



# Realidades expandidas inteligentes para la innovación en la cultura digital

Andrés Adolfo Navarro-Newball

Profesor Titular del Departamento de Electrónica y Ciencias de la Computación  
de la Pontificia Universidad Javeriana Cali (Colombia)

<https://orcid.org/0000-0002-4231-8661>

[anavarro@javerianacali.edu.co](mailto:anavarro@javerianacali.edu.co)

Artículo recibido: 17/10/2023. Revisado: 30/10/2023. Aceptado: 02/11/2023

**Resumen:** La cultura digital es el conjunto de costumbres, prácticas y formas de interacción social que son posibles gracias a las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Producto de la transformación digital, la cultura digital, que se encuentra en permanente evolución y cambio, ha potenciado nuevas formas de ver la diversidad y complejidad del mundo, incluyendo el patrimonio, los museos y la educación. Entre los avances tecnológicos que soportan su desarrollo están las tecnologías de realidades expandidas y la inteligencia artificial. Presentamos algunos conceptos, ejemplos e ideas que permitirán dar un vistazo al alcance potencial de la cultura digital soportada por estas tecnologías..

**Palabras clave:** TIC; educación; museos; patrimonio; realidades expandidas; Inteligencia Artificial.

Smart expanded realities for innovation in digital culture.

**Abstract:** Digital culture refers to the set of customs, practices and forms of social interaction that are possible thanks to the use of Information and Communication Technologies. As a result of digital transformation, digital culture, which is constantly evolving and changing, has promoted new ways of seeing the diversity and complexity of the world, including heritage, museums and education. Among the technological advances that support its development are expanded reality technologies and artificial intelligence. We present some concepts, examples and ideas that will allow us to take a look at the potential scope of digital culture supported by these technologies..

**Keywords:** ICT; education; museums; heritage; expanded realities; Artificial Intelligence.



## Introducción

En esta sección explicamos algunos conceptos básicos de la tecnología y revisamos literatura reciente para ejemplificar diversos usos de la tecnología en el patrimonio, los museos y la educación.

El continuo virtual (Figura 1) es la línea que va desde el mundo real en un extremo a los entornos de realidad virtual en el otro (Milgram et al., 1994). El mundo real contiene sólo objetos reales, mientras que los entornos de realidad virtual sumergen al usuario dentro de un mundo sintético digital. La realidad mixta está en medio, y allí los objetos del mundo real y virtual interactúan y se muestran de manera combinada. Existen dos formas de realidad mixta: la realidad aumentada, que enriquece la información presentada por la realidad con contenido digital, y la virtualidad aumentada, que incluye visualizaciones de objetos reales dentro de un entorno virtual. En la realidad aumentada la proporción de visualización de elementos virtuales es menor que la de elementos reales. Las tecnologías del continuo virtual dan soporte a la idea de realidad expandida, que se refiere a los entornos combi-

nados reales y virtuales, y las interacciones generadas por la tecnología informática y los *wearables* o dispositivos para usar en el cuerpo (Wikipedia, 2023a). Estas tecnologías también dan soporte al metaverso, posibilitando la interacción y colaboración de varios usuarios en un mundo virtual a través de una representación estilo avatar de cada uno de los usuarios (Sweeney, 2019). En ocasiones, en el mundo del continuo virtual, se fabrica una representación virtual de un objeto real, lo que permite la visualización de datos del objeto real en el mundo virtual, involucrando así el concepto de *Digital Twin* (Kolivand et al., 2020), que puede soportar la toma de decisiones.

Al hablar del continuo virtual se pueden plantear distintos niveles de inmersión. El nivel más bajo, pero más accesible, correspondería a los mundos virtuales creados con imágenes y videos en 360 grados. El nivel más alto, pero menos accesible, a las simulaciones de realidad virtual que se apoyan en lentes y simulaciones sintéticas de mundos virtuales. El nivel intermedio, y que actualmente brinda un mejor balance costo beneficio, es el de la realidad aumentada (Hernández y Navarro-Newball, 2019). Es importante anotar que, según

algunos autores, la línea del continuo virtual se está cerrando a manera de círculo, dado que cada vez se está volviendo más difícil identificar cuáles de los objetos con los que interactuamos son entidades reales o virtuales (Scavarelli, Arya y Teather, 2022). De hecho, sería posible establecer que, a futuro, la diferencia entre las diversas tecnologías que constituyen el continuo virtual podría ser meramente semánticas (Scavarelli, 2023).

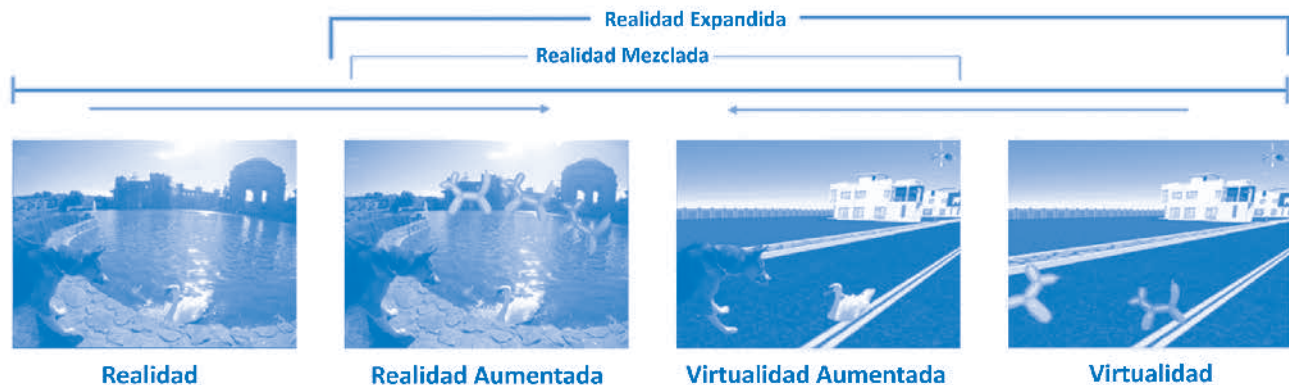


Figura 1. El continuo virtual.

Fuente: Wikimedia Commons (2021) (Traducido por el autor).

Muchos de los sistemas contruidos con las tecnologías y conceptos presentados son soportados por la inteligencia artificial (Ribeiro de Oliveira, 2021); por ejemplo, para modelar el comportamiento de los objetos virtuales, detectar gestos o expresiones, dialogar, o detectar un elemento del mundo real en donde superponer contenido virtual (Moreno et al., 2015). La inteligencia artificial es un área de la informática que se enfoca en la creación de sistemas que pueden realizar tareas que normalmente requerirían inteligencia humana, como el aprendizaje y la resolución de problemas. Esta también abarca los subcampos del *machine learning*, que se enfoca en el desarrollo de algoritmos que permiten a los ordenadores aprender a partir de datos, y el *deep learning*, que se enfoca en el desarrollo de algoritmos inspirados en la estructura y función del cerebro humano (Wikipedia, 2023b). Cabe anotar que emular un comportamiento inteligente no siempre requiere tecnologías de aprendizaje, si no un conjunto de tecnologías que permiten a los usuarios percibir un comportamiento inteligente como, por ejemplo, la geolocalización, la física o las bases de datos.

Por otra parte, es posible encontrar muchas propuestas en torno a la cultura digital y su relación con los museos, el patrimonio y el aprendizaje. Para dar un ejemplo, al consultar en la *ACM digital library*, conocida fuente de consulta en desarrollos computacionales y sus aplicaciones y utilizando las palabras clave “*Digital Culture*,” “*Learning*,” “*Museums*,” y “*Heritage*,” y acotando la búsqueda a la ventana temporal que va del 1 de septiembre del 2018 al 30 de septiembre del 2023, se obtuvieron 168.855 resultados. Ahora discutiremos algunos trabajos recientes. No buscamos realizar una revisión sistemática ni exhaustiva, si no dar una idea de las diversas maneras en que las TIC apoyan el desarrollo de la cultura digital en torno a la temática de nuestro interés. Así, se tomaron ejemplos de la librería digital *IEEE Xplore*, donde se buscaron publicaciones a partir del 2017 y seleccionamos los ejemplos por su diversidad de aplicaciones.

Desarrollar nuevos métodos de aprendizaje sobre cultura y patrimonio para las nuevas generaciones es un desafío (Andone et al., 2021). Se puede proponer una nueva identidad de educación en tecnología, arte y cultura, digitalizando trabajos de escultura y combinándolos con narraciones y caminatas virtuales con el fin de crear rutas de aprendizaje que causen más impacto (Andone et al., 2021). La cultura digital es un resultado de la era de la información y la globalización en donde las TIC han impactado la investigación en lo referente a la comunicación digi-



tal del patrimonio (Lin y Thienmongkol, 2022). Por ejemplo, el Molan es un tipo de arte folclórico de la región autónoma de Guangxi, China. Para su preservación se constituyó una plataforma al estilo de una red social para comunicar conocimiento respecto a este patrimonio intangible y resaltar su importancia (Lin y Thienmongkol, 2022). Iniciativas como conectar socialmente a varios actores en torno a la cultura digital es un modo de conservar el patrimonio a medida que la población envejece, rescatando las apreciaciones de cada generación, permitiendo la documentación y preservación del patrimonio cultural (Cobbet et al., 2021). Así, un conjunto de participantes de distintas edades puede desarrollar habilidades tecnológicas para cocrear contenidos digitales que presentan, desde su perspectiva, la cultura histórica de Hong Kong (Cobbet et al., 2021).

Yendo más allá de la tecnología audiovisual soportada por ordenador, es posible utilizar simulaciones que permiten a los usuarios comprender, practicar y preservar prácticas culturales de manera virtual tal como se hizo con un sistema que presenta la tradición del bordado de la dinastía Han (Hong y Xiao, 2023). Aquí, es posible preservar y proteger los diseños y el patrimonio intangible asociado a la práctica artesanal del bordado. También se pueden utilizar videojuegos para mostrar de manera entretenida contextos y aspectos de la historia con el fin de que los usuarios aprendan (Mahamarowi et al., 2023). La historia es fuente de nacionalismo y está relacionada con el patrimonio. Por ejemplo, existe un videojuego en donde los niños aprenden acerca de la cultura de la antigua Malasia (Mahamarowi et al., 2023).

El patrimonio puede digitalizarse para ser preservado, estudiado y comprendido. Por ejemplo, la realidad aumentada puede utilizarse de manera efectiva para proteger el patrimonio al mismo tiempo que permite su visualización digital (Wang, 2017). La digitalización del patrimonio puede consistir en la reconstrucción de modelos digitales en tres dimensiones (3D) que pueden ser dibujados por un artista o reconstruidos a partir de la información obtenida por un sistema de información geográfico (GIS) (Wang, 2017). Además, para visualizar y comprender la información digital, es posible superponer imágenes digitales que complementan la información del mundo real a medida que los usuarios se desplazan en el sitio real orientados por un sistema de posicionamiento global (GPS) (Wang, 2017). Un GIS presenta información car-

tográfica capturada usualmente de manera satelital. A partir de la misma, es posible reconstruir de manera aproximada los elementos de la superficie. Un ejemplo de esto es la aplicación Google Earth. El GPS es la tecnología sobre la cual se fundamentan aplicaciones como Google Maps para ayudar en la geolocalización encontrando lugares. La realidad aumentada también se puede utilizar para expandir exhibiciones de museos en el mundo digital, tal como se hizo para una exhibición que presentaba escrituras y dibujos del Japón (Kitamura, 2017).

Los museos preservan la historia social y el patrimonio cultural (Meng et al., 2022), y su foco son las personas. Estos pueden evolucionar hasta convertirse en dispositivos inteligentes o *smart*, capaces de comprender a sus públicos, entendiendo sus necesidades culturales y espirituales de manera personalizada. Cada vez más el público se abre a la idea de trabajos y sistemas interactivos en museos (Yan et al., 2022), lo que significa un potencial para la creatividad en el objeto educacional del museo. Presentaciones interactivas que permiten, por ejemplo, la restauración de pinturas en el mundo digital, evidencian formas diversas e innovadoras de comunicación con los visitantes (Yan et al., 2022). Existen propuestas que aprovechan las TIC para impactar a través de una guía museográfica (García-Esteban, 2021). Una guía ilustrada puede constituirse en una herramienta para la innovación educativa y puede funcionar para potenciar la discusión y el conocimiento a través de una red social en donde se intercambia información, se cocrea y se da visibilidad al trabajo de los usuarios que aportan con piezas que evidencian su propia interpretación del museo (García-Esteban, 2021). Asimismo, los modelos impresos en 3D, el *videomapping* y la escenografía audiovisual inmersiva están entre las alternativas para que una instalación de una exhibición permita la narración e interpretación digital del patrimonio (Fatta y Fischneider, 2018).

La educación en arte es una tendencia y puede ser apoyada por tecnología de media digital, como la proyección holográfica en 3D, presentando trabajos de manera vívida en los museos y trayendo el beneficio de la interactividad (Fang, 2021). Más aún, dado que los museos tienen un enfoque hacia el aprendizaje pueden considerar la digitalización y el uso de tecnologías de realidad aumentada y virtual (Nafi'Ah, 2021). También existen museos virtuales en donde los visitantes se pueden mover libremente y jugar (Hayashi, Takeu-

chi y Koda, 2022). Estos pueden utilizarse como herramienta para que los profesores presenten la historia, facilitando su aprendizaje. Así (Khakim, Yuliati y Sulistyo, 2021), el museo virtual es un campo de exploración en donde se diseñan aproximaciones a partir de la identificación de necesidades de aprendizaje. Incluso hay aproximaciones que involucran robots docentes que pueden brindar un servicio personalizado (Park et al., 2022).

La atención hacia la cultura y la vida social ha aumentado en la cultura digital (Fang, 2021). El patrimonio y las humanidades digitales se centran en distintas tipologías de patrimonio: objetos tangibles e intangibles del patrimonio cultural y su preservación, educación e investigación frente a la aplicación de tecnologías digitales para apoyar la investigación en humanidades. De esta manera los académicos pueden ir más allá de las fuentes textuales para integrar herramientas digitales en el estudio humanístico (Silva y Teixeira, 2020). La realidad expandida es una herramienta para experimentar el patrimonio. Esta se puede considerar una plataforma para contribuir a nuevos enfoques, tecnologías y herramientas para crear, procesar y entregar contenido inmersivo e interactivo para experiencias atractivas y significativas. De hecho, el patrimonio es tan importante que grandes empresas de tecnología apoyan su preservación. El proyecto *Google Arts and Culture* reúne en un espacio virtual información acerca de las obras del patrimonio universal (Google, 2023). Microsoft (2021) ha desarrollado un conjunto de aplicaciones para preservar el patrimonio de Olimpia en la antigua Grecia. Ubisoft (Wikipedia, 2023c) integra elementos históricos en una narrativa de ficción en su saga de videojuegos de *Assassin's Creed*.

### Trabajos previos

A continuación, presentamos una serie de proyectos que desarrollamos en colaboración con grupos internacionales e interdisciplinarios y que dan una visión más detallada del impacto de las TIC, en particular de las realidades expandidas y la inteligencia artificial en el patrimonio, los museos y la educación. Desde el Grupo de Investigación Destino, en Colombia, hasta el Grupo Museum I+D+c, en España, pasando por colaboraciones con grupos en Canadá y Reino Unido, realizamos un repaso de algunas aplicaciones que promueven todo tipo de patrimonio. Seguidamente, elaboramos sobre un ejemplo que utiliza inteligencia artificial.

El patrimonio trae sentimiento de orgullo e identidad y es importante en todas las sociedades. En Moreno Sánchez y Navarro Newball (2015) exploramos el potencial de diversas tecnologías proponiendo a la ciudad de Toledo como un laboratorio de experimentación. Argumentamos (Moreno Sánchez y Navarro Newball, p. 807), citando a Ahmad (2005, p. 297), que “todas las ciudades, especialmente las declaradas por la UNESCO Patrimonio de la Humanidad, basan su estrategia de comunicación en transmitir su patrimonio material y muy poco el inmaterial”. Así resaltamos la importancia del patrimonio cultural intangible. Establecemos que se debería realizar una comunicación transmedia *in situ* y en la red para comunicar el patrimonio cultural tanto tangible como intangible. La idea sería comunicar de manera integral los mismos contenidos utilizando diferentes medios de manera coordinada para hacer el conocimiento accesible y participativo. En esta propuesta podemos ver como se visionan las tecnologías del continuo virtual para reconstruir escenarios y tradiciones del antiguo Toledo. Para realizar esta visión fue necesario recorrer sus calles para lograr extraer su esencia. Esto quedó mejor ejemplificado en uno de los numerosos párrafos que dejan volar la imaginación del lector para realizar un recorrido soñado por Toledo:

“Realizar un recorrido por donde estuvieron las sinagogas y mezquitas desaparecidas y recrearlas mediante realidad virtual, realidad aumentada y otros sistemas analógicos y digitales ayudaría a comprender mejor ese Toledo idealizado de las tres culturas. Así, por ejemplo, mientras se toma un refrigerio en las terrazas de la plaza de Marrón (Moreno Santiago, 2015b), puede profundizarse en la sinagoga de Caleros que se situaba en uno de sus rincones. Además, la realidad virtual inmersiva en 3D estereoscópico es posible en movilidad utilizando el propio dispositivo móvil en unas sencillas y baratas gafas que pueden adquirirse a partir de tres o cuatro euros. Existen otros sistemas especiales, como el *videomapping* (en Toledo se hace puntualmente en los monumentos más significativos con el nombre de Lux Greco) que consigue un realismo muy espectacular. También puede combinarse con acciones performáticas para recobrar los personajes desaparecidos” (Moreno Sánchez y Navarro Newball, 2015, p. 811).

En este recorrido, la ciudad misma puede ser percibida como un museo interactivo en donde los visitantes tienen muchas oportunidades y diferentes medios para aprender. En otra aproximación (López et al., 2022), propusimos un dispositivo en forma de asistente virtual informativo llamado VIA (Virtual Informative Assistant), que integra avatares virtuales trilingües que utilizan mecanismos de comprensión del idioma y orientan el recorrido del barrio de San Antonio en la ciudad de Santiago de Cali en Colombia (Figura 2A).

Por otra parte, los museos son entidades que proporcionan el dispositivo interactivo en donde el conocimiento ancestral es comunicado, aprendido y difundido. A pesar de diversas controversias, más que símbolos de imperialismo, conquista y colonización, hoy los museos pueden ser centros que promueven la diversidad cultural y el respeto a la historia y al desarrollo de las civilizaciones. Por ejemplo, el Museo de América de Madrid, ubicado en la Ciudad Universitaria, ha sido un campo de promoción de las culturas de América a través de la cultura digital y del continuo virtual. Aquí vale la pena resaltar el caso de *La aventura Chimú* (Moreno Sánchez y Navarro-Newball, 2014), exhibida en ese lugar entre el 2014 y el 2017, en donde buscamos recrear la experiencia de ser un arqueólogo que descubre la huaca Tantaluc del antiguo Perú a través de una interacción natural basada en gestos corporales (Figura 2B), con lo que se quería lograr la comprensión del visitante permitiéndole revivir el proceso arqueológico paso a paso. La experiencia de exploración de la huaca programada *in situ* permitía a los visitantes aprender acerca de la cultura Chimú del Perú y sus diversos artefactos sociales y culturales. La instalación *in situ* se complementaba con una aplicación móvil de realidad aumentada en donde el visitante tomaba el papel de un indígena Chimú que creaba los objetos que posteriormente serían ubicados en la huaca. Esto exigía que el visitante recorriera el museo en busca de dichos artefactos (Tanaka et al., 2015). Se esperaba que los visitantes tuvieran una inmersión en la cultura del antiguo Perú con el fin de apreciar su valor y su diversidad. Estos sistemas utilizaban inteligencia artificial para emular el comportamiento de los indígenas Chimú y la interacción de una pareja de arqueólogos con los visitantes. Además, utilizaban

el reconocimiento de texto para brindar información aumentada de los tesoros chimú. Otro proyecto propuesto para el mismo museo, *La aventura Tlingit*, proponía el uso de *machine learning* a través

del reconocimiento inteligente de una réplica tangible de un casco de guerra de dicha tribu. Esto requirió el entrenamiento computacional de múltiples imágenes del casco. Asimismo, en el Museo Arqueológico la Merced, localizado en el lugar de fundación de la ciudad de Santiago de Cali, se implementó un sistema que a través del reconocimiento inteligente del movimiento iniciaba un discurso en una radio interactiva en una exhibición de objetos precolombinos y actuales (Figura 2C).

Sin embargo, los museos no deben restringirse al espacio real, tal como observamos en la sección anterior. De hecho, la aplicación *web* de un museo puede ser un punto de entrada a su comprensión y brindar una narración interesante acerca de sus tesoros. Un ejemplo de ello es la base de datos narrativa que construimos utilizando las tecnologías de geolocalización y que brinda información inteligente acerca de la historia de las obras de arte del Museo del Prado en Madrid (Arévalo-Arboleda et al., 2021).

Al mismo tiempo, la educación es fundamental en la sociedad. Las tecnologías del continuo virtual se pueden utilizar para comprometer a los aprendices de una manera novedosa, atractiva y entretenida. Por ejemplo, con Dasthi et al. (2022) propusimos la preservación de la práctica cultural de la cerámica del medio oriente a través de un sistema de realidad virtual que permitía su comprensión. También expusimos un sistema orientado a la comprensión de la antigua cultura Calima de la región del Valle del Cauca en Colombia, que involucra la realización de los ritos funerarios por parte de usuarios (Navarro-Newball et al., 2016). Si bien es cierto, esta aplicación fue propuesta como una aplicación *in situ* para un museo de arqueología, el sistema se podría adaptar a un módulo escolar de historia precolombina.

Destacan igualmente los sistemas que promueven el conocimiento y concienciación acerca del patrimonio natural, un patrimonio que toma cada vez más importancia. Aquí (Navarro-Newball et al., 2016) propusimos un sistema que emula un ave migratoria que busca aterrizar en la Laguna de Sonso en el Valle del Cauca en Colombia, siempre y cuando las condiciones ambientales lo favorezcan. Yendo más allá, los sistemas del continuo virtual se pueden utilizar para crear experiencias de aprendizaje y terapia accesibles a niños con deficiencias visuales y auditivas (Navarro-Newball, 2022) aprovechando el patrimonio natural y sus posibles interacciones como base narrativa. De esta forma desarrollamos

diversas narrativas interactivas sobre cuatro animales colombianos con el fin de ayudar a desarrollar habilidades de lenguaje, cognitivas y de motricidad en niños mientras ellos toman conciencia sobre los animales en peligro de extinción. Encontramos que las aplicaciones ofrecen experiencias vivenciales de aprendizaje acerca del patrimonio natural colombiano, pero además aprovechan las tecnologías de realidad aumentada y virtual para expandir las posibilidades de evaluación del progreso de los niños por parte de los terapeutas del habla y el lenguaje. Aquí se desarrollaron libros físicos que al cambiar de página reconocen de manera inteligente cada animal para emitir el sonido que cada uno produce en realidad aumentada; juegos de realidad aumentada que enseñan a través de laberintos acerca del hábitat de los animales; o simulaciones en realidad virtual que permiten alimentar a los animales o participar de un safari de observación en el metaverso (Figura 2D).

Finalmente realizamos propuestas innovadoras como el libro inteligente o *Smart Book* (Kolivand, 2021), que permite la creación y aprendizaje por parte de lectores y escritores expandiendo el concepto de los libros de realidad aumentada; estos son libros reales que son expandidos en el continuo virtual. El concepto se puede trasladar a juegos de mesa o juegos híbridos en donde parte del contenido se muestra en el mundo digital con realidad aumentada como, por ejemplo, el juego que propusimos, que permite el estudio de los nacimientos de agua por parte de niños del corregimiento de Potrerito en cercanías a la ciudad de Cali (Hernández y Navarro-Newball, 2019). Las comunidades de Potrerito están siendo desplazadas por las constructoras de condominios que han ido desalojando a la población nativa de sus terrenos, así que su acervo y su identidad han ido desapareciendo.

En estas aplicaciones se puede decir que las tecnologías del continuo virtual se utilizan como mecanismo de visualización o despliegue, mientras que la inteligencia programada en las aplicaciones permite el reconocimiento de imágenes, diálogos y locaciones con el fin de mejorar la interacción.

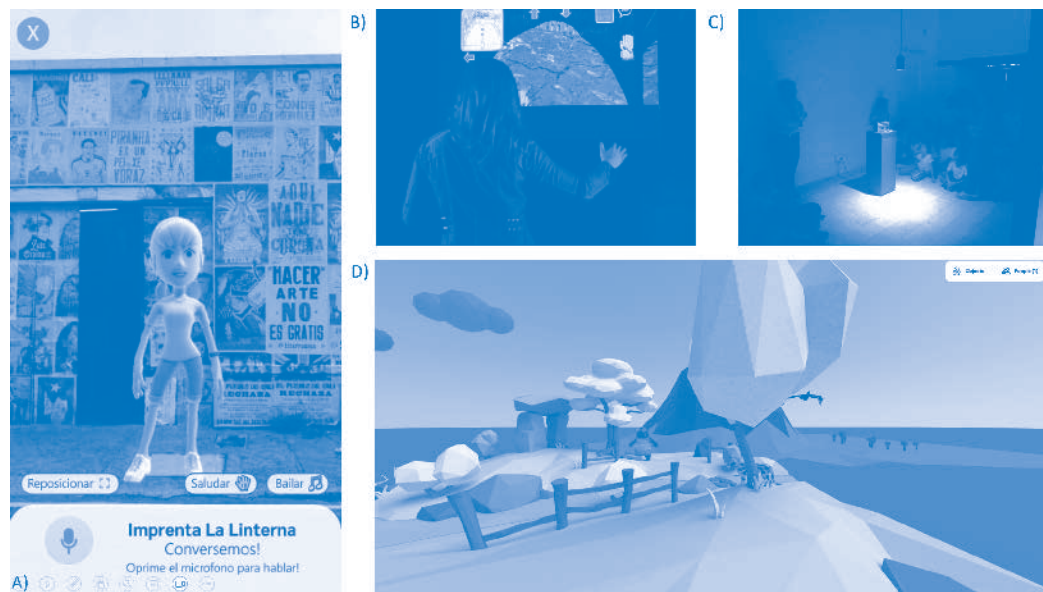


Figura 2. Trabajos previos. A) Un avatar de realidad aumentada dialoga con el visitante. B) Interacción con gestos mientras se excava la huaca Tantalluc en el Museo de América. C) Una radio interactiva presenta un discurso a un grupo de niños. D) Interacción multisensorial en el metaverso de animales.

Fuente: el autor.



A continuación presentamos un experimento en donde buscamos situar a Goya en el Madrid actual. Para ello mostramos cómo la tecnología de inteligencia artificial nos puede apoyar para orientar un recorrido acompañado por el maestro. El experimento se realizó con la versión inteligente del buscador Bing y está inspirado en discusiones que tuvimos con el profesor Isidro Moreno Sánchez, pionero de la narrativa hipermedia (interactiva). Entonces queríamos ofrecer un recorrido patrimonial de la ciudad de Madrid a través de los ojos de Goya. Para tal efecto, se visitaron y discutieron en vivo todos los sitios en los que Goya había dejado su huella. Hablamos de sistemas de inteligencia artificial que permitieran a los visitantes sostener un diálogo con Goya, es decir, que la aplicación respondiera con un diálogo al estilo de Goya. A la fecha, la aplicación no se ha realizado, pero sirvió como base para proponer a Toledo como un laboratorio de experimentación transmedia, tal como se explicó, y para iniciar el desarrollo de una aplicación turística para la ciudad de Santiago de Cali a partir de sus narradores.

Para comenzar, suponga el lector que está en Madrid y que cuenta con un sistema de inteligencia artificial en su dispositivo móvil. Además, puede estar siendo acompañado por un guía turístico que motiva ciertas interacciones. En medio de este recorrido puede ocurrir una conversación similar a la que tuvimos con Bing el 2 de octubre del 2023 y que presentamos a continuación.

Preguntamos: “Voy a estar en Madrid unos días. ¿Me podrías hablar del Madrid de Goya?”. El buscador inteligente respondió con los lugares en donde es posible encontrar obras de Goya en Madrid como el Museo del Prado, el Museo Thyssen-Bornemisza, la Real Parroquia de San Antonio de la Florida y el Palacio Real. Además, Bing indicó las obras que se podían apreciar en esos lugares. La respuesta, aunque interesante, descartaba varios de los sitios que Goya visitaba en la ciudad. Así que realizamos la pregunta: “¿Y tienes información de los sitios por los que paseaba Goya en Madrid?”. A lo que Bing respondió tomando fuentes *web* como Theculturetrip, Citylifemadrid y Spain.info: “¡Por supuesto! Aunque no hay una lista exhaustiva de los lugares exactos por los que Goya paseaba en Madrid, se sabe que pasaba mucho tiempo en el centro de la ciudad, especialmente en el barrio de Las Letras. Este barrio es conocido por ser el hogar de muchos escritores y artistas famosos,

incluido Goya. Algunos de los lugares que podrían haber sido frecuentados por Goya son:

- **Café del Príncipe:** Este café histórico se encuentra en la Plaza de Canalejas y era un lugar popular para los artistas y escritores de la época. Se dice que Goya solía pasar tiempo aquí con sus amigos.
- **Casa-Museo Lope de Vega:** Esta casa-museo es el hogar del famoso dramaturgo español Lope de Vega. Aunque no hay evidencia concreta de que Goya haya visitado esta casa, es posible que haya pasado por aquí mientras caminaba por el barrio.
- **Calle Huertas:** Esta calle es conocida por sus bares y restaurantes y es un lugar popular para salir a tomar algo. Se dice que Goya solía pasear por aquí y disfrutar de la vida nocturna.
- **Calle Cervantes:** Esta calle es conocida por ser el hogar del famoso escritor español Miguel de Cervantes. Es posible que Goya haya pasado por aquí mientras caminaba por el barrio.

Espero que esto te ayude a tener una mejor idea de los lugares que podrían haber sido frecuentados por Goya en Madrid”.

Estas dos respuestas de Bing pueden, a falta de una aplicación, ayudar a reconstruir aspectos del Madrid de Goya. Es más, sería posible ir un poco más allá e invitar al usuario a crear imágenes al estilo del pintor apoyado por la inteligencia artificial. Estas podrían ser intercambiadas y discutidas con otros en una red social. Por ejemplo, utilizamos al *skyline* del Madrid contemporáneo en un intento de traer a Goya al presente en experimento realizado el 12 de octubre del 2023. También, el 10 de octubre del mismo año hicimos otros dos ejercicios. En uno generamos la Plaza Mayor de Madrid para ver cómo se vería si Goya la hubiera dibujado y, en otro, la Ermita de San Isidro, para que el lector pueda contrastarla con la dibujada por Goya. La Figura 3 presenta las imágenes generadas a partir de descripciones. El lector juzgará si la inteligencia artificial hace mérito al maestro.

Por último, apuntar que no se debe subestimar el papel del gestor cultural debido al advenimiento de las nuevas tecnologías. Todos los proyectos presentados en esta sección



Figura 3. Inteligencia artificial generativa. Imágenes generadas a partir de la descripción. A) “Skyline del Madrid de 2023 al estilo Goya.” B) “Plaza mayor de Madrid al estilo Goya.” C) “La Ermita de San Isidro estilo Goya.”

Fuente: imágenes creadas por Bing Create a partir de descripciones del autor. La Ermita dibujada por Goya se puede encontrar en Museo del Prado (2023).

involucraron a una gestora cultural, que fue el puente que permitió interactuar a las diferentes disciplinas involucradas en los proyectos. Por otra parte, ella fue fundamental en la selección del material y la observación del público o los usuarios. Muchos de los desarrollos partieron de estas observaciones (Contreras, Navarro-Newball y Moreno, 2014, p.229). Tampoco se debe infravalorar el papel del guía turístico, pues este puede aprovecharse de la inteligencia artificial para construir retos que motiven a los usuarios. El experimento realizado buscaba presentar el potencial de uso de la inteligencia artificial. Asimismo, el papel del experto en patrimonio seguirá siendo importante, pues hará una curaduría rigurosa a los contenidos e interacciones presentadas y será responsable de alimentar las bases de datos con las que finalmente la inteligencia artificial construye sus respuestas.

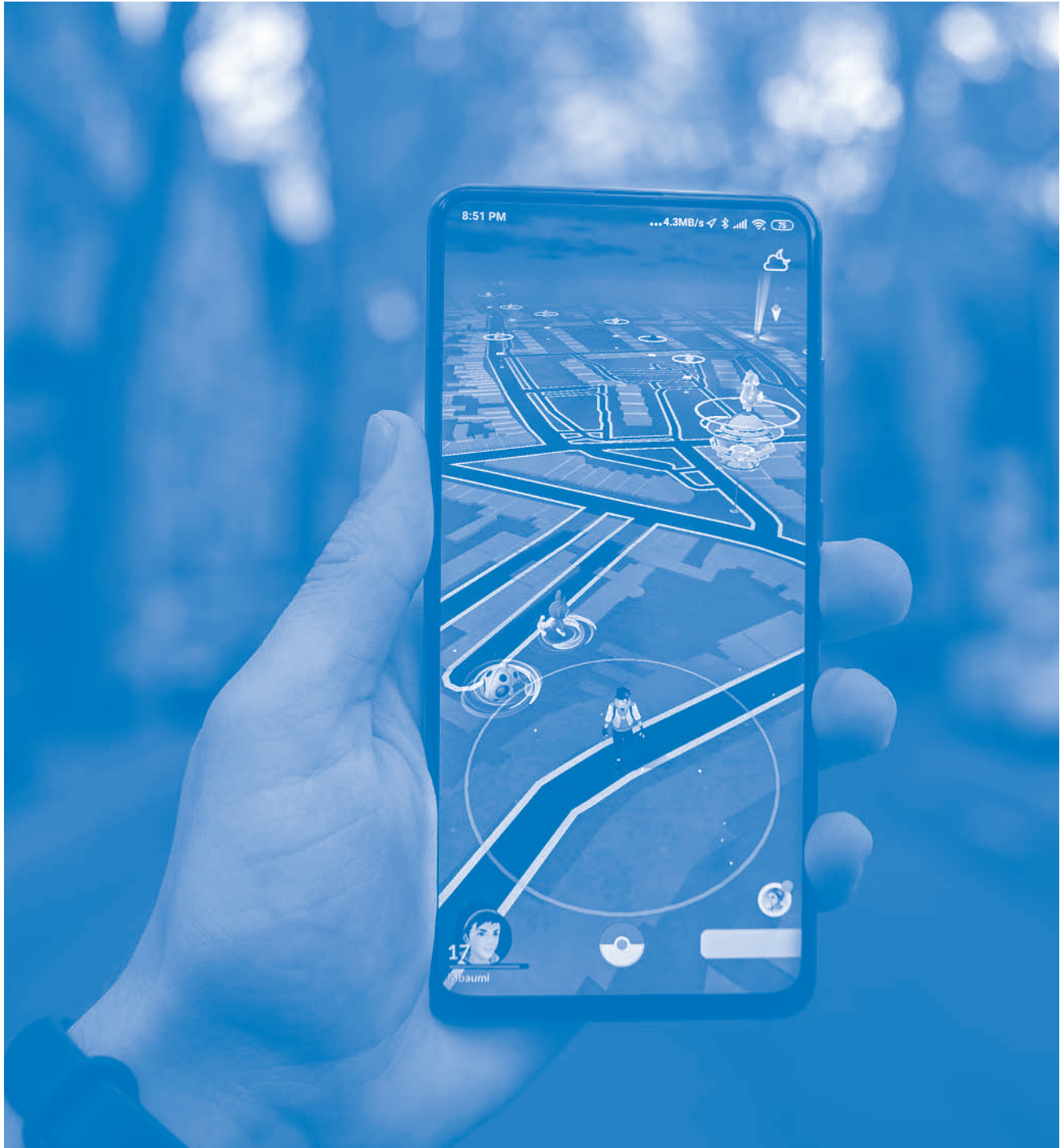
### Conclusión

Hemos revisado diferentes formas de aplicación de la tecnología en la conservación y educación acerca del patrimonio y los museos. Hay gran interés en aprovechar los recursos tecnológicos para crear experiencias significativas para los usuarios. Las obras y los objetos patrimoniales hablan por sí mismos, pero la tecnología, en particular la de realidades expandidas y la de inteligencia artificial, puede ser utilizada para contextualizarlas. El usuario interesado busca información patrimonial, las realidades expandidas brindan información a través de diferentes medios y la inteligencia artificial ajusta la información de manera acorde con los intereses del usuario. Mientras tanto, un grupo de expertos en patrimonio, guías turísticos con estudios en patrimonio y gestores culturales orientan el tipo de contenidos que desean comunicar a los usuarios. La colaboración con equipos interdisciplinarios orienta el desarrollo de dispositivos tecnológicos que brindan oportunidades de aprendizaje tanto formal como informal. Al final, el usuario realimenta y complementa el conocimiento adquirido. Toda la información es a su vez retomada por la inteligencia artificial. Así, las TIC se presentan como

un complemento y no como un reemplazo del acervo patrimonial al que podemos tener acceso.

## Referencias

- AHMAD, Y. (2006). The Scope and Definitions of Heritage: From Tangible to Intangible. *International Journal of Heritage Studies*, 12(3), 292-300. DOI: 10.1080/13527250600604639
- ANDONE, D. et al., (2021). Learning with Open Cultural Data - Jecza Museum for DigiCulture Study Case. En: International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Tartu, Estonia, 2021, pp. 17-19, doi: 10.1109/ICALT52272.2021.00012. “
- ARÉVALO-ARBOLEDA J. C., MORENO-SÁNCHEZ I., NAVARRO-NEWBALL A. A. y CONTRERAS-ROLDÁN V. E. (2021). Usabilidad y geolocalización narrativa para el seguimiento del patrimonio artístico español. *Arte, Individuo y Sociedad*, 33(4), 1117-1135. <https://doi.org/10.5209/aris.70298>
- COBB, P.J. et al., (2021). Sharing the Past: the Library as Digital Co-Design Space for Intergenerational Heritage Preservation. En: ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL), Champaign, IL, USA, 2021, pp. 320-321, doi: 10.1109/JCDL52503.2021.00051.
- CONTRERAS, V.E., NAVARRO-NEWBALL, A.A. y MORENO SÁNCHEZ, I. (2014). Estudio comparativo de museos en Cali - Colombia y Madrid - España. En: Andrade Pereira, V., Colorado Castellary, A., Moreno Sánchez, I. (Eds). *ArTecnología: conocimiento aumentado y accesibilidad*. ISBN 978-84-697-1450-8, pp. 229-240. <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/b2bc369d-5e0e-4aa4-b830-9d587d6c75ca/content>
- DASHTI, S., PRAKASH, E. y NAVARRO-NEWBALL, A.A. et al. (2022). PotteryVR: virtual reality pottery. *Visual Computer*, 38, 4035-4055. <https://doi.org/10.1007/s00371-022-02521-2>
- FANG, L. (2021). The Application of Digital Media Art in Art Museum Public Education Based on Human-Computer Interaction Technology. En: 2021 2nd International Conference on Information Science <https://www.ucm.es/gi5068/libros-y-articulos-books-and-papers-and-Education> (ICISE-IE), Chongqing, China, 2021, pp. 1424-1427, doi: 10.1109/ICISE-IE53922.2021.00317.
- FATTA, F. y FISCHNALLER, F. (2018). Enhancing cultural heritage exhibits in Museum Education: 3D Printing Technology : Video mapping and 3D printed models merged into immersive audiovisual scenography (FSJ-V3D Printing+MM Installation). En: 3rd Digital Heritage International Congress (DigitalHERITAGE) held jointly with 2018 24th International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM 2018), San Francisco, CA, USA, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/DigitalHeritage.2018.8810056.
- GARCÍA-ESTEBAN, E. (2021). Application of The Illustrated Didactic Guide of Guadalajara Museum in blended higher education. En: 1st Conference on On-line Teaching for Mobile Education (OT4ME), Alcalá de Henares, Spain, 2021, pp. 82-85, doi: 10.1109/OT4ME53559.2021.9638815.
- GOOGLE (2023). *Google Arts & Culture*. <https://art-andculture.google.com/> [Consultado el 27.09.2023].
- HAYASHI, M., TAKEUCHI, N. y KODA, T. (2022). Seamless Entertainment in Virtual Museum Wanna play a shooting game in an authentic museum space?. En: IEEE 11th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), Osaka, Japan, 2022, pp. 573-574, doi: 10.1109/GCCE56475.2022.10014032.
- HERNÁNDEZ, J. y NAVARRO-NEWBALL, A.A. (2019). A Software Architecture for Integrating Augmented Reality to a Board Game for Water Source Care Awareness. En: CIBSE - IberoAmerican Conference on Software Engineering Proceedings, pp. 641-649. <https://www.proceedings.com/49253.html>
- HONG, Y. y XIAO, L. (2023). Research on virtual simulation design system of Han embroidery crafts under computer digital image vision technology. En: 2nd International Conference on 3D Immersion, Interaction and Multi-sensory Experiences (ICDIIME), Madrid, Spain, 2023, pp. 234-238, doi: 10.1109/ICDIIME59043.2023.00050.
- KHAKIM, M.N.L., YULIATI y SULISTYO, W.D. (2021). Engaging Virtual Museum of Bojonegoro for History Learning. En: Universitas Riau International Conference on Education Technology (URICET), Pekanbaru, Indonesia, 2021, pp. 447-450, doi: 10.1109/URICET53378.2021.9865948.
- KITAMURA, K. (2017). Case Study of Digital Exhibition of Japanese Classical Writings and Drawings Based on AR Technology. En: International Conference on Culture and





Computing (Culture and Computing), Kyoto, Japan, 2017, pp. 125-126, doi: 10.1109/Culture.and.Computing.2017.43.

KOLIVAND, H., PRAKASH, E., LÓPEZ, M., HERNÁNDEZ, D. y NAVARRO-NEWBALL, A.A. (2021). Reimaging the Book ... Again! A New Framework for Smart Books Using Digital Twins Technology. En: Nesmachnow, S., Hernández Callejo, L. (eds) Smart Cities. ICSC-CITIES 2020. Communications in Computer and Information Science, vol 1359. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-69136-3\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-69136-3_16)

LIN, Y. y THIENMONGKOL, R. (2022). The Perspective of Digital Communication with Intangible Cultural Heritage Information under the Media Technology Environment: In Case Study of Molan Culture. En: 2022 International Conference on Innovation, Knowledge, and Management (ICIKM), Hong Kong, Hong Kong, 2022, pp. 67-71, doi: 10.1109/ICIKM56948.2022.00020.

LÓPEZ M.C., HERNÁNDEZ D., NAVARRO-NEWBALL A.A. y PRAKASH E.C. (2022). VIA: A Virtual Informative Assistant for Smart Tourism. En: Nesmachnow S., Hernández Callejo L. (eds) Smart Cities. ICSC-Cities 2021. Communications in Computer and Information Science, vol 1555. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-96753-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-96753-6_2)

MAHAMAROWI, N.H., JA'AFAR, M.R.B., MUSTAPHA, S. y YUSOF, K.H. 3D Game-Based Approach to Learning Ancient Malay Heritage's History. En: IEEE 14th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC), Shah Alam, Malaysia, 2023, pp. 133-138, doi: 10.1109/ICSGRC57744.2023.10215483.

MENG, R., LI, H., GUO, Y., WU, Y., CHENG, N. y Hao, L. (2022). Smart Museum Collection and Analysis for User Online Behavior. En: International Conference on Culture-Oriented Science and Technology (CoST), Lanzhou, China, 2022, pp. 247-251, doi: 10.1109/CoST57098.2022.00058.

MICROSOFT (2021). *Hellenic Ministry of Culture and Sport and Microsoft partner to digitally preserve ancient site of Olympia*. <https://news.microsoft.com/2021/11/10/hellenic-ministry-of-culture-and-sport-and-microsoft-partner-to-digitally-preserve-ancient-site-of-olympia/> [Consultado el 27.09.2023].

MILGRAM, P., TAKEMURA, H., UTSUMI, A. y KISHINO, F. (1994). Augmented

Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. En: Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering Vol. 2351.

MORENO SANTIAGO, José María. (2015b). *José María Moreno Santiago. Panorámica de la plaza de Marrón*. <http://goo.gl/4n6KLR> [Consultado el 10.09.2015]

MORENO SÁNCHEZ I. y NAVARRO-NEWBALL A. A. (2014). Comunicación cultural y TIC: La representación accesible de la cultura Chimú. *Historia y Comunicación Social*, 18, 541-554. [https://doi.org/10.5209/rev\\_HICS.2013.v18.43987](https://doi.org/10.5209/rev_HICS.2013.v18.43987)

MORENO SÁNCHEZ, I. y NAVARRO NEWBALL, A.A.(2015). La ciudad escondida. Toledo, laboratorio de comunicación transmedia. *Opción*, 31(1), 806-827. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/opcion/article/view/20150/20073>.

MORENO, I., PRAKASH, E.C., LOAIZA, D.F., LOZADA, D.A. y NAVARRO-NEWBALL, A.A. (2015). Marker-less feature and gesture detection for an interactive mixed reality avatar. En: 20th Symposium on Signal Processing, Images and Computer Vision (STSIVA), 2015, pp. 1-7, doi: 10.1109/STSIVA.2015.7330433.

MUSEO DEL PRADO (2023). *La Ermita de San Isidro el día de la fiesta*. Francisco de Goya. <https://www.museodelprado.es/coleccion/obra-de-arte/la-ermita-de-san-isidro-el-dia-de-la-fiesta/f8da95a4-2437-4951-afb4-7a8c4fd94e59>

NAFIAH, U., SAPTO, A., SAYONO, J., HERDIANI, A. y SUSANTI, N.E. (2021). Museum Personal Guide: Tackling the Limited Conditions. En: Universitas Riau International Conference on Education Technology (URICET), Pekanbaru, Indonesia, 2021, pp. 169-174, doi: 10.1109/URICET53378.2021.9865943.

NAVARRO-NEWBALL, A.A., MORENO, I., PRAKASH, E. et al. (2016). Gesture based human motion and game principles to aid understanding of science and cultural practices. *Multimedia Tools and Applications* **75**, 11699–11722. <https://doi.org/10.1007/s11042-015-2667-5>

NAVARRO-NEWBALL, A. A., GALVIS, M. V. A. S., MARTÍNEZ, J. C., BETANCOURT, J. J., RAMÍREZ, K., VELASQUEZ, A., QUINTO, V., RESTREPO, G., CASTILLO, A. D., ASPRILLA, E., PORTILLA, A., SERRANO, L. L., RODRÍGUEZ, F. A., & PEÑALOZA, E. (2022). Building Augmented and Virtual Reality Experiences for Children with Visual Diversity. In P. Vangorp & M. J. Turner (Eds.), *Computer Graphics and Visual Computing (CGVC)*.



The Eurographics Association. <https://doi.org/10.2312/cgvc.20221175>

PARK, J. et al., (2022). User Perception on Personalized Explanation by Science Museum Docent Robot. En: 17th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Sapporo, Japan, 2022, pp. 973-975, doi: 10.1109/HRI53351.2022.9889654.

PEREA-TANAKA, C.F., MORENO, I., PRAKASH, E.C. y NAVARRO-NEWBALL, A.A. (2015). Towards tantalluc: Interactive mobile augmented reality application for the Museo de América in Madrid. En: 10th Computing Colombian Conference (10CCC), Bogota, Colombia, 2015, pp. 164-171, doi: 10.1109/ColumbianCC.2015.7333427.

RIBEIRO DE OLIVEIRA, T., MOURA DA SILVA, M. NEPOMUCENO SPINASSE, R.A., GIESEN LUDKE, G., SOARES GAUDIO, M.R., IGLESIAS ROCHA GOMES, G., COTINI, L.G., VARGENS, D., QUEIROZ SCHIMIDT, M., VAREJAO ANDREAEO, R. y MESTRIA, M. (2021). Systematic Review of Virtual Reality Solutions Employing Artificial Intelligence Methods. En: Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR'21). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, pp. 42-55. DOI:<https://doi.org/10.1145/3488162.3488209>

SILVA, M. Y TEIXEIRA, L. (2020). Developing an eXtended Reality platform for Immersive and Interactive Experiences for Cultural Heritage: Serralves Museum and Coa Archeologic Park. En: IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct), Recife, Brazil, 2020, pp. 300-302, doi: 10.1109/ISMAR-Adjunct51615.2020.00084.

SCAVARELLI, A. (2023). *Towards a More Inclusive and Engaging Virtual Reality Framework for Social Learning Spaces*. A thesis submitted to the Faculty of Graduate and Postdoctoral Affairs in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Information Technology. The School of Information Technology. Carleton University Ottawa, Canada.

SCAVARELLI, A., ARYA, A. y TEATHER, R.J. (2021). Virtual reality and augmented reality in social learning spaces: a literature review. *Virtual Reality* 25, 257-277. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00444-8>

SWEENEY, T. (2019). Foundational principles & technologies for the metaverse. En: ACM SIGGRAPH 2019 Talks (SIGGRAPH '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 38, 1. DOI: <https://doi.org/10.1145/3306307.3339844>

WANG, Y. (2017). Application Research on Urban Cultural Landscape Heritage Protection Using Digital Technology. En: International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS), Huai An City, China, 2017, pp. 58-61, doi: 10.1109/ICRIS.2017.22

WIKIMEDIA COMMONS (2021). *File: Mixereality-continuum v2.jpg*. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mixerealitycontinuum\\_v2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mixerealitycontinuum_v2.jpg) [Consultado el 27.09.2023].

WIKIPEDIA (2023a). Extended reality. [https://en.wikipedia.org/wiki/Extended\\_reality](https://en.wikipedia.org/wiki/Extended_reality) [Consultado el 27.09.2023].

WIKIPEDIA (2023b). Artificial Intelligence. [https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial\\_intelligence](https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence) [Consultado el 27.09.2023].

WIKIPEDIA (2023c). *Assassin's Creed*. [https://en.wikipedia.org/wiki/Assassin's\\_Creed](https://en.wikipedia.org/wiki/Assassin's_Creed) [Consultado el 27.09.2023].

WIKIPEDIA (2023d). Huaca. <https://es.wikipedia.org/wiki/Huaca> [Consultado el 27.09.2023].

YAN, L., KAMAL, J.I., CAO, Y., ZHAO, X. Y ZHOU, Z. (2022). Application of Digital Audio-Visual Technology in Museum Exhibitions of Ancient Paintings—Taking the Nanjing Museum as an Example. En: 2022 International Conference on Image Processing and Media Computing (ICIPMC), Xi'an, China, 2022, pp. 120-123, doi: 10.1109/ICIPMC55686.2022.00030.

1 Templo o tumba (Wikipedia, 2023d)