de estos centros, pueden resultar atractivas para las generaciones más jóvenes, incrementando por consiguiente el público, e incluso facilitar la creación de nuevas experiencias no concebidas dentro de los enfoques tradicionales.

Daniel Kevin Kurniawana,<sup>(17)</sup> en su estudio sobre RA de reliquias del Museo Británico, desarrolló una aplicación de RA, con el objetivo de disminuir la densidad en el museo, ayudar a las personas a reconocer la importancia de las reliquias, pinturas y esculturas, la que fue reconocida como de fácil uso y entendimiento, interactiva e informativa.

Ali Khan et al,<sup>(5)</sup> proponen una aplicación para teléfonos inteligentes basada en RA que reconoce artefactos mediante aprendizaje profundo en tiempo real y recupera información multimedia de apoyo para los visitantes, en el Museo Taxila en Pakistán. Los resultados muestran la superioridad de la guía del método propuesto sobre la guía tradicional en aras de proporcionar una experiencia de usuario mejorada y cerrar la brecha entre los artefactos del museo y los visitantes.

Mauricio Hincapié,<sup>(19)</sup> valoró el impacto de una aplicación al ser utilizada durante el recorrido guiado por la Plaza del Mercado de Cisneros mediante RA y GPS. Los resultados informan mejoras en el aprendizaje del patrimonio cultural.

Dmitrii Kaplunab et al,<sup>(3)</sup> diseñaron una aplicación para mostrar un sitio arqueológico en Delfos. Fue elaborada para estudiantes de secundaria y permite explorar la zona de forma lúdica, dependiendo de la posición geológica del usuario. A través de la interacción con la aplicación, los estudiantes pueden conocer monumentos importantes de la sagrada Delfos y sobre su historia. Permite familiarizarse con los sitios del patrimonio cultural de Chania, Creta, Grecia.

Romiza en 2021,<sup>(17)</sup> mostró resultados de que la forma de ver de los visitantes del Museo podría enriquecerse a través del Modelo ADDIE, una aplicación ARAR que se ejecuta y brinda una buena impresión y experiencia a los usuarios.

Cieutat et al,<sup>(20)</sup> exploraron la relevancia de un Tour móvil de RA, como herramienta de asistencia a los visitantes de los museos. Constituye una interfaz que permite la descripción de las piezas del museo, informa en sus resultados mejoras en cuanto a vinculación de los visitantes con las descripciones y las piezas expuestas, favoreciendo la experiencia del aprendizaje.

Diego Hernández Guzmán,<sup>(7)</sup> plantea la fusión de la tecnología de RA y los *Makerspace Museums* como un medio poderoso para catalizar experiencias de aprendizaje multifacéticas. La diversidad de actividades potenciadas por la RA, que van desde simulaciones interactivas hasta juegos de roles y excursiones virtuales, es fundamental para atraer usuarios a diversas perspectivas, fomentando una comprensión enriquecida de los conflictos y las estrategias de resolución.

## Desventajas

La adopción masiva de tecnología moderna en los museos es una preocupación debido a la competitividad de los costos laborales, la accesibilidad asequible y la expectativa de RA en entornos reales.<sup>(14)</sup> Los autores consideran también importante destacar la necesidad de personal calificado para su empleo. La tecnología de RA requiere de gran soporte digital y en muchos casos esto puede ser una limitante.

Los investigadores han expresado su preocupación por las enfermedades del simulador que pueden causar los accesorios, incluidos dolor de cabeza, desorientación y náuseas.<sup>(12)</sup> Hacer uso adecuado de los accesorios de RA debe constituir una prioridad dentro del sitio donde son empleados, sus efectos adversos deben ser valorados y seguidos de cerca, la autoría no encontró reportes de estas consecuencias dentro de los museos específicamente.

Zeya He,<sup>(16)</sup> en su estudio sobre el papel de la RA para mejorar las experiencias en estos centros, indica que aunque en muchos casos los diseños de animación visual con RA parecen llamativos, no necesariamente resultan en una mejor experiencia para el visitante. La animación visual dinámica podría potencialmente impedir las propias imágenes mentales de los visitantes en la experiencia de apreciación del arte. La apreciación estética es una experiencia muy personal que requiere la comprensión y la imaginación mental de los individuos.

La calidad y confiabilidad de los kits de RA utilizados en exposiciones también plantean desafíos, ya que la tecnología de seguimiento precisa es crucial para augurar con precisión el contenido digital. Diseñar experiencias de inmersión inclusivas para visitantes con discapacidades es otro desafío, que requiere considerar las discapacidades auditivas y visuales, las limitaciones de movilidad y las diferencias cognitivas.<sup>(11)</sup>

Entre las principales limitantes de esta investigación se encuentran su carácter bibliográfico, que solo se utilizó bibliografía en español e inglés, los criterios de actualización dentro de los artículos a emplear.

## CONCLUSIONES

La tecnología de RA en los museos posibilita cautivar a audiencias diversas, adaptarse a los intereses personales del visitante, remodelar el diseño de las exhibiciones, la combinación de arte y tecnología, mejora

el entendimiento y asegura positividad de la experiencia museística. Ello lo garantiza a través de aplicaciones móviles, accesorios y sitios web.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Han D, Li X, Zhao T. The Application of Augmented Reality Technology on Museum Exhibition—A Museum Display Project in Mawangdui Han Dynasty Tombs. In: Lackey S, Chen J, editors. *Virtual, Augmented and Mixed Reality*, Cham: Springer International Publishing; 2017, p. 394-403.
2. Silva C, Zagalo N, Mário Vairinhos. Towards participatory activities with augmented reality for cultural heritage: A literature review. *Computers & Education: X Reality* 2023;3:100044. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100044>.
3. Kaplun D, Romanov S, Ipalakova M, Daineko Y, Bolatov Z, Tsoy D. Application of immersive technology in a museum. *Procedia Computer Science* 2024;231:385-90. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.12.222>.
4. Zhao W, Su L, Dou F. Designing virtual reality based 3D modeling and interaction technologies for museums. *Heliyon* 2023;9. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16486>.
5. Khan MA, Israr S, S Almogren A, Din IU, Almogren A, Rodrigues JJPC. Using augmented reality and deep learning to enhance Taxila Museum experience. *Journal of Real-Time Image Processing* 2021;18:321-32. <https://doi.org/10.1007/s11554-020-01038-y>.
6. Cianciarulo D. From Local Traditions to “Augmented Reality”. The MUVIG Museum of Viggiano (Italy). *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 2015;188:138-43. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.03.349>.
7. Guzmán DH, Muñoz PC, Duarte NR. Augmented Reality for Civic Education within Makerspace Museums. *Procedia Computer Science* 2024;231:184-9. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.12.191>.
8. Spadoni E, Porro S, Bordegoni M, Arosio I, Barbalini L, Carulli M. Augmented Reality to Engage Visitors of Science Museums through Interactive Experiences. *Heritage* 2022;5:1370-94. <https://doi.org/10.3390/heritage5030071>.
9. Carmigniani J, Furth B, Anisetti M, Ceravolo P, Damiani E, Ivkovic M. Augmented reality technologies. systems and applications. *Multimedia Tools and Applications* 2011;51:341-77.
10. Schmitt T, Viklund P, Sjölander M, Hanson L, Amouzgar K, Moris MU. Augmented reality for machine monitoring in industrial manufacturing: framework and application development. *Procedia CIRP* 2023;120:1327-32. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.09.171>.
11. Li J, Wider W, Ochiai Y, Fauzi MA. A bibliometric analysis of immersive technology in museum exhibitions: exploring user experience. *Frontiers in Virtual Reality* 2023;4.
12. Gong Z, Wang R, Xia G. Augmented Reality (AR) as a Tool for Engaging Museum Experience: A Case Study on Chinese Art Pieces. *Digital* 2022;2:33-45. <https://doi.org/10.3390/digital2010002>.
13. Kaghat FZ, Azough A, Fakhour M, Meknassi M. A new audio augmented reality interaction and adaptation model for museum visits. *Computers & Electrical Engineering* 2020;84:106606. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2020.106606>.
14. Chen C-A, Lai H-I. Application of augmented reality in museums - Factors influencing the learning motivation and effectiveness. *Science Progress* 2021;104:00368504211059045. <https://doi.org/10.1177/00368504211059045>.
15. Leopardi A, Ceccacci S, Mengoni M, Naspetti S, Gambelli D, Ozturk E, et al. X-reality technologies for museums: a comparative evaluation based on presence and visitors experience through user studies. *Journal of Cultural Heritage* 2021;47:188-98. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.10.005>.
16. He Z, Wu L, Li X (Robert). When art meets tech: The role of augmented reality in enhancing museum experiences and purchase intentions. *Tourism Management* 2018;68:127-39. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2018.05.005>.



tourman.2018.03.003.

17. Kurniawan DK, Sademi S, Maulana FI. Augmented Reality of Historical Relics in the British Museum. *Procedia Computer Science* 2023;227:690-8. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.573>.

18. Fenu C, Pittarello F. Svevo tour: The design and the experimentation of an augmented reality application for engaging visitors of a literary museum. *International Journal of Human-Computer Studies* 2018;114:20-35. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.01.009>.

19. Hincapié M, Díaz C, Zapata-Cárdenas M-I, Rios H de JT, Valencia D, Güemes-Castorena D. Augmented reality mobile apps for cultural heritage reactivation. *Computers & Electrical Engineering* 2021;93:107281. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107281>.

20. Ghouaiel N, Cieutat J-M, Jessel J-P, Garbaya S. Mobile Augmented Reality in Museums : Towards Enhancing Visitor's Learning Experience. *International Journal of Virtual Reality* 2017;17. <https://doi.org/10.20870/IJVR.2017.17.1.2885>.

### **FINANCIACIÓN**

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

### **CONFLICTO DE INTERESES**

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

### **CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA**

*Conceptualización:* Aaron Samuel Bracho Mosquera.

*Investigación:* Aaron Samuel Bracho Mosquera.

*Redacción - borrador original:* Aaron Samuel Bracho Mosquera.

*Redacción - revisión y edición:* Aaron Samuel Bracho Mosquera.