



TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y EXPERIENCIA DE USUARIO EN MUSEOS VIRTUALES Un Estudio Exploratorio con la Generación Z en MAN Virtual

OLIVER CARRERO MÁRQUEZ ¹

ocarrero@ucm.es

JUAN ENRIQUE GONZÁLVEZ VALLÉS ¹

juanengo@ucm.es

LIDIA LÓPEZ MENA ²

lidia.lopez@esic.university

¹ Universidad Complutense de Madrid, España

² ESIC Universidad, España

PALABRAS CLAVE	RESUMEN
<i>Transformación digital Museos virtuales Experiencia de usuario Accesibilidad Generación Z Entornos inmersivos Patrimonio cultural</i>	<i>Este estudio analiza la transformación digital de los museos a través de la evaluación de la experiencia de usuario (UX), la accesibilidad y la usabilidad en entornos virtuales, con un enfoque específico en la interacción de la Generación Z con MAN Virtual, la plataforma digital del Museo Arqueológico Nacional de España. Mediante un diseño cuantitativo de carácter exploratorio, la investigación examina cómo la coherencia narrativa, el diseño de la interfaz y el tipo de dispositivo influyen en el engagement, la presencia y la satisfacción. Los resultados muestran altas valoraciones en usabilidad y coherencia visual, aunque la sensación de inmersión varía según el grado de interactividad y la carga emocional del entorno. Los hallazgos subrayan la importancia del diseño centrado en el usuario y de los principios de accesibilidad en el ámbito del patrimonio digital, destacando la necesidad de generar experiencias virtuales inclusivas, emocionalmente significativas y educativas para las audiencias emergentes.</i>

Received: 23/ 01 / 2026

Accepted: 28/ 02 / 2026

1. Introducción

En la actualidad, los museos se configuran como espacios híbridos donde convergen comunicación, aprendizaje y participación, impulsados por procesos de digitalización acelerada y estrategias centradas en el visitante (Rushton y Schnabel, 2020; Smykova, 2024). Este cambio responde a una redefinición de la relación entre público y patrimonio, en la que la interacción digital se convierte en un vehículo para ampliar el acceso, diversificar audiencias y generar nuevas formas de apropiación simbólica (Stelmaszczyk et al., 2024). Además, la digitalización debe entenderse como un proceso de innovación cultural que reestructura las prácticas de mediación y los modelos de comunicación (Wu y An, 2024). En este contexto, los entornos virtuales y las experiencias XR se consolidan como herramientas clave para favorecer el aprendizaje autónomo, la inclusión y la participación multisensorial del visitante (Barreto-Paredes et al., 2022).

Se trata de un nuevo ecosistema museístico, cuya efectividad depende de su capacidad para equilibrar la dimensión tecnológica con la comunicativa, asegurando que la experiencia del usuario sea clara, significativa y emocionalmente satisfactoria (Silva y Teixeira, 2022). Una realidad, donde la evaluación de la experiencia de usuario (UX), especialmente la Generación Z, se ha convertido en una herramienta crítica para analizar cómo la interfaz, la narrativa visual y la accesibilidad influyen en la comprensión del contenido y en la implicación del visitante (Bonel et al., 2023).

El presente trabajo tiene como objetivo la evaluación de la usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario en la plataforma MAN Virtual del Museo Arqueológico Nacional de España, como entorno referente más reciente en España, de la integración entre tecnología, narrativa y comunicación patrimonial (Samsung, 2017). Desde el punto de vista metodológico, se adoptó un enfoque cuantitativo, exploratorio y comparativo, orientado a identificar fortalezas y áreas de mejora en la interacción digital, siguiendo las recomendaciones metodológicas de investigación empírica en entornos inmersivos (Paananen et al., 2022). Se aplicó un cuestionario estructurado a 80 participantes de entre 16 y 28 años. Los usuarios pudieron elegir el dispositivo de acceso, optando exclusivamente por ordenador o tableta, sin registros de uso móvil.

Los resultados evidencian una experiencia globalmente positiva, con altas valoraciones en usabilidad, accesibilidad y coherencia visual, lo que sugiere que el entorno es comprensible y funcional incluso para usuarios con escasa experiencia previa en museos virtuales. Sin embargo, las dimensiones más experienciales, como la inmersión o la sensación de presencia, muestran mayor variabilidad, lo que indica que la implicación emocional requiere condiciones adicionales de diseño e interactividad. Estas conclusiones coinciden con hallazgos de investigaciones previas sobre realidad extendida, que destacan la importancia de la narrativa interactiva y la coherencia estética en la generación de experiencias significativas (Alatrash et al., 2023; Gatto et al., 2025).

2. Marco teórico

2.1. El impacto de la transformación digital en la evolución del museo-objeto al museo-experiencia

El museo ha pasado a ser un espacio de comunicación y experiencia, gracias a una reconfiguración epistemológica que sitúa al visitante en el centro del proceso de construcción del significado, en el que el museo se concibe como un ecosistema narrativo y participativo en el que convergen conocimiento, emoción y mediación (Giannini y Bowen, 2019). En este sentido, el Contextual Model of Learning propuesto por Falk y Dierking (2016) ofrece una base teórica para comprender esta transformación. Según este modelo, la experiencia museística se construye a partir de la interacción entre lo personal, lo sociocultural, lo físico y lo tecnológico, donde este último factor permite ampliar la visita más allá de los límites físicos, generando experiencias que se prolongan en el tiempo, mediante plataformas interactivas y contenidos transmedia. Se trata de un salto cualitativo para la comunicación, que para Parry (2013) supone un punto de inflexión hacia el museo como red de significados conectados. Por su parte, Giannini y Bowen (2019) coinciden en que el museo digital distribuye la autoridad interpretativa entre profesionales y públicos, favoreciendo la coautoría narrativa.

La cultura participativa que sustenta esta evolución puede explicarse desde el concepto de medios difundibles (spreadable media), desarrollado por Jenkins et al. (2013). Los autores argumentan que los contenidos culturales adquieren valor cuando pueden circular, ser compartidos y reinterpretados por

las audiencias. En el contexto museístico, esta idea impulsa la expansión de las exposiciones físicas hacia entornos digitales, permitiendo que el público prolongue su experiencia a través de redes sociales, repositorios y recorridos virtuales. Kidd (2014) también sostiene que el museo-experiencia actúa como un narrador distribuido capaz de articular múltiples voces, que promueve la inclusión de perspectivas diversas y la participación activa del visitante en la interpretación del patrimonio. Asimismo, Hooper-Greenhill (2020) defiende la pedagogía interpretativa, que concibe la educación museística como un proceso relacional basado en la emoción, la reflexión y la construcción compartida del conocimiento.

También sustentan este planteamiento trabajos como el de Zhou et al. (2022), quienes demostraron, a través de un metaanálisis, que las tecnologías de realidad aumentada (AR) y realidad virtual (VR) mejoran la retención y la comprensión conceptual cuando se utilizan dentro de narrativas coherentes con objetivos educativos definidos. Cecotti (2022) amplía esta perspectiva al introducir el concepto de presencia cognitiva, que describe la conexión entre emoción y atención como base de la inmersión efectiva. De forma complementaria, Trichopoulos et al. (2022) mostraron en el proyecto CHATS, que las interfaces tangibles y los estímulos multisensoriales potencian la exploración autónoma y la implicación emocional del visitante.

Más recientemente, Li et al. (2024) destacan que esta transformación conlleva retos de sostenibilidad y gobernanza digital, ya que la interoperabilidad de plataformas, la obsolescencia tecnológica y la preservación de datos se han convertido en desafíos estructurales para los museos. Asimismo, Li et al. (2023) observaron que la investigación museológica reciente se orienta cada vez más hacia la evaluación de la experiencia de usuario (UX), la accesibilidad y la personalización, situando la realidad extendida, como eje vertebrador de la innovación museográfica. Por ejemplo, el proyecto v-Corfu, desarrollado por Komianos et al. (2024), combina exposición virtual, materiales interactivos y recursos educativos en una arquitectura transmedia coherente. Estos autores concluyen que la efectividad de las experiencias digitales depende, no solo de la calidad técnica, sino también de la coherencia narrativa y de la implicación del usuario. En un plano más amplio, Natale et al. (2024) subrayan la importancia de implementar modelos de gobernanza abierta que equilibren innovación, ética y sostenibilidad cultural en el desarrollo de museos digitales.

No obstante, Marty (2009) advierte del peligro, que puede suponer si esta transformación pierde el foco y cae en el “efecto espectáculo”, en el que la tecnología puede desplazar el contenido interpretativo en favor de la espectacularidad visual. Una posibilidad que para Giannini y Bowen (2019) puede ser provocada por la fascinación por la novedad tecnológica, en detrimento de la profundidad cognitiva de la experiencia, si no se acompaña de reflexión crítica. Desde una perspectiva técnica, Ponsard y Desmet (2022) señalan la importancia de adoptar estándares abiertos y prácticas de documentación para garantizar la sostenibilidad y preservación de los proyectos digitales. En términos de aprendizaje, Melendreras-Ruiz et al. (2024) compararon experiencias presenciales y en realidad virtual, demostrando que la VR aumenta la atención y el disfrute, pero no necesariamente mejora la retención del conocimiento, sin un adecuado andamiaje pedagógico.

En otro orden de cosas, la accesibilidad se consolida como otro pilar fundamental del museo-experiencia. Guedes et al. (2020) y Vaz et al. (2022) muestran que las tecnologías asistivas, como guías hápticas o recorridos multisensoriales, amplían el acceso al patrimonio y enriquecen la experiencia estética. En esta línea, Al Sulaimani et al. (2023) desarrollaron un sistema de navegación acústica con sonido 3D para personas con discapacidad visual, mientras Kasowski et al. (2023) propusieron modelos de realidad extendida que ajustan contraste y campo de visión, reduciendo la fatiga visual y mejorando la inclusión perceptiva.

Finalmente, Yang et al. (2025) conciben el museo-experiencia como un narrador polifónico que ofrece múltiples trayectorias interpretativas, fomentando la exploración autónoma. Una concepción a la que Smets y Euser (2025) añaden que los ecosistemas híbridos, que combinan lo físico y lo digital, amplían la continuidad del aprendizaje y fortalecen la conexión emocional con el patrimonio

2.2. Experiencia inmersiva y comunicación museográfica en entornos XR (AR, VR, MR)

Las tecnologías de realidad extendida (XR), que engloban la realidad virtual (VR), aumentada (AR) y mixta (MR), trasladan al visitante de un rol contemplativo a uno exploratorio, donde la comprensión del patrimonio se produce mediante la acción, la emoción y la manipulación simbólica de los objetos digitales (Silva y Teixeira, 2022). Por ejemplo, Man y Gao (2022) demuestran que las reconstrucciones arqueológicas en VR facilitan una comprensión contextual más rica del patrimonio tangible, al permitir

que el usuario explore entornos tridimensionales en los que los objetos se sitúan en su marco histórico original. En una línea similar, Barreto-Paredes et al. (2022) comprobaron que los entornos XR, cuando integran interactividad y estética inmersiva, generan mayores niveles de atención sostenida y una disposición más favorable hacia el aprendizaje que las exposiciones convencionales en línea.

El interés por la dimensión psicológica de la inmersión ha llevado a autores como Ariya et al. (2025) a constatar que la intensidad de la presencia percibida, la sensación de estar allí, depende de la coherencia entre estímulo visual, sonido y narrativa, y no únicamente del realismo gráfico. Del mismo modo, Huang et al. (2025) introducen el concepto de interactividad significativa, para explicar cómo el entorno virtual responde a las acciones del visitante de forma coherente, con los objetivos culturales y educativos del museo. Un impacto, analizado también por Hammady et al. (2021), quienes aportan un marco para la evaluación del diseño inmersivo, al desarrollar un modelo de guía holográfica en MR, capaz de acompañar al visitante con información contextual sensible al movimiento y a la distancia, cuyos resultados muestran que la percepción de presencia y la satisfacción aumentan, cuando el sistema se adapta al ritmo cognitivo del usuario. Asimismo, Hammady et al. (2018) subrayan que la AR basada en marcadores dinámicos facilita la apropiación espacial del entorno y estimula una relación más activa con el patrimonio, siempre que la interfaz sea intuitiva y el feedback visual inmediato.

Pero como ya se ha comentado en el punto anterior, la experiencia inmersiva no se limita a la espectacularidad técnica, tal y como demostraron Pagano et al. (2021), al evaluar la percepción de usabilidad en exposiciones MR europeas, concluyendo que la coherencia narrativa y la fluidez de la interacción son los factores que más influyen en la satisfacción del visitante, por encima del nivel de sofisticación tecnológica. Este mismo principio se confirma en el estudio de Pei et al. (2023), quienes analizaron interfaces VR en museos digitales y demostraron que la claridad de navegación y la consistencia visual se correlacionan directamente con la percepción de valor educativo.

Por otra parte, desde el punto de vista del aprendizaje museal, Jangra et al. (2025) hallaron que las experiencias VR, que incluyen tareas exploratorias y *feedback* inmediato, incrementan la motivación intrínseca y la retención conceptual, mientras que las simulaciones pasivas tienden a generar experiencias menos memorables. En cambio, Enriquez et al. (2024) evidenciaron que las integraciones web-VR permiten ampliar el alcance educativo de los museos locales, favoreciendo la participación de comunidades alejadas geográficamente y consolidando modelos de aprendizaje autónomo.

En cuanto a la narrativa, el trabajo de Paananen et al. (2022) destaca el papel de este aspecto en la percepción de realismo y en la activación de la memoria emocional. Su análisis de un entorno educativo inmersivo inspirado en *Assassin's Creed Odyssey: Discovery Tour* demostró que la combinación de libertad exploratoria y estructura narrativa guiada promueve una experiencia de "presencia cognitiva" más estable que la navegación totalmente libre.

Otro aspecto clave en la eficacia comunicativa de las experiencias XR es el diseño de la interfaz, donde Gilani et al. (2023) muestran que una interfaz coherente actúa como mediador cognitivo, reduciendo la carga mental y favoreciendo la comprensión del contenido y que, por el contrario, interfaces visualmente sobrecargadas o con una navegación poco predecible interrumpen la sensación de flujo y debilitan la percepción de inmersión.

A todo esto hay que añadir que, para Lyu (2024), la digitalización del patrimonio cultural implica un modelo de conservación activa, donde cada experiencia virtual constituye una forma de mediación que combina conocimiento, emoción y ética, en la que los museos inmersivos no reemplazan al espacio físico, sino que lo complementan mediante entornos narrativos expansivos, que prolongan la interpretación y el aprendizaje.

3. Metodología

En este contexto museístico inmersivo, se hace necesario evaluar la usabilidad y la experiencia de usuario (UX) en plataformas digitales como MAN Virtual del Museo Arqueológico Nacional (MAN), con especial atención a públicos emergentes como la generación Z, quien presenta competencias tecnológicas avanzadas, pero también expectativas elevadas en términos de interactividad, accesibilidad y personalización (Gilani et al., 2023; Yang et al., 2024).

El presente estudio adopta una metodología de corte cuantitativo, con diseño exploratorio y comparativo, orientada a identificar fortalezas y debilidades de la experiencia virtual del MAN desde la perspectiva de la generación Z, accediendo exclusivamente mediante ordenador, tablet o móvil. La elección de estos dispositivos responde al marco de accesibilidad habitual de este grupo etario,

descartando tecnologías más especializadas como los visores HMD, cuya disponibilidad generalizada es limitada (Jangra et al., 2025; Pei et al., 2023).

En este contexto, se plantean los siguientes objetivos:

OB1 Analizar la percepción de facilidad de uso, accesibilidad y navegación de la plataforma.

OB2 Evaluar el grado de satisfacción, engagement y presencia.

OB3 Detectar posibles barreras de uso vinculadas a la interfaz o a la narrativa museográfica. OB4 Explorar diferencias en la experiencia según el tipo de dispositivo empleado.

OB5 Formular recomendaciones aplicables al diseño centrado en el usuario (UCD) en contextos museísticos virtuales.

Para ello, se plantean cinco preguntas de investigación, inspiradas en los trabajos de Hammady et al. (2021), quienes consideran que el diseño inmersivo y la plataforma de acceso inciden directamente en la experiencia del visitante:

P1: ¿Perciben los usuarios de la generación Z la experiencia inmersiva del MAN como altamente usable?

P2: ¿Son superiores el engagement y la sensación de presencia en usuarios que acceden desde el ordenador frente a tablet o móvil?

P3: ¿Existen diferencias significativas en las valoraciones de UX, según el tipo de dispositivo?

P4: ¿Influye la estructura narrativa y visual del entorno positivamente en la percepción de accesibilidad?

P5: ¿Al menos un segmento de la muestra identifica limitaciones de usabilidad en móvil?

3.1. Experiencia inmersiva y comunicación museográfica en entornos XR (AR, VR, MR)

Se trata de un estudio cuantitativo, exploratorio, transversal y no experimental, basado en un diseño comparativo entre tres preferencias de acceso: ordenador, tablet y móvil. La muestra se compuso de 80 personas, seleccionadas mediante muestreo por conveniencia, con los siguientes criterios de inclusión: tener entre 16 y 28 años, residir en España, estar familiarizados con el uso de plataformas web y no haber visitado previamente el MAN Virtual. La elección de una metodología cuantitativa se fundamenta en la necesidad de un primer análisis exploratorio sobre la evaluación de entornos inmersivos, como recomiendan estudios recientes (Ariya et al., 2025). Por otra parte, el uso de escalas validadas y de instrumentos adaptados a contextos digitales asegura la fiabilidad y validez del cuestionario. Asimismo, el enfoque comparativo entre dispositivos responde a los hallazgos de Jangra et al. (2025) y Pei et al. (2023), quienes evidencian que la percepción de usabilidad varía significativamente en función del hardware empleado.

Dado el carácter exploratorio del estudio y su orientación hacia la experiencia real de uso, se optó por permitir que los participantes eligieran libremente el dispositivo desde el que acceder al entorno virtual. Esta decisión responde a criterios de validez ecológica, al priorizar la reproducción de condiciones de navegación naturales y habituales entre los jóvenes usuarios de la generación Z, quienes tienden a seleccionar espontáneamente el soporte que perciben como más cómodo o funcional para la interacción digital (Bonel et al., 2023). Forzar una distribución equitativa entre dispositivos habría introducido una distorsión artificial en los patrones de acceso y podría haber afectado negativamente a la autenticidad de la experiencia de usuario. Por tanto, el objetivo no fue comparar grupos equilibrados en términos numéricos, sino observar diferencias cualitativas y tendencias descriptivas derivadas de las elecciones reales de los usuarios, en línea con las recomendaciones de la investigación en usabilidad y diseño centrado en el usuario (Gilani et al., 2023; Hammady et al., 2018). La ausencia de participantes que optaran por el dispositivo móvil se interpreta, así, como un resultado relevante en sí mismo, que revela una preferencia espontánea hacia pantallas de mayor tamaño en contextos de exploración patrimonial digital, coherente con estudios previos sobre ergonomía y percepción visual en entornos XR (Ariya et al., 2025; Pei et al., 2023).

El énfasis en la generación Z se alinea con investigaciones sobre públicos emergentes en museos digitales (Bonel et al., 2023; Gilani et al., 2023), reconociendo que este grupo constituye el núcleo de las futuras audiencias museales y presenta características específicas en su relación con las plataformas digitales, tales como la búsqueda de inmediatez, la narrativa interactiva, una alta sensibilidad estética y la demanda de autonomía en la navegación (Aristeidou et al., 2023).

Los participantes fueron invitados a través de redes sociales, centros educativos, asociaciones juveniles y canales institucionales, vinculados al patrimonio digital. Una vez aceptada su participación,

accedieron al entorno virtual del MAN y posteriormente al cuestionario. Previamente se les informó de la finalidad del estudio, garantizando su anonimato y el tratamiento confidencial de los datos conforme al Reglamento General de Protección de Datos (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2016). Además, se solicitó su consentimiento informado a través de la plataforma digital.

El acceso al entorno se realizó mediante una sesión libre de exploración de 15 a 20 minutos, tras la cual los participantes completaron un cuestionario estructurado en línea.

Para la recogida de datos, también se diseñó un cuestionario, combinando escalas validadas en estudios similares (Hammady et al., 2020; Pei et al., 2023). El formulario estuvo dividido en:

- Datos sociodemográficos y de contexto como edad, género, estudios, familiaridad con museos digitales, dispositivo de acceso, entorno de conexión.
- Usabilidad percibida, para lo que se utilizó una versión adaptada de la System Usability Scale (Brooke, 1996), junto con ítems sobre claridad de la navegación, jerarquía de menús y facilidad para completar tareas (Pagano et al., 2021).
- Experiencia de usuario, que incluyó indicadores del User Engagement Scale (O'Brien y Toms, 2010), para medir estética, atención, satisfacción y novedad percibida.
- Presencia y flujo para lo que se aplicaron ítems del Igroup Presence Questionnaire (Schubert et al., 2001) y del Flow Short Scale (Engeser y Rheinberg, 2008), centrados en percepción de control, claridad de objetivos y concentración.
- Accesibilidad e inclusión integró preguntas inspiradas en las directrices WCAG 2.1 y en los modelos de accesibilidad cognitiva y emocional propuestos por Garcia Carrizosa et al. (2020).
- Pregunta abierta con la intención de recoger comentarios libres sobre aspectos mejorables, dificultades encontradas o elementos destacados de la experiencia.

Asimismo, las escalas cuantitativas emplearon un formato de tipo Likert de 7 puntos y el tiempo de respuesta fue de 8 a 10 minutos.

4. Resultados

4.1. Caracterización de la muestra y condiciones de acceso

La muestra analizada se caracteriza por un perfil joven, mayoritariamente universitario y con acceso principalmente desde dispositivos de escritorio. Como se muestra en la Tabla 1, la muestra presenta una edad media aproximada de 20,3 años, con una dispersión moderada y un rango relativamente acotado, lo que permite caracterizarla como una cohorte claramente joven. Se aprecia una fuerte concentración en el tramo de 19–20 años, que representa el 70% de la muestra.

Tabla 1. Distribución de la muestra por grupos de edad

Grupo de edad	n	%
16–18	6	7,5
19–20	56	70,0
21–22	2	2,5
23–24	15	18,8
25–26	0	0,0
27+	1	1,2

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En cuanto al género, la muestra presenta una mayor presencia de mujeres, 58,58% (n=47), frente al 38,8% (n=31) de hombre y un 2,4% que no quiso declararlo (n=2). Aunque esta distribución permite realizar contrastes descriptivos entre mujeres y hombres, los análisis posteriores no evidenciaron diferencias estadísticamente robustas en las valoraciones de experiencia de usuario asociadas a esta variable.

El nivel de estudios muestra una homogeneidad aún mayor, 97,5% (n=78), con estudios universitarios. Por otra parte, las condiciones de acceso, donde se dio al usuario la opción de escoger el dispositivo que quisiera entre esas tres opciones, que el uso del entorno virtual del MAN se realizó mayoritariamente desde el ordenador 81,2% (n=65), seguido de tablet 18,8% (n=15), sin presencia de acceso móvil.

Finalmente, la experiencia previa en museos virtuales o experiencias inmersivas, recogida en la Tabla 2, muestra que el 65% de los participantes no había utilizado previamente este tipo de entornos. Sin

embargo, los análisis comparativos realizados indican que esta variable no se asocia a diferencias significativas en las valoraciones de experiencia de usuario, lo que sugiere que el entorno resulta comprensible y usable también para usuarios noveles.

Tabla 2. Experiencia previa en museos virtuales

Experiencia previa	n	%
No	52	65,0
Sí	28	35,0

Fuente: Elaboración propia, 2025.

4.2. Resultados descriptivos de la experiencia de usuario

Este bloque se ha abordado, a partir de los ítems del cuestionario, organizados en cinco dimensiones analíticas: usabilidad, engagement, presencia, accesibilidad percibida y narrativa/visual.

La Tabla 3 muestra una valoración globalmente elevada de la experiencia, con medias iguales o superiores a 6 en cuatro de las cinco dimensiones. La narrativa/visual alcanza la media más alta (M= 6,30; DT= 0,82), lo que indica que los participantes perciben el entorno como visualmente coherente, atractivo y bien estructurado. La accesibilidad percibida (M= 6,12; DT= 0,94) y la usabilidad (M= 6,04; DT= 0,91) presentan también valores elevados, lo que sugiere que el sistema resulta comprensible, manejable y claro incluso sin ayuda externa. El engagement obtiene una media similar (M= 6,00; DT= 1,00), reflejando una experiencia agradable y relevante para la mayoría de los usuarios. Por el contrario, la presencia es la dimensión con la media más baja (M= 5,54; DT= 1,15), y además muestra una mayor dispersión, lo que apunta a una experiencia inmersiva percibida de forma más heterogénea y no equiparable a la experiencia física, no virtual.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos por constructo

Constructo	Media	DT	Mediana	Min.	Máx.
Narrativa / visual	6,30	0,82	6,33	4,33	7,00
Accesibilidad percibida	6,12	0,94	6,25	3,50	7,00
Usabilidad	6,04	0,91	6,17	3,42	7,00
Engagement	6,00	1,00	6,13	2,88	7,00
Presencia	5,54	1,15	5,67	2,00	7,00

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En cuanto a los ítems con mayor media, estos se concentran en aquellos que abordan aspectos instrumentales del diseño, como la organización de la información, la coherencia visual, la claridad de los textos y la sensación de control durante la navegación. Estos resultados refuerzan la idea de que el entorno virtual del MAN funciona de manera sólida como interfaz, facilitando la orientación y reduciendo la carga cognitiva del usuario.

En el ítem “La información que encontraste estaba bien organizada y estructurada” (M= 6,49; DT= 0,77), la moda se sitúa en el valor máximo de la escala (7), lo que indica que el valor más frecuentemente seleccionado por los participantes corresponde al nivel más alto de acuerdo. La combinación de una media próxima al techo, una desviación típica reducida y una moda en 7 sugiere una distribución fuertemente asimétrica negativa, con acumulación de respuestas en los valores superiores (6-7) y una presencia muy limitada de puntuaciones bajas. Este patrón estadístico permite afirmar que la percepción de una buena organización de la información es altamente consensuada dentro de la muestra y no depende de casos extremos.

Un comportamiento muy similar se observa en el ítem “La plataforma me pareció coherente visualmente” (M= 6,46; DT= 0,80), donde nuevamente la moda corresponde al valor 7. La baja dispersión y la coincidencia entre media elevada y moda máxima indican que la mayoría de los participantes converge en una valoración muy positiva de la coherencia visual del entorno. Desde la perspectiva de la experiencia de usuario, este resultado es estadísticamente relevante porque la coherencia visual actúa como variable estructural que reduce la carga cognitiva y favorece la navegación fluida, algo que se refleja en la homogeneidad de las respuestas.

El ítem “Los colores y textos eran fáciles de distinguir” (M= 6,45; DT= 0,81) presenta igualmente una moda en 7, junto con una desviación típica moderada. Este patrón indica que la accesibilidad visual básica no solo alcanza valores altos en promedio, sino que lo hace de forma consistente entre los participantes. La ligera mayor dispersión respecto a los ítems anteriores sugiere la existencia de algunos

casos aislados con valoraciones más bajas, aunque insuficientes para alterar la tendencia central. Estadísticamente, esto se traduce en una distribución concentrada en el extremo superior, compatible con un diseño visual eficaz para la mayoría de usuarios.

En el ítem global “En general, usar este entorno fue una buena experiencia” ($M= 6,44$; $DT= 0,82$), la moda vuelve a situarse en 7, lo que confirma que la valoración positiva de la experiencia no es simplemente un efecto de la media, sino el resultado de una frecuencia dominante de puntuaciones máximas. Este ítem presenta una distribución ligeramente más dispersa que los puramente instrumentales, lo que es esperable al tratarse de una evaluación sintética que integra múltiples dimensiones de la experiencia.

Por último, el ítem “El sistema reaccionó adecuadamente a mis acciones” ($M= 6,41$; $DT= 0,85$) muestra una moda en 6, a diferencia de los anteriores. Este detalle estadístico es relevante, porque indica que, aunque la valoración sigue siendo alta, el valor más frecuente no es el máximo absoluto. La mayor desviación típica y el desplazamiento de la moda hacia 6 sugieren una mayor heterogeneidad en la percepción de la respuesta del sistema, posiblemente asociada a experiencias puntuales de latencia, fluidez variable o diferencias en el dispositivo de acceso. Desde la experiencia de usuario, este ítem constituye un primer indicio cuantitativo de fricción leve, coherente con los comentarios recogidos en la pregunta abierta, que se verá más adelante.

Por contra, los ítems con las medias más bajas del cuestionario han sido todos los vinculados a dimensiones experienciales complejas, como la inmersión, la orientación espacial y el impacto motivacional del entorno (Tabla 4).

Tabla 4: Ítems con valoraciones medias más bajas

Ítem (resumen)	Media	DT
Perdí la noción del tiempo	5,03	1,47
Mejoró mi interés por la arqueología	5,19	1,33
Me orienté fácilmente dentro del recorrido	5,62	1,24
Sensación de presencia física	5,64	1,32

Fuente: Elaboración propia, 2025.

El ítem “Perdí la noción del tiempo mientras exploraba” ($M= 5,03$; $DT= 1,47$) presenta la media más baja del conjunto del cuestionario y, al mismo tiempo, la mayor desviación típica, lo que indica una elevada heterogeneidad en las respuestas. La moda se sitúa en valores intermedios (5), y no en los extremos superiores de la escala, lo que sugiere la ausencia de un consenso claro entre los participantes. En términos de experiencia de usuario, este resultado indica que el entorno no genera de forma consistente estados de flujo o absorción profunda, sino que dicha sensación aparece solo en una parte de la muestra.

En el ítem “Este entorno ha mejorado mi interés por la arqueología” ($M= 5,19$; $DT= 1,33$), la moda se sitúa en el valor 6, lo que indica que el nivel más frecuente de respuesta es positivo, aunque no máximo. La desviación típica relativamente elevada sugiere que coexisten dos subgrupos de usuarios. Uno que percibe un impacto claro en su interés temático y otro para el que dicho impacto es limitado o neutro. Estadísticamente, este ítem presenta una asimetría menos marcada hacia el extremo superior, lo que lo diferencia de los ítems funcionales y refuerza la idea de que el impacto motivacional depende en mayor medida de factores individuales y contextuales.

El ítem “Me orienté fácilmente dentro del recorrido” ($M= 5,62$; $DT= 1,24$) muestra una media moderadamente alta, pero una dispersión notablemente mayor que la observada en los ítems de usabilidad básica. La moda se sitúa en el valor 6, lo que indica que la percepción predominante es positiva, aunque no unánime. La amplitud de la desviación típica sugiere que, mientras una parte de los usuarios no encuentra dificultades de orientación, otra experimenta momentos de desorientación o falta de referencias claras. Desde la perspectiva estadística, este ítem ocupa una posición intermedia entre los aspectos funcionales consolidados y las dimensiones experienciales más frágiles.

Por su parte, el ítem “Tuve sensación de presencia, como si estuviera allí físicamente” ($M= 5,64$; $DT= 1,32$) presenta un patrón similar al anterior, con una moda en 6 y una dispersión relativamente elevada. La diferencia entre la media y la moda sugiere que, aunque la valoración más frecuente es positiva, existe un número relevante de respuestas en los niveles intermedios de la escala. Esta configuración estadística indica que la sensación de presencia depende de condiciones específicas de uso, expectativas previas o grado de implicación personal.

Desde el punto de vista de la experiencia de usuario, estos resultados indican que las dimensiones relacionadas con la inmersión, la orientación espacial y el impacto motivacional constituyen los principales focos de variabilidad de la experiencia. No se trata de déficits estructurales, porque las medias no son bajas. Pero sí de áreas donde la experiencia no se consolida de forma uniforme para todos los usuarios. Conceptualmente, este patrón sugiere que la usabilidad, la accesibilidad y la coherencia visual actúan como condiciones necesarias, pero no suficientes, para la generación de estados de presencia y flujo.

4.3. Relaciones entre dimensiones de la experiencia de usuario

Con el fin de profundizar en la estructura interna de la experiencia de usuario percibida, se realizó un análisis correlacional entre las cinco dimensiones evaluadas: usabilidad, engagement, presencia, accesibilidad percibida y narrativa/visual. Dado el carácter ordinal de las escalas y la posible presencia de distribuciones no normales, se empleó el coeficiente rho de Spearman, que permite identificar asociaciones monotónicas sin asumir normalidad. Para evitar interpretaciones espurias derivadas de comparaciones múltiples, los niveles de significación fueron ajustados mediante corrección por tasa de falsos descubrimientos (FDR).

La Tabla 5 presenta la matriz de correlaciones entre los constructos. En términos generales, los resultados muestran un patrón de correlaciones positivas y estadísticamente significativas entre la mayoría de las dimensiones, lo que sugiere que la experiencia del usuario en el entorno virtual del MAN se configura como un sistema interrelacionado, más que como un conjunto de componentes independientes.

Tabla 5: Correlaciones entre dimensiones de la experiencia de usuario (Spearman)

Constructos relacionados	ρ (Spearman)	p
Usabilidad – Accesibilidad	0,71	<.001
Usabilidad – Narrativa/visual	0,68	<.001
Accesibilidad – Narrativa/visual	0,66	<.001
<i>Engagement</i> – Presencia	0,64	<.001
Usabilidad – <i>Engagement</i>	0,59	<.001
Narrativa/visual – <i>Engagement</i>	0,57	<.001
Accesibilidad – <i>Engagement</i>	0,54	<.001
Presencia – Usabilidad	0,42	<.01
Presencia – Accesibilidad	0,39	<.01

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Desde un punto de vista estadístico, todas las correlaciones observadas son positivas y significativas, con valores de ρ que oscilan entre 0,39 y 0,71, lo que indica asociaciones de magnitud moderada a alta, según los criterios habituales de interpretación (Cohen, 1988). Este patrón confirma que las distintas dimensiones de la experiencia de usuario no operan de manera independiente, sino que forman parte de una estructura relacional coherente.

Las correlaciones de mayor magnitud se concentran entre usabilidad, accesibilidad percibida y narrativa/visual. En particular, la relación entre usabilidad y accesibilidad ($\rho= 0,71$) constituye la asociación más fuerte de la matriz, lo que indica que los usuarios que perciben el entorno como accesible (legible, comprensible y cognitivamente manejable) tienden también a evaluarlo como altamente usable. La elevada magnitud del coeficiente sugiere que ambas dimensiones comparten una base perceptiva común y que, desde la perspectiva del usuario, la facilidad de uso emerge como una consecuencia directa de la accesibilidad del diseño.

De forma similar, la correlación entre usabilidad y narrativa/visual ($\rho= 0,68$) y entre accesibilidad y narrativa/visual ($\rho= 0,66$) pone de manifiesto el papel estructural del diseño visual y de la organización de la información en la construcción de la experiencia funcional. Estadísticamente, estos coeficientes indican que una mejora en la coherencia visual y narrativa del entorno se asocia sistemáticamente con una mejora en la percepción de claridad y control durante la interacción.

El *engagement* presenta correlaciones moderadas con todas las dimensiones funcionales, especialmente con usabilidad ($\rho= 0,59$), narrativa/visual ($\rho= 0,57$) y accesibilidad ($\rho= 0,54$). Este patrón sugiere que la implicación del usuario no depende exclusivamente del interés intrínseco por el contenido, sino que se ve reforzada cuando la interacción resulta fluida y el entorno presenta una lógica

visual clara. Desde un punto de vista estadístico, el *engagement* actúa como una variable puente, conectando las dimensiones instrumentales con la experiencia subjetiva de disfrute y motivación.

La presencia muestra su correlación más elevada con el *engagement* ($\rho=0,64$), lo que indica una asociación sólida entre la implicación emocional y la sensación de “estar dentro” del entorno. En cambio, sus correlaciones con usabilidad ($\rho=0,42$) y accesibilidad ($\rho=0,39$), aunque significativas, son sensiblemente más bajas. Este gradiente estadístico sugiere que la presencia no se deriva automáticamente de un entorno usable o accesible, sino que requiere elementos

4.4. Experiencia de usuario y dispositivo de acceso

Con el objetivo de explorar si el tipo de dispositivo desde el que se accede al entorno virtual del Museo Arqueológico Nacional condiciona la experiencia de usuario percibida, se realizaron análisis descriptivos y comparativos entre los dos grupos presentes en la muestra: usuarios que accedieron desde ordenador y usuarios que accedieron desde tablet. Dado que no se registraron accesos desde teléfono móvil, este dispositivo queda fuera del análisis y no se incorpora como categoría analítica.

Tal como se indicó en el apartado 4.1, la distribución de la muestra por dispositivo es claramente asimétrica, con un predominio del acceso desde ordenador ($n=65$) frente a tablet ($n=15$). Esta diferencia de tamaño entre grupos obliga a interpretar los resultados con cautela, priorizando la lectura de tendencias descriptivas y tamaños de efecto por encima de la significación estadística estricta.

La Tabla 6 presenta las medias y desviaciones típicas de los cinco constructos de experiencia de usuario en función del dispositivo de acceso. En términos generales, los usuarios que accedieron desde ordenador muestran medias ligeramente superiores en todas las dimensiones analizadas, especialmente en usabilidad, narrativa/visual y *engagement*. No obstante, las diferencias observadas son moderadas y no alcanzan significación estadística tras la aplicación de pruebas de contraste robustas, lo que indica que el dispositivo, por sí solo, no explica diferencias sustantivas en la experiencia percibida.

Tabla 6: Experiencia de usuario en función del dispositivo utilizado

Constructo	Ordenador (Media \pm DT)	Tablet (Media \pm DT)
Usabilidad	6,08 \pm 0,88	5,87 \pm 0,96
Accesibilidad percibida	6,16 \pm 0,92	5,96 \pm 1,01
Narrativa / visual	6,34 \pm 0,79	6,12 \pm 0,90
<i>Engagement</i>	6,05 \pm 0,96	5,78 \pm 1,08
Presencia	5,60 \pm 1,12	5,29 \pm 1,24

Fuente: Elaboración propia, 2025

La Tabla 6 permite analizar si la experiencia del usuario en el entorno virtual del Museo Arqueológico Nacional varía en función del dispositivo desde el que se accede. Los resultados muestran, en primer lugar, que la experiencia es positiva en ambos dispositivos, tanto en ordenador como en tablet. Las medias de todos los constructos se sitúan claramente en valores altos, lo que indica que el entorno funciona de manera adecuada independientemente del dispositivo utilizado.

Ahora bien, al observar con más detalle los resultados, se aprecia que el acceso desde ordenador tiende a generar valoraciones ligeramente más altas en todas las dimensiones de la experiencia. En términos de usabilidad, los usuarios de ordenador describen una experiencia más estable y uniforme. Esto sugiere que el entorno se adapta de forma especialmente eficaz a un contexto de pantalla grande y control mediante teclado y ratón, donde la orientación espacial, la lectura de textos y la interacción resultan más predecibles. En cambio, en tablet, mientras algunos usuarios la valoran muy positivamente, otros encuentran más dificultades.

Esta mayor variabilidad también se observa en dimensiones más experienciales, como el *engagement* y la presencia. En ordenador, las valoraciones tienden a concentrarse en niveles altos, lo que apunta a una experiencia más consistente en términos de implicación y sensación de control. En tablet, sin embargo, las respuestas son más heterogéneas. Esto sugiere que la implicación emocional y la sensación de “estar dentro” del entorno no se activan del mismo modo para todos los usuarios, cuando la experiencia se realiza desde un dispositivo táctil.

Un aspecto especialmente relevante es que la accesibilidad y la narrativa visual mantienen valores altos en ambos dispositivos. Esto indica que los elementos básicos del diseño (claridad visual,

legibilidad, coherencia gráfica y comprensión del contenido) funcionan de manera sólida y no se ven comprometidos por el dispositivo.

4.5. Análisis de la pregunta abierta y triangulación con los resultados cuantitativos

En términos generales, las respuestas abiertas confirman la valoración globalmente positiva del entorno virtual del Museo Arqueológico Nacional, coherente con las altas puntuaciones cuantitativas observadas en usabilidad (M= 6,04), accesibilidad percibida (M= 6,12) y narrativa/visual (M= 6,30). De forma significativa, 14 participantes (17,5% de la muestra) señalaron explícitamente que no cambiarían nada o que la experiencia les había parecido adecuada, lo que refuerza la existencia de un núcleo de usuarios para los que la experiencia resulta plenamente satisfactoria.

Tabla 7: Resultados pregunta abierta, triangulada con resultados cuantitativos

Eje temático identificado (pregunta abierta)	Frecuencia (n / %)	Evidencia cuantitativa asociada	Diferencia observada (medias)
Orientación y navegación	22 / 27,5%	Ítem “Me orienté fácilmente dentro del recorrido” presenta menor media y mayor dispersión que otros ítems de usabilidad	Usabilidad: 5,70 (mencionan orientación) vs 6,16 (no mencionan)
Interactividad / controles	9 / 11,3%	Dimensión Presencia es la más baja y la más dispersa del estudio	Presencia global: M = 5,54 (DT = 1,15); ítem “Perdí la noción del tiempo”: M = 5,03 (DT = 1,47)
Contenido y mediación (más información, contexto)	10 / 12,5%	Ítem “Este entorno ha mejorado mi interés por la arqueología” con media moderada y alta dispersión	Interés por la arqueología: M = 5,19 (DT = 1,33)
Aspectos técnicos / rendimiento	4 / 5,0%	Asociación directa con la dimensión Presencia	Presencia: 4,08 (mencionan técnico) vs 5,61 (resto)
Satisfacción explícita (“no cambiaría nada”)	14 / 17,5%	Coherente con medias altas en usabilidad, accesibilidad y narrativa/visual	Usabilidad: M = 6,04; Accesibilidad: M = 6,12; Narrativa/visual: M = 6,30

Fuente: Elaboración propia, 2025.

No obstante, cuando se analizan los comentarios críticos o propositivos, emerge la mejora de la orientación y navegación dentro del entorno, mencionado por 22 participantes (27,5%). Esta recurrencia cualitativa resulta especialmente relevante al contrastarla con los datos cuantitativos. El ítem “Me orienté fácilmente dentro del recorrido” presenta una media inferior (M= 5,62) y una desviación típica elevada (DT= 1,24) en comparación con otros ítems de usabilidad, lo que indica una experiencia menos homogénea. Además, los participantes que mencionan explícitamente problemas de orientación presentan, de forma consistente, puntuaciones medias más bajas en el constructo de usabilidad 5,70, que quienes no aluden a este aspecto 6,16. Esta convergencia permite sostener que la orientación espacial actúa como un factor explicativo clave de la variabilidad observada en la percepción de facilidad de uso.

Un segundo eje temático relevante es la demanda de mayor interactividad, identificada en 9 respuestas (11,3%). Este hallazgo cualitativo se alinea con los resultados cuantitativos relativos a la presencia, la dimensión con la media más baja del estudio (M= 5,54) y la mayor dispersión (DT= 1,15). Los ítems vinculados a la inmersión, como “Perdí la noción del tiempo mientras exploraba” (M= 5,03; DT= 1,47), muestran una elevada heterogeneidad, lo que indica que la experiencia inmersiva no se activa de manera consistente en toda la muestra. La triangulación de ambos resultados sugiere que, aunque la experiencia es clara y usable, la falta de interacción significativa limita la sensación de presencia para una parte de los usuarios.

La profundización en los contenidos constituye un tercer eje temático, mencionado por 10 participantes (12,5%), que solicitan más información contextual, explicaciones ampliadas o capas adicionales de contenido. Este discurso cualitativo ayuda a interpretar un resultado cuantitativo que, de otro modo, podría parecer ambiguo: el ítem “Este entorno ha mejorado mi interés por la arqueología” presenta una media positiva (M= 5,19), pero claramente inferior a la de otros indicadores de *engagement*. La dispersión asociada a este ítem (DT= 1,33) indica que el impacto motivacional es

selectivo, y las respuestas abiertas sugieren que esta variabilidad se relaciona con la percepción de una mediación cultural insuficiente para determinados perfiles de usuario.

Por último, aunque con menor frecuencia, las referencias a aspectos técnicos o de rendimiento aparecen en un 5% de respuestas (4). Sin embargo, su relevancia analítica es elevada. Los participantes que mencionan este tipo de problemas presentan una puntuación media significativamente más baja en la dimensión de presencia ($M= 4,08$) en comparación con el resto de la muestra ($M= 5,61$). Este patrón permite establecer que fricciones técnicas puntuales pueden romper la continuidad de la experiencia y debilitar la sensación de inmersión, sin afectar necesariamente a la valoración global del sistema.

5. Discusión

5.1. Implicaciones teóricas

Las implicaciones teóricas de este artículo refuerzan y amplían los marcos conceptuales que interpretan el museo digital como un ecosistema comunicativo centrado en el usuario, más que como una simple traslación tecnológica del espacio físico. En línea con el Contextual Model of Learning (Falk y Dierking, 2016) y con la noción de museo-experiencia (Giannini y Bowen, 2019), los resultados confirman que la usabilidad, la accesibilidad y la coherencia narrativa actúan como condiciones estructurales para la construcción de significado, especialmente en audiencias jóvenes. La investigación evidencia que la experiencia inmersiva no emerge únicamente del realismo tecnológico, sino de la integración equilibrada entre diseño de interfaz, narrativa visual y mediación cognitiva, reforzando los planteamientos de Gilani et al. (2023) y Parry (2013).

Asimismo, el estudio contribuye a la teoría de la experiencia de usuario en patrimonio digital al mostrar que la presencia y el *engagement* dependen más de la interactividad significativa que de la sofisticación técnica, lo que dialoga con los aportes de Hammady et al. (2021) y Huang et al. (2025). Desde una perspectiva crítica, los hallazgos respaldan las advertencias de Marty (2009) sobre el “efecto espectáculo”, subrayando la necesidad de modelos teóricos que integren ética, accesibilidad y sostenibilidad cultural (Lyu, 2024; Natale et al., 2024). En conjunto, el artículo aporta evidencia empírica que consolida la UX como categoría teórica clave en la museología digital contemporánea.

5.2. Implicaciones prácticas

En primer lugar, los resultados evidencian que la usabilidad y la accesibilidad deben concebirse como requisitos estratégicos, no como capas añadidas al final del desarrollo. Una interfaz clara, coherente y visualmente estable facilita la orientación y reduce la carga cognitiva, tal como señalan Gilani et al. (2023) y Gao y Foulén (2024), y se traduce en mayores niveles de satisfacción y *engagement*.

En segundo lugar, el estudio muestra que la presencia y la inmersión no se garantizan únicamente mediante recursos tecnológicos avanzados, sino mediante una narrativa interactiva que otorgue sentido a la exploración, reforzando las recomendaciones prácticas de Hammady et al. (2021) y Paananen et al. (2022). Esto implica que los equipos museísticos deben integrar perfiles de comunicación, educación y diseño UX desde las fases iniciales del proyecto.

Asimismo, la preferencia espontánea por dispositivos de pantalla grande sugiere la necesidad de optimizar la experiencia multiplataforma, priorizando la ergonomía visual y la navegación espacial, como indican Pei et al. (2023). Finalmente, los resultados respaldan la incorporación sistemática de evaluaciones de UX basadas en usuarios reales, alineadas con modelos de diseño centrado en el usuario y con enfoques de accesibilidad inclusiva (Gatto et al., 2025; Smets y Euser, 2025), como práctica habitual en la gestión del patrimonio digital.

5.3. Limitaciones de la investigación

En primer lugar, el estudio adopta un diseño cuantitativo, exploratorio y transversal, lo que impide establecer relaciones causales entre las variables analizadas. En segundo lugar, la muestra se obtuvo mediante muestreo por conveniencia y está compuesta mayoritariamente por estudiantes universitarios de la Generación Z, lo que limita la generalización de los hallazgos a otros grupos etarios o perfiles socioculturales. Asimismo, la ausencia de usuarios que accedieran desde dispositivos móviles restringe el análisis comparativo entre soportes. Finalmente, la evaluación se basa en percepciones

autorreportadas, sin incorporar medidas conductuales u observacionales que complementen la experiencia real de uso.

5.4. Futuras líneas de investigación

Sería relevante ampliar la muestra a otros grupos etarios y perfiles socioculturales, con el fin de comparar patrones de uso y percepción entre generaciones y públicos diversos. También se propone incorporar diseños mixtos, que integren métodos cualitativos (entrevistas, observación, análisis de recorridos) y métricas conductuales, para complementar las percepciones autorreportadas. Asimismo, resulta pertinente analizar la experiencia en dispositivos móviles y entornos XR con visores, evaluando cómo el hardware condiciona la presencia y el *engagement*. Otra línea prometedora consiste en estudiar el impacto de narrativas adaptativas y personalizadas, basadas en inteligencia artificial, sobre el aprendizaje y la implicación emocional. Finalmente, futuras investigaciones podrían abordar la sostenibilidad, la gobernanza y la ética de los museos digitales, explorando modelos que equilibren innovación tecnológica, accesibilidad e identidad patrimonial a largo plazo.

6. Conclusiones

En relación con el OB1 (analizar la percepción de facilidad de uso, accesibilidad y navegación), los resultados muestran valoraciones elevadas en usabilidad y accesibilidad percibida, lo que confirma que la plataforma es comprendida y utilizada con facilidad por la Generación Z. Esta evidencia da respuesta afirmativa a la P1, ya que los usuarios perciben la experiencia del MAN como altamente usable. Asimismo, los altos niveles de coherencia visual y organización de la información permiten responder positivamente a la P4, confirmando que la estructura narrativa y visual influye de manera directa y favorable en la percepción de accesibilidad. No obstante, la mayor variabilidad observada en los ítems de orientación señala que la navegación espacial constituye un área susceptible de mejora.

El OB2 (evaluar satisfacción, *engagement* y presencia) se cumple al constatar una experiencia globalmente satisfactoria y un *engagement* elevado, mientras que la presencia presenta valores más heterogéneos. Estos resultados permiten responder parcialmente a la P2, ya que, aunque el *engagement* y la presencia tienden a ser superiores en usuarios que acceden desde ordenador, las diferencias no alcanzan significación estadística, lo que indica una tendencia descriptiva más que concluyente.

En cuanto al OB3 (detectar posibles barreras de uso), las conclusiones identifican fricciones vinculadas a la orientación, la interactividad limitada y ciertos aspectos técnicos puntuales, lo que da respuesta a la P5. Aunque no se registraron accesos desde móvil, la ausencia de este dispositivo y los comentarios cualitativos permiten inferir la existencia de limitaciones percibidas de usabilidad en contextos de pantallas pequeñas.

Respecto al OB4 (explorar diferencias según el dispositivo), el estudio evidencia una preferencia clara por el ordenador frente a tablet o móvil y una experiencia más estable en pantallas grandes, lo que responde tanto a la P2 como a la P3 desde una perspectiva exploratoria, al no identificarse diferencias estadísticamente significativas, pero sí patrones de uso consistentes.

Finalmente, el OB5 (formular recomendaciones UCD) se sustenta en el conjunto de hallazgos, proponiendo integrar usabilidad, accesibilidad y narrativa interactiva como ejes del diseño museístico digital. De este modo, las conclusiones no solo responden a las preguntas de investigación, sino que aportan orientaciones aplicables al diseño centrado en el usuario en museos virtuales, reforzando la validez y utilidad práctica del estudio.

Referencias

- Al Sulaimani, N., Al-Humairi, A., & Al Khanjari, S. (2023). User friendly indoor navigation application for visually impaired users in museums using 3D sound. In *Proceedings of the Second International Conference on Innovations in Computing Research (ICR '23)* (pp. 441–444). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35308-6_37
- Alatrash, S., Arnab, S., & Antlej, K. (2023). Communicating engineering heritage through immersive technology: A VR framework for enhancing users' interpretation process in virtual immersive environments. *Computers & Education X Reality*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100040>
- Aristeidou, M., Orphanoudakis, T., Kouvara, T., Karachristos, C., & Spyropoulou, N. (2023). Evaluating the usability and learning potential of a virtual museum tour application for schools. En *INTED2023 Proceedings* (pp. 2572–2578). IATED. <https://doi.org/10.21125/inted.2023.0720>
- Ariya, S., Hossain, M., & Malik, R. (2025). Presence and immersion in extended reality learning environments: The role of sensory coherence. *Journal of Educational Technology Research*, 8(1), 22–38. <https://doi.org/10.1080/25787912.2025.00456>
- Barreto-Paredes, C., Agudo, D., Granda, M., & Parra, O. (2022). Evaluating extended reality application for a virtual museum: Case study—Remigio Crespo Museum. In *2022 Third International Conference on Information Systems and Software Technologies (ICI2ST)* (pp. 49–56). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ici2st57350.2022.00015>
- Bonel, E., Capestro, M., & Di Maria, E. (2023). How COVID-19 impacted cultural consumption: An explorative analysis of Gen Z's digital museum experiences. *Italian Journal of Marketing*, 2023(2), 135–160. <https://doi.org/10.1007/s43039-023-00071-6>
- Brooke, J. (1996). SUS: A "quick and dirty" usability scale. En P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester y A. L. McClelland (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 189–194). Taylor & Francis.
- Carolis, B. D., D'Errico, F., Palestra, G., & Aloisio, G. (2022). Adaptive digital guides for cultural heritage: Voice, text, and 3D visualization for personalized exploration. *International Journal of Human-Computer Studies*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2022.102794>
- Cecotti, H. (2022). Cultural heritage in fully immersive virtual reality. *Virtual Worlds*, 1(1), 82–102. <https://doi.org/10.3390/virtualworlds1010006>
- Denysiyuk, O. (2021). Museum-experience concept as an innovative format of cultural heritage representation. *Journal of Education Culture and Society*, 12(2), 123–133. <https://doi.org/10.15503/jecs2021.2.123.133>
- Engeser, S., & Rheinberg, F. (2008). Flow, performance and moderators of challenge-skill balance. *Motivation and Emotion*, 32(3), 158–172. <https://doi.org/10.1007/s11031-008-9102-4>
- Enriquez, M., Sánchez, L., & Robles, F. (2024). Expanding museum education through web-VR integrations: Accessibility and participation in local heritage. *Museum and Society*, 22(3), 275–293. <https://doi.org/10.14324/musoc.22.3.07>
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (2016). *The museum experience*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315417899>
- Gao, M., & Foulén, T. (2024). Cognitive load and usability in digital heritage interfaces: Balancing clarity and complexity in interaction design. *Computers in Human Behavior Reports*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2024.100402>
- Garcia Carrizosa, H., Sheehy, K., Rix, J., Seale, J., & Hayhoe, S. (2020). Designing technologies for museums: Accessibility and participation issues. *Journal of Enabling Technologies*, 14(1), 31–39. <https://doi.org/10.1108/JET-08-2019-0038>
- Gatto, C., Barba, M. C., Chiarello, S., Corchia, L., Faggiano, F., Nuzzo, B. L., Sumerano, G., De Luca, V., & De Paolis, L. T. (2025). Breaking the barriers: Extended reality and innovative technologies for enhanced accessibility of the Ceramics Museum of Cutrofiano. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 36. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2025.e00400>
- Giannini, T., & Bowen, J. P. (2019). *Museums and digital culture: New perspectives and research*. Springer.
- Gilani, A., Chen, C., & Li, T. (2023). Usability and user experience in virtual museum environments: Interface coherence and cognitive mediation. *Computers in Human Behavior Reports*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2023.100289>

- Guedes, L. S., Marques, L. A., & Vitória, G. (2020). Enhancing interaction and accessibility in museums and exhibitions with augmented reality and screen readers. In *Computers Helping People with Special Needs – ICCHP 2020, Part II* (pp. 157–163). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58796-3_20
- Guo, C., & Wang, H. (2023). Emotional engagement in digital museums: Visitor participation and co-creation in virtual environments. *Museum Management and Curatorship*, 38(4), 410–427. <https://doi.org/10.1080/09647775.2023.2187659>
- Hammady, R., Ma, M., & Temple, N. (2018). Augmented reality and gamification in heritage museums. In *2018 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)* (pp. 395–398). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct.2018.00111>
- Hammady, R., Ma, M., & Temple, N. (2021). Evaluating immersive design in mixed reality museums: Holographic guide model for contextual engagement. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 14(2), 1–22. <https://doi.org/10.1145/3439889>
- Hooper-Greenhill, E. (2020). *Museums and the interpretation of visual culture*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003124450>
- Huang, Y., Lee, J., & Park, S. (2025). Meaningful interactivity in cultural VR environments: A design-based framework. *Journal of Interactive Media in Education*, 2025(1), 44–63. <https://doi.org/10.5334/jime.876>
- Hulusić, V., Debattista, K., & Bashford-Rogers, T. (2021). The tactile museum: Haptic and auditory interfaces for inclusive XR experiences. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 14(3), 12. <https://doi.org/10.1145/3448262>
- Jangra, R., Mahajan, S., & Kaur, A. (2025). Virtual reality experiences in museum education: Effects of exploration and feedback on motivation and learning. *Education and Information Technologies*, 30(1), 1023–1042. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12036-5>
- Jenkins, H., Ford, S., & Green, J. (2013). *Spreadable media: Creating value and meaning in a networked culture*. NYU Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctt9qfk6w>
- Kasowski, J., Johnson, B. A., Neydavood, R., Akkaraju, A., & Beyeler, M. (2023). A systematic review of extended reality (XR) for understanding and augmenting vision loss. *Journal of Vision*, 23(5), 5. <https://doi.org/10.1167/jov.23.5.5>
- Kidd, J. (2014). *Museums in the new mediascape: Transmedia, participation, ethics*. Ashgate Publishing.
- Komianos, V., Tsipis, A., & Kontopanagou, K. (2024). Introducing digitized cultural heritage to wider audiences by employing virtual and augmented reality experiences: The case of the v-Corfu project. *Technologies*, 12(10), 196. <https://doi.org/10.3390/technologies12100196>
- Li, J., Wider, W., Ochiai, Y., & Fauzi, M. A. (2023). A bibliometric analysis of immersive technology in museum exhibitions: Exploring user experience. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1240562>
- Li, J., Zheng, X., Watanabe, I., & Ochiai, Y. (2024). A systematic review of digital transformation technologies in museum exhibition. *Computers in Human Behavior*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2024.108407>
- Lyu, S. (2024). Digital heritage as active conservation: Mediating ethics, knowledge, and emotion in immersive museums. *Museum and Society*, 22(4), 489–505. <https://doi.org/10.14324/musoc.22.4.10>
- Man, J., & Gao, H. (2022). Exploring virtual reconstruction in archaeology: Contextual understanding through immersive VR. *Digital Scholarship in the Humanities*, 37(3), 987–1004. <https://doi.org/10.1093/llc/fqac023>
- Marty, P. F. (2009). Museum informatics. In *Encyclopedia of Library and Information Sciences* (3rd ed., pp. 3717–3725). CRC Press. <https://doi.org/10.1081/e-elis3-120043944>
- Melendreras-Ruiz, R., Allegue, P., Torres, M., Ríos, M., Madrigal, J., & Tortosa, D. (2024). Analysis of the user experience (on-site vs. virtual reality) through biological markers and cognitive tests in museums: The case of Museo Cristo de la Sangre (Murcia, Spain). *Virtual Reality*, 28(3), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00928-3>
- Natale, S., Foti, P., & Parry, R. (2024). *Museums and the history of computing*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003424703>

- O'Brien, H. L., & Toms, E. G. (2010). The development and evaluation of a survey to measure user engagement. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(1), 50–69. <https://doi.org/10.1002/asi.21229>
- Paananen, P., Salmi, E., & Koivisto, J. (2022). Empirical approaches to immersive learning in museum environments: Methodological considerations for user experience evaluation. *Journal of Museum Education*, 47(4), 457–471. <https://doi.org/10.1080/10598650.2022.2074835>
- Pagano, A., Bianco, N., & Rossi, L. (2021). Evaluating usability in mixed reality exhibitions: Insights from European museums. *Digital Creativity*, 32(3), 245–261. <https://doi.org/10.1080/14626268.2021.1910150>
- Parry, R. (2013). *Museums in a digital age*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203716083>
- Pei, X., Wu, H., & Zhang, L. (2023). Evaluating user interfaces of virtual reality museums: Navigation clarity, consistency, and educational value. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 39(12), 2410–2426. <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2187482>
- Ponsard, C., & Desmet, W. (2022). A SWOT analysis of software technologies for driving museum digital transformation. *Proceedings of the 19th International Conference on Software Technologies*, 550–556. <https://doi.org/10.5220/0011320800003266>
- Rushton, H., & Schnabel, M. A. (2020). Exhibiting digital heritage: The curation of un-mediated experiences in museums. In *Proceedings of the International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia* (Vol. 2, pp. 193–202). <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2020.2.193>
- Satria, D., Nurdiansyah, F., & Abdullah, N. (2023). Manipulating 3D artifacts in virtual museums: Effects on attention and memory retention. *International Journal of Virtual Heritage Studies*, 5(2), 199–215. <https://doi.org/10.1080/27190012.2023.115732>
- Schubert, T., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. (2001). The experience of presence: Factor analytic insights. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 10(3), 266–281. <https://doi.org/10.1162/105474601300343603>
- Silva, M., & Teixeira, L. (2022). eXtended reality (XR) experiences in museums for cultural heritage: A systematic review. In Z. Lv & H. Song (Eds.), *Intelligent technologies for interactive entertainment* (Vol. 419, pp. 58–79). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-99188-3_5
- Smets, W., & Euser, V. (2025). A comparative case study of two immersive learning experiences in museums. *History Education Research Journal*, 22(1), 16–29. <https://doi.org/10.14324/herj.22.1.16>
- Smykova, E. (2024). Transformation of the activities of modern museums in the context of digital culture. *Rsh/Rgg Bulletin. "Literary Theory. Linguistics. Cultural Studies" Series*, 7(110), 110–119. <https://doi.org/10.28995/2686-7249-2024-7-110-119>
- Stelmazczyk, M., Pierścieniak, A., & Krawczyk-Sokołowska, I. (2024). Visitor orientation as a game changer for the digital transformation of museums. *Museum Management and Curatorship*, 40(1), 60–77. <https://doi.org/10.1080/09647775.2024.2312573>
- Trichopoulos, G., Aliprantis, J., Konstantakis, M., Michalakis, K., & Caridakis, G. (2022). Tangible and personalized DS application approach in cultural heritage: The CHATS Project. *Computers*, 11(2), 19. <https://doi.org/10.3390/computers11020019>
- Vaz, R., Freitas, D., & Coelho, A. (2022). Enhancing the blind and partially sighted visitors' experience in museums through integrating assistive technologies, multisensory and interactive approaches. In M. Antona & C. Stephanidis (Eds.), *Universal Access in Human-Computer Interaction: User and Context Diversity – UAHCI 2022* (pp. 521–540). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05039-8_38
- Wu, B., & An, N. (2024). The impact and application of virtual museums from the perspective of immersive experience: A case study of the Digital Dunhuang Museum in China. *Asia-Pacific Journal of Convergent Research Interchange*, 10(9), 423–437. <https://doi.org/10.47116/apjcri.2024.09.35>
- Yang, X., Sitharan, R., & Sharji, E. A. (2025). Evolving narrative forms in digital-age museum spaces: From static displays to interactive experiences. *International Journal of Creative Multimedia*, 6(1), 94–107. <https://doi.org/10.33093/ijcm.2025.6.1.6>
- Zaal, T., Salah, A. A. A., & Hürst, W. (2022). Toward inclusivity: Virtual reality museums for the visually impaired. In *Proceedings of the 2022 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR)* (pp. 225–233). IEEE. <https://doi.org/10.1109/AIVR56993.2022.00047>

Zhou, Y., Chen, J., & Wang, M. (2022). A meta-analytic review on incorporating virtual and augmented reality in museum learning. *Educational Research Review*, 36. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100454>