

Artículo de Investigación

Interactividad digital en museos: desarrollo de un guion de evaluación para profesionales del patrimonio cultural

Digital interactivity in museums: development of an evaluation script for cultural heritage professionals

Rocío Mihura-López¹: Universidade da Coruña, España.

rocio.mihura@udc.es

Teresa Piñeiro-Otero: Universidade da Coruña, España.

teresa.pineiro@udc.es

Luis A. Hernández-Ibáñez: Universidade da Coruña, España.

luis.hernandez@udc.es

Fecha de Recepción: 27/05/2024

Fecha de Aceptación: 25/07/2024

Fecha de Publicación: 03/09/2024

Cómo citar el artículo

Mihura-López, R., Piñeiro-Otero, T. y Hernández-Ibáñez, L. (2024). Interactividad digital en museos: desarrollo de un guion de evaluación para profesionales del patrimonio cultural [Digital interactivity in museums: development of an evaluation script for cultural heritage professionals]. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 01-17. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-602>

Resumen:

Introducción: La introducción de dispositivos digitales en museos ha enriquecido la experiencia del visitante mediante interacciones más personalizadas y profundas. Aunque disciplinas como la psicología, Human Factors, y Human-Computer Interaction han explorado el uso de estas tecnologías, los profesionales de museos raramente son considerados como usuarios finales. **Metodología:** El estudio busca optimizar las instalaciones multimedia interactivas en museos de ciencia y tecnología en España, mediante la identificación de atributos clave y el diseño de un guion de evaluación basado en Human Factors and Ergonomics. Posteriormente se aplicará en un estudio de caso en el Museo Domus de A Coruña. **Resultados:** La instalación evaluada destaca en varias dimensiones ergonómicas pero necesita ajustes en su interfaz para mantener relevancia tecnológica y atractivo a largo plazo.

¹ Autor Correspondiente: Rocío Mihura López. Universidade da Coruña (España).

El guion de evaluación facilita análisis rápidos y económicos, probando ser efectivo en la identificación de áreas críticas que requieren mejoras. **Discusión:** El estudio se centra en la integración de IMI en museos de ciencia y tecnología, limitando su aplicabilidad a otros tipos de museos. **Conclusiones:** El guion de evaluación se presenta como una herramienta diagnóstica eficiente y accesible, que permite realizar evaluaciones rápidas sin grandes inversiones de tiempo o recursos financieros.

Palabras clave: Profesionales del patrimonio cultural; interactivos digitales en museos; Human Factors and Ergonomics (HFE); museos de ciencia y tecnología; transformación museística; usabilidad; guion de evaluación; ergonomía.

Abstract:

Introduction: The introduction of digital devices in museums has enriched the visitor experience through more personalized and deeper interactions. Although disciplines such as psychology, Human Factors, and Human-Computer Interaction have explored the use of these technologies, museum professionals are rarely considered as end users. **Methodology:** The study aims to optimize interactive multimedia installations in science and technology museums in Spain, by identifying key attributes and designing an evaluation script based on Human Factors and Ergonomics. It will subsequently be applied in a case study at the Domus Museum in A Coruña. **Results:** The evaluated installation excels in various ergonomic dimensions but requires adjustments in its interface to maintain technological relevance and long-term appeal. The evaluation script facilitates quick and economical analysis, proving effective in identifying critical areas that require improvements. **Discussions:** The study focuses on the integration of Interactive Multimedia Installations (IMI) in science and technology museums, limiting its applicability to other types of museums. **Conclusions:** The evaluation script is presented as an efficient and accessible diagnostic tool that allows for quick evaluations without significant investments of time or financial resources.

Keywords: Cultural heritage professionals; digital interactives in museums; Human Factors and Ergonomics (HFE); Science and Technology Museums; Museological Transformation; Usability; Evaluation Script; Ergonomics.

1. Introducción

La introducción de dispositivos digitales en los museos ha transformado significativamente la experiencia del visitante, permitiendo una interacción más personalizada y profunda con la entidad museística. Sin embargo, la adopción de estos nuevos medios presenta desafíos financieros y prácticos, como la necesidad de inversiones significativas y la rápida obsolescencia de las herramientas. Los museos enfrentan el reto de equilibrar la innovación tecnológica con la preservación de la autenticidad de la experiencia museística.

El uso de instalaciones digitales interactivas en los museos ha sido analizado desde diversas disciplinas, como la psicología, ciencias de la educación, Human Factors (HF), Human-Computer Interaction (en adelante HCI), y enfoques mixtos, proporcionando una variedad de perspectivas. La literatura sobre esta relación suele adoptar dos enfoques: uno centrado en el público del museo a partir de estudios sobre el visitante, y otro centrado en el estudio del dispositivo en sí mismo, considerando aspectos como usabilidad, efectividad y satisfacción del usuario.

Según Marini y Agostino (2022), existe poca investigación específica realizada desde la perspectiva del museo para indagar cómo las tecnologías digitales influyen y moldean la interacción entre los museos y sus visitantes. Las tecnologías digitales están transformando

profundamente esta relación, permitiendo que los museos adquieran una "voz" y una "personalidad" propias, fomentando un diálogo inclusivo y bidireccional (Romanelli, 2020).

Con el propósito de comprender quién es realmente el museo y su papel activo en la introducción de elementos digitales, Maye *et al.* (2014) realizaron un estudio acerca de los profesionales del patrimonio cultural, estableciendo que, aunque hay investigación consolidada en HCI e Interaction Design (ID) sobre el diseño, desarrollo y evaluación de exposiciones interactivas en entornos patrimoniales, existe una carencia notable en la literatura científica que profundice en los procesos y prácticas de diseño de estos profesionales. La investigación en museos ha tendido a centrarse más en la experiencia del visitante en relación a las exposiciones interactivas que en los métodos y prácticas de diseño empleados por los profesionales de la cultura (Ciolfi y Petrelli, 2015; Maye *et al.*, 2014). Hornecker *et al.* (2013) destacan la importancia de entender las actitudes y enfoques de los profesionales de museos frente a las exposiciones interactivas digitales.

Estos datos subrayan la necesidad de una investigación más profunda que incluya a los profesionales del patrimonio cultural como actores clave en el diseño de los elementos interactivos digitales para museos. Considerar a estos profesionales no solo como ejecutores, sino como generadores del encargo del producto, es crucial para el desarrollo efectivo de experiencias museísticas enriquecedoras.

Este estudio pretende optimizar el diseño de las instalaciones multimedia interactivas digitales (en adelante, Interfaces Museísticas Interactivas (IMI) en museos desde la perspectiva de los profesionales del patrimonio cultural. Esta herramienta permitirá evaluar en qué medida estas instalaciones cumplen con las expectativas y objetivos de los profesionales del museo, centrándose en cómo las IMI encarnan los valores esenciales del museo, garantizando la transmisión efectiva de las metas museísticas.

2. Metodología

Para conseguir los objetivos propuestos se parte de un estudio previo realizado sobre las expectativas y necesidades de los profesionales de museos de ciencia y tecnología del ámbito español (Mihura-López, 2024). Este tipo concreto de museo se distingue por adoptar un enfoque educativo que va más allá de la exhibición de objetos. Si bien muchos de estos museos surgieron a partir de colecciones que incluyen instrumentos científicos, maquinaria y vehículos, se especializan en proporcionar una experiencia educativa interactiva y estimulante. A diferencia de otros tipos de museos, que se centran principalmente en la observación pasiva, los museos de ciencia y tecnología fomentan una participación activa del público en los módulos presentados.

En esta investigación se procedió a identificar y extraer el conjunto de atributos que estas entidades consideran indispensables para que una IMI situada en este tipo de museo, alcance sus metas en relación con el visitante. Los atributos recogidos son los siguientes:

Tabla 1.

Atributos necesarios en una IMI para museos de ciencia y tecnología.

Categorías	Atributos necesarios
Soporte	Robusto Inclusivo y diverso Invisible Confiable
Coste y mantenimiento	Mantenimiento fácil, barato, rápido Actualizable y reutilizable
Contenido	Claro Comprensible Educativo
Visitante	Sencillo Inclusivo y diverso Atractivo Enriquecedor de experiencia Generador de curiosidad Divertido Participativo
Misceláneo	Elemento digital y mecánico Adecuado al museo

Fuente: Elaboración propia (2024).

Para el diseño del guion de evaluación, se propone una metodología que evalúe cada una de las características de las IMI utilizando la conceptualización del usuario derivada de la disciplina de Human Factors and Ergonomics (en adelante HFE), según lo establecido por la International Ergonomics Association (IEA, 2024). Esta disciplina aborda el estudio del usuario genérico en su interacción con un sistema desde tres ámbitos principales: ergonomía física, cognitiva y organizacional. Adicionalmente, se integra la ergonomía afectiva, fundamentada en las teorías de Norman (2005) sobre las respuestas emocionales del usuario.

Por consiguiente, desde cada uno de estos ámbitos de evaluación del usuario, se lleva a cabo una transferencia de criterios. Esto implica evaluar cada una de las características que el profesional del museo considera deseables en una instalación, desde cada uno de estos dominios.

Tabla 2.

Relación entre los atributos y los dominios de evaluación desde HFE.

Categorías	Atributos necesarios	Ergonomía correspondiente
Soporte	Robusto	E. Física
	Inclusivo y diverso	E. Física
	Invisible	E. Física
	Confiable	E. Física
Coste y mantenimiento	Mantenimiento fácil, barato, rápido	E. Física
	Actualizable y reutilizable	E. Física
Contenido	Claro	E. Afectiva

	Comprensible	E. Cognitiva
	Educativo	E. Cognitiva
Visitante	Sencillo	E. Afectiva
	Inclusivo y diverso	E. Cognitiva
	Atractivo	E. Afectiva
	Enriquecedor de experiencia	E. Cognitiva
	Generador de curiosidad	E. Cognitiva
	Divertido	E. Afectiva
	Participativo	E. Social
Misceláneo	Elemento digital y mecánico	E. Física
	Adecuado al museo	E. Afectiva

Fuente: Elaboración propia (2024).

Para tal fin, se propone la creación de un guion de evaluación que facilite la identificación de los "puntos críticos" en una IMI cuando se encuentra instalada en el museo. Adicionalmente, se explorarán las vinculaciones con estudios y evaluaciones museográficas relevantes que respalden este enfoque en la determinación de los criterios que deben cumplir las IMI en un contexto museístico. El propósito de este proceso es el desarrollo de un guion que pueda ser implementado específicamente en las IMI de estos museos. Esta metodología tiene como objetivo optimizar la organización, mejorando así la eficacia de las IMI dentro del espacio expositivo.

2.1. Ergonomía física en relación a los atributos deseables en una IMI

Según la IEA, la ergonomía física se centra en los aspectos relacionados con la anatomía humana, antropometría, fisiología y las características biomecánicas asociadas a la actividad física (IEA, 2024). La antropometría, que es crucial para el diseño de dispositivos ergonómicos, se basa en el análisis de las dimensiones corporales promedio obtenidas de estudios exhaustivos sobre diversas poblaciones, clasificando los datos por género, raza, nacionalidad o edad (Tilley, 2001; Pheasant y Haslegrave, 2018).

De acuerdo con los atributos definidos por expertos en museología de ciencia y tecnología, el diseño de las IMI debe incorporar cualidades como robustez, inclusividad y diversidad, manteniendo una integración tecnológica que sea prácticamente imperceptible para el usuario y garantizando su fiabilidad. Además, se deben considerar los costes y el mantenimiento, que son cruciales para la implementación efectiva de las IMI, así como su integración con objetos físicos o demostraciones mecánicas, asegurando que enriquezcan la experiencia educativa y de entretenimiento del museo. Por lo tanto, el guion contemplará los siguientes apartados:

- IMI inclusiva y diversa: las IMI deben ser accesibles para personas de diferentes tamaños y capacidades motoras, abarcando la mayor variedad posible de usuarios (Shneiderman y Plaisant, 2006). La accesibilidad para personas con diversidad funcional es esencial (Pekarik *et al.*, 2002; Heath y Vom, 2002; Lyons *et al.*, 2015), y es crucial la adaptabilidad de los periféricos y la percepción de *affordance* físico (Hartson, 2003).
- IMI robusta: la durabilidad de una IMI depende de su capacidad para soportar uso intensivo y condiciones específicas del entorno, como la humedad en acuarios. La robustez de la infraestructura física es esencial para su funcionamiento continuo (Thomas y Mintz, 1998; Pekarik *et al.*, 2002; Allen y Gutwill, 2004).

- IMI de mantenimiento fácil, barato y rápido: es vital que las IMI sean fáciles de mantener y reparar, ya que la frecuencia de mantenimiento afecta la percepción del público y puede impactar negativamente la imagen del museo (Allen, 2004).
- IMI invisible: las IMI deben ser intuitivas y no requerir aprendizaje previo, permitiendo que los visitantes se concentren en la experiencia. La tecnología debe integrarse de manera sutil y debe evitarse que sea el principal atractivo.
- IMI fiable: la confiabilidad de las IMI implica que funcionen consistentemente y no requieran actualizaciones de software frecuentes. Los costes de mantenimiento y la frustración de los visitantes por dispositivos fuera de servicio son factores importantes (Allen, 2004).
- IMI actualizable y versátil: la capacidad de actualizar y reutilizar las IMI es valiosa para su durabilidad. Deben ser adaptables a diferentes contenidos y usos, de forma que se evite la obsolescencia.
- IMI complementaria a interactivos mecánicos: existe un debate entre el uso de IMI y dispositivos mecánicos en museos de ciencia y tecnología. Mientras algunos museos prefieren interactivos mecánicos para mantener la autenticidad del discurso museográfico, otros adoptan las experiencias digitales (Thomas y Mintz, 1998; Stogner, 2009; Allen, 2004). En España, la tendencia en museos de ciencia y tecnología es crítica hacia lo exclusivamente digital (Mihura-López, 2024).

2.2. Ergonomía cognitiva en relación a los atributos deseables en una IMI

IEA define la ergonomía cognitiva como el estudio de procesos mentales tales como percepción, memoria, razonamiento y respuesta motriz, enfocándose en cómo estos procesos afectan las interacciones con sistemas (IEA, 2024). Según Granollers *et al.* (2005), esta disciplina analiza la manera en que la información es recibida, procesada y almacenada por el cerebro, integrando estímulos sensoriales con conocimientos previos.

Norman (2014) identifica dos tipos principales de procesamiento cognitivo: experiencial y reflexivo. La cognición experiencial implica reacciones intuitivas y espontáneas, como leer un libro o conducir, mientras que la cognición reflexiva requiere un análisis más deliberativo, como se ve en la escritura. Norman enfatiza que el diseño tecnológico debe adaptarse a estas formas de procesamiento para maximizar la eficacia del sistema.

En relación a la cognición experiencial, se evaluarán los siguientes atributos:

- IMI comprensible, inclusiva y diversa: en museos de ciencia y tecnología, las IMI deben ofrecer una experiencia educativa para un público diverso en habilidades y bagaje cultural. La información debe ser clara e intuitiva, sin necesidad de procesos analíticos complejos. Las críticas hacia las IMI suelen surgir por la falta de comprensión de su funcionamiento o propósito. Es crucial que las IMI sean claras y educativas, permitiendo a los usuarios entender el contenido sin necesidad de conocimiento previo extenso. La efectividad de las IMI aumenta cuando los contenidos complementan otros elementos de la exposición, algo que enriquece la experiencia y ofrece un aprendizaje contextualizado único.
- IMI educativa: los profesionales de museos de ciencia y técnica de España revelaron escepticismo sobre la capacidad educativa de las IMI frente al atractivo lúdico digital.

Goulding (2000) resalta que las IMI deben mantener a los visitantes mentalmente activos e interesados. Esto sugiere una preferencia por dispositivos mecánicos no convencionales, que provocan mayor sorpresa y compromiso en comparación con tecnologías digitales comunes como las tabletas.

2.3. Ergonomía afectiva en relación a los atributos deseables en una IMI

La ergonomía afectiva se enfoca en el sistema emocional del usuario. Según Norman (2005), la tradición intelectual occidental tiende a separar emoción y cognición, viendo la emoción como algo más primitivo y la cognición como una función elevada y lógica. No obstante, se ha observado que seres vivos más evolucionados también tienen una mayor capacidad emocional. Investigaciones como las de Ashby, Isen y Turken (1999) y Fredrickson y Joyner (2002) han demostrado que un estado de ánimo positivo puede expandir la capacidad cognitiva y estimular la creatividad, mientras que situaciones de presión o alerta enfocan la atención en resolver problemas específicos. Estas dinámicas emocionales pueden combinarse para mejorar la actividad, creatividad y el estado de alerta de los usuarios de una IMI en museos.

Para integrar las emociones en el diseño de las IMI, se puede utilizar la clasificación del diseño emocional de Norman (2005), que abarca tres niveles: visceral, conductual y reflexivo. Cada nivel sugiere estrategias específicas de diseño: el visceral se enfoca en la apariencia estética, el conductual en la funcionalidad y placer de uso, y el reflexivo en el significado cultural y personal que el usuario atribuye al producto. Esto implica que una IMI debería ser visualmente atractiva, funcional y culturalmente significativa para ser efectiva.

Las características que contempla el diseño visceral son las siguientes:

- IMI Atractiva: según Norman (2005), el diseño visceral se enfoca en la apariencia, tacto y sonido del producto para evocar reacciones emocionales inmediatas. Para maximizar su efectividad, una IMI debe estimular los sentidos con elementos como sonido, textura y juegos de luces, provocando respuestas emocionales profundas.
- IMI Adecuada al Museo: la integración estética de la IMI en el entorno del museo es crucial (Stogner, 2016). Esto asegura que su diseño visual y escenográfico se alinee con la temática de la exposición, potenciando la experiencia del visitante a través de un efecto 'mágico'.
- IMI Divertida: la incorporación de juego y entretenimiento en las IMIs facilita un aprendizaje intuitivo y memorable. El disfrute emocional es un precursor del procesamiento reflexivo y cognitivo, esencial para el aprendizaje a corto y largo plazo (Ballantyne *et al.*, 2011; Falk *et al.*, 1998; Moreno y Ritchie, 2009; Packer y Ballantyne, 2004).
- IMI Inclusiva y Accesible: las IMI deben ser accesibles para usuarios de todas las edades y capacidades, democratizando el acceso al conocimiento. Además, deben permitir descansos mentales para combatir la "fatiga del museo" y optimizar el aprendizaje (Falk *et al.*, 1985). Esto mejora la experiencia del visitante y aumenta su capacidad de retención de información.

El diseño conductual evalúa que la IMI sea clara y sencilla. La satisfacción del visitante con las IMI mejora cuando se perciben como claras y fáciles de usar, permitiendo control y dominio durante la interacción. Es fundamental que las IMI ofrezcan una experiencia intuitiva con

respuestas inmediatas y sin necesidad de instrucciones detalladas. Las instituciones museísticas valoran la "sencillez", que elimina la dependencia del personal del museo, y la "claridad", que asegura una comprensión directa del propósito de la IMI y una comunicación efectiva de la información.

Norman (2005) destaca que el diseño reflexivo en los museos de ciencias debe evocar recuerdos personales y reforzar la identidad del visitante, alineándose con sus intereses previos y pasiones. Estos museos atraen a un público que valora el aprendizaje activo y la interacción social a través de experiencias *hands-on*, contrastando con las más introspectivas de los museos de arte.

Las IMI en estos contextos deben resonar con el perfil emocional y las expectativas de su audiencia, de forma que se vinculan las experiencias interactivas con recuerdos anteriores del visitante. Esto no solo enriquece la visita inmediata, sino que también amplifica su impacto educativo y emocional y crea memorias duraderas.

2.4. Ergonomía social en relación a los atributos deseables en una IMI

Este dominio de estudio revisado, modifica la categorización inicial de la IEA conocida como ergonomía de la organización, que se centra principalmente en la interacción, participación y colaboración de grupos de usuarios con un sistema establecido. En la nueva clasificación que se propone, se examinan las interacciones de distintos individuos dentro de un ambiente común, específicamente en el contexto museístico, donde los objetivos y trayectorias de los visitantes pueden intersectarse ocasionalmente. Este análisis incluye la utilización y disfrute colaborativo de las IMI y su impacto en las interacciones sociales entre los visitantes.

La ergonomía social de la IMI en museos es crucial para entender su impacto en las interacciones entre visitantes y entre estos y el museo, facilitando el aprendizaje colaborativo y gestionando la distribución de los visitantes. Investigaciones realizadas por Barriault y Pearson (2010), Clarke *et al.* (2021), Stocklmayer y Gilbert (2002) y Quiang *et al.* (2024), subrayan que las exposiciones que promueven la interacción social mejoran el compromiso y el aprendizaje.

No obstante, los profesionales del museo han notado que las IMI, especialmente aquellas que incorporan elementos de videojuegos intensivos, pueden aislar a los visitantes o distraerlos, lo que plantea desafíos para mantener un flujo óptimo de visitantes y una experiencia de calidad. Es fundamental evaluar críticamente las IMI para asegurar que se adecúen al contexto museístico y sean efectivas.

Además, estudios como los de Adams y Moussouri (2004), Falk y Storksdieck (2005) y Quiang *et al.* (2022), indican que diseñar exposiciones que faciliten la interacción social conduce a un mayor involucramiento y aprendizaje. Russell (2012) sugiere crear módulos que permitan el uso simultáneo por múltiples personas mientras que Hindmarsh *et al.* (2005) destacan la importancia de tecnologías avanzadas para mejorar la comunicación y el aprendizaje colectivo.

3. Aplicación del guion de evaluación sobre una IMI en un museo de ciencia y tecnología

Tras diseñar el guion de evaluación, se procedió a comprobar su efectividad para proporcionar datos valiosos al profesional del museo. El presente estudio se inscribe en la modalidad de

observación no participativa. Este enfoque se caracteriza por su efectividad en términos de costo y validez para el análisis conductual de los sujetos de manera rápida y válida.

3.1. Metodología para la aplicación del guion

La recolección de datos adoptó un formato narrativo descriptivo, alineado con el guion de evaluación, garantizando una clasificación adecuada desde el inicio. Se contó con un especialista en diseño de exposiciones para asegurar la precisión de los datos, utilizando la misma matriz durante la observación. La consistencia y fiabilidad se verificaron comparando observaciones y resolviendo discordancias de manera consensuada, de forma que se asegurase la uniformidad y exactitud de la información recopilada.

3.2. Descripción de la IMI seleccionada

La IMI "Instinto básico" se encuentra en el Museo Domus de A Coruña, componente de los Museos Científicos Coruñeses. Este museo, autoproclamado como el primer espacio interactivo dedicado completamente a la especie humana, integra esta IMI en su exposición permanente "Juego de neuronas. Piezas de la inteligencia humana", basada en la teoría de las inteligencias múltiples de Howard Gardner.

Inaugurada en 2013, la exposición permite a los visitantes interactuar y explorar distintas habilidades cognitivas y sensoriales como la música, la geometría y el dibujo a través de actividades interactivas. La IMI en cuestión consta de una columna vertical de 4 metros, con áreas accesibles para manipulación y visualización. Equipada con una pantalla digital táctil, permite a los usuarios dibujar utilizando colores primarios y experimentar con efectos visuales mediante un giro virtual del lienzo. Además, admite la interacción simultánea de múltiples usuarios y ofrece funciones adicionales como la captura de imágenes de las creaciones para su envío por correo electrónico, aunque esta última no estaba disponible durante las pruebas recientes.

Figura 1.

Módulo interactivo e interfaz de interacción.



Fuente: Elaboración propia (2024)

3.3. Valoración de la IMI mediante el guion de evaluación

La aplicación del guion de evaluación permite detectar las siguientes características:

Ergonomía física: la IMI se caracteriza por su accesibilidad universal, permitiendo la interacción de usuarios de todas las edades mediante una plataforma de interacción a una altura adecuada y módulos auxiliares para niños. Su diseño ergonómico, que no requiere habilidades motoras avanzadas, facilita la inclusión, aunque se identifican áreas de mejora en la adaptabilidad para necesidades específicas. La robustez de su construcción y el bajo mantenimiento requerido resaltan su durabilidad y seguridad.

Ergonomía cognitiva: la IMI fomenta una comprensión intuitiva y experiencial, aunque la efectividad en la transmisión de su objetivo conceptual –destacar la creatividad como un instinto esencial– es mejorable. La experiencia permite una conexión inmediata y significativa, sugiriéndose mejoras en la visibilidad de funciones como la exportación de imágenes para reforzar el aprendizaje continuo.

Ergonomía afectiva: en términos de diseño visceral, la IMI utiliza colores vibrantes y una pantalla interactiva que atrae y mantiene la atención. Su diseño conductual y reflexivo fomenta la creatividad y evoca experiencias emocionales, aunque se recomienda mejorar la claridad de las instrucciones y la visibilidad de opciones de interacción para optimizar el impacto emocional y educativo.

Ergonomía social: la IMI promueve la interacción y colaboración social mediante un diseño que facilita la participación colectiva visible para otros visitantes. Su capacidad para acomodar múltiples usuarios simultáneamente y su ubicación estratégica en el museo favorecen una experiencia compartida y fluida, algo que contribuye positivamente a la dinámica general del museo.

4. Resultados

En cuanto a ergonomía física, la IMI ofrece una serie de ventajas en su diseño físico en términos de accesibilidad, por lo que es apta para una amplia gama de edades y capacidades. Su capacidad para adaptarse a todas las formas de diversidad funcional es moderada, lo que señala una oportunidad de mejora. La robustez y seguridad son puntos fuertes, con medidas para proteger la instalación contra daños físicos y garantizar que la actividad física que promueve sea accesible para todos los usuarios. Sin embargo, existen contras significativos. Aunque promueve la actividad física y la interacción, la falta de vinculación con objetos tangibles o experimentos mecánicos dentro de la exposición sugiere que la experiencia podría enriquecerse mediante la integración de elementos que ofrezcan un contexto tangible. Además, aunque la tecnología utilizada en la IMI mejora la experiencia sin sobrepasarla, la evolución rápida de las tecnologías táctiles y de interacción podría hacer que la instalación pierda relevancia con el tiempo, a menos que se realicen actualizaciones para mantener su atractivo e innovación.

En el ámbito de la ergonomía cognitiva, IMI facilita el aprendizaje de conceptos complejos relacionados con la creatividad y su importancia para la supervivencia humana. Aunque intuitiva y capaz de involucrar a los usuarios en una experiencia creativa y artística, enfrenta desafíos en la comunicación efectiva de su objetivo conceptual. Se recomienda mejorar la visibilidad y accesibilidad de la información para reforzar la conexión entre las actividades de

la IMI y los objetivos educativos. La inclusión de elementos interactivos que representen explícitamente el tema podría enriquecer la experiencia educativa, con el fin de hacerla más comprensible y relevante para todos los usuarios.

La IMI emplea métodos familiares como la pintura, lo que facilita una conexión intuitiva con la creatividad y la hace accesible para personas de todas las edades. Sin embargo, su capacidad de mantener el interés de los adultos podría incrementarse mediante la incorporación de elementos colaborativos y educativos más complejos.

La IMI logra un equilibrio eficaz entre el contenido educativo y la innovación tecnológica a partir del uso del juego como medio para el aprendizaje. Aunque forma parte de una exposición más amplia sobre las inteligencias múltiples según Howard Gardner, su enfoque en la creatividad como una inteligencia esencial se ve potenciado por la interacción con otros módulos de la exposición. La experiencia con la IMI no requiere conocimientos previos, permitiendo que visitantes con diversos niveles de conocimiento y experiencia participen fácilmente.

En el ámbito de la ergonomía afectiva, la evaluación de la IMI revela una apariencia atractiva que crea un ambiente dinámico y visualmente estimulante que atrae tanto a niños como a adultos. La instalación incluye una amplia pantalla horizontal con una paleta de colores brillantes, lo que facilita la integración en sesiones de dibujo en curso y promueve un ambiente de colaboración y continuidad.

La capacidad de girar la pantalla añade un elemento de movimiento que capta la atención de los visitantes. Se sugiere implementar una funcionalidad que active automáticamente dibujos de la galería en movimiento tras periodos de inactividad, para mantener el interés visual incluso sin interacción directa. Este diseño se integra bien con la temática de la sala y mantiene la coherencia visual sin generar distracciones, aunque podría beneficiarse de innovaciones adicionales para aumentar su atractivo.

La evaluación del diseño conductual revela un desajuste entre la intención de diseño original y el comportamiento real de los usuarios. Aunque se esperaba que los visitantes giraran el lienzo antes de pintar para crear patrones psicodélicos, la mayoría prefiere pintar directamente. Esto sugiere que los recipientes de pintura y el lienzo en blanco son más atractivos visualmente que la instrucción de girar el lienzo, que es menos visible.

La comprensión de las acciones necesarias para interactuar con la IMI es baja, ya que los usuarios no siguen el proceso diseñado debido a la presentación visual subordinada del mecanismo de rotación y a la instrucción no intuitiva para aplicar el color. Esta barrera inicial puede generar frustración, aunque la capacidad para discernir las acciones posibles mejora una vez superado el obstáculo inicial. La IMI es intuitiva gracias a la metáfora basada en experiencias reales, aunque presenta problemas en la ejecución de las acciones. La opción de "Ayuda", con un vídeo explicativo, ofrece un recurso valioso para aliviar la confusión inicial.

En términos de diseño reflexivo, la IMI logra conectar con experiencias y recuerdos culturales previos, ofreciendo una experiencia de pintura directa y táctil que remite a la infancia. Además, enriquece la visita al permitir que los usuarios se lleven un recuerdo de su creación por correo electrónico, aumentando la satisfacción y el valor de la experiencia.

La evaluación de la ergonomía social de la IMI destaca su capacidad para fomentar la interacción y colaboración entre los visitantes, además de mejorar la fluidez del recorrido por el museo.

La IMI, con una pared de material transparente a una altura accesible, permite a adultos y niños observar y participar cómodamente en el proceso artístico. Esto invita a la participación colectiva y permite que hasta cuatro personas trabajen juntas. La colaboración mejora el resultado final y estimula la interacción social, especialmente entre niños.

La ubicación estratégica de la IMI facilita un recorrido más fluido en el museo, actuando como punto de encuentro y gestionando los tiempos de espera para otras instalaciones y evita congestiones. La flexibilidad en el tiempo de uso permite a los visitantes determinar la duración de su interacción según su interés, haciendo la visita más rica, dinámica y socialmente enriquecedora.

5. Discusión

El estudio aborda importantes aspectos de la integración de las IMI en museos de ciencia y tecnología, lo que restringe la generalización del guion desarrollado a otros contextos museísticos, como los museos de arte. Esta especificidad limita la aplicabilidad de los resultados a otros tipos de museos, señalando una veta de oportunidad para futuras investigaciones que podrían ampliar la comprensión de las diferencias entre enfoques museológicos en la integración de tecnologías interactivas.

El guion de evaluación se diseñó para ser interpretado por profesionales del museo, quienes son responsables de adaptar la experiencia interactiva a partir de los hallazgos evaluativos. Estos resultados, según el contexto específico del museo, como su tamaño y recursos, pueden variar considerablemente, indicando en algunos casos la adecuación de las IMI y, en otros, la necesidad de ajustes. Este enfoque de evaluación flexible y contextual responde a las observaciones de Maye *et al.* (2014), quienes destacaron cómo las diferencias en los recursos de los museos influían significativamente en la gestión e interacción con dispositivos digitales interactivos.

Además, el diseño del guion busca eficiencia y discreción en la recogida de datos para evitar perturbar la dinámica habitual del museo y mitigar el efecto Hawthorne, donde la conciencia de ser observados podría influir en el comportamiento de los visitantes (Adair, 1984). Aunque el proceso de aplicación del guion es rápido y sencillo, es crucial reconocer que cualquier estudio observacional está sujeto a estas y otras variables inherentes que pueden afectar la objetividad y exactitud de los resultados obtenidos.

6. Conclusiones

El guion de evaluación, desarrollado desde la perspectiva del profesional del museo, se ha establecido como un instrumento diagnóstico efectivo que logra un equilibrio entre eficiencia y accesibilidad. Esta herramienta permite realizar evaluaciones sin necesitar inversiones significativas de tiempo o recursos financieros, y ha probado su utilidad para identificar áreas críticas de mejora. Estas áreas, si no se abordan adecuadamente, podrían afectar negativamente tanto la eficacia pedagógica como la experiencia general del visitante en el museo.

La capacidad del guion para destacar "puntos calientes" que necesitan intervención rápida permite a los profesionales del patrimonio cultural priorizar las acciones correctivas eficazmente. Esto asegura que las IMI no solo alcancen sus objetivos educativos, sino que también contribuyan positivamente a la experiencia museística del visitante.

La implementación de este guion resalta la importancia de adoptar una gestión proactiva del patrimonio cultural en el contexto actual, marcado por la prevalencia digital. Al promover prácticas que optimizan la experiencia del visitante y protegen la integridad y sostenibilidad económica de las instituciones museísticas, el guion propicia una evolución positiva en la manera en que se manejan los desafíos específicos enfrentados por los profesionales del patrimonio digital.

Al proporcionar un marco estructurado de evaluación que refleja con precisión las necesidades y desafíos de los profesionales en el sector, la herramienta de evaluación actúa como un catalizador para el desarrollo sostenible de experiencias interactivas. Estas experiencias están diseñadas para enriquecer tanto el aprendizaje como el compromiso del visitante, fundamentales para la evolución futura de las instituciones museísticas en la era digital.

El guion de evaluación para las IMI en museos facilita una comprensión profunda de los requisitos operativos y educativos dentro del contexto museístico, permitiendo intervenciones precisas y oportunas que mejoran significativamente la calidad de la experiencia educativa y recreativa ofrecida a los visitantes. Este enfoque no solo refuerza la relevancia de las prácticas museísticas contemporáneas, sino que también asegura su adaptabilidad y resiliencia en un entorno cada vez más digitalizado. Con este marco, los museos están mejor equipados para enfrentar los retos futuros, asegurando que la tecnología y la educación continúen avanzando de manera conjunta hacia la creación de un espacio inclusivo y enriquecedor para todos los públicos.

7. Referencias

- Adair, J. (1984). The Hawthorne effect: A reconsideration of the methodological artifact. *Journal of Applied Psychology*, 69(2), 334-345. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.69.2.334>
- Adams, M., Luke, J. y Moussouri, T. (2004). Interactivity: Moving Beyond Terminology. *Curator: The Museum Journal*, 47(2), 155-170. <https://doi.org/10.1111/j.2151-6952.2004.tb00115.x>
- Allen, S. (2004). Designs for learning: Studying science museum exhibits that do more than entertain. *Science Education*, 88(S1), S17-S33. <https://doi.org/10.1002/sc.20016>
- Allen, S. y Gutwill, J. (2004). Designing with multiple interactives: Five common pitfalls. *Curator: The Museum Journal*, 47(2), 199-212. <https://doi.org/10.1111/j.2151-6952.2004.tb00117.x>
- Ashby, F. G. y Isen, A. M. (1999). A neuropsychological theory of positive affect and its influence on cognition. *Psychological Review*, 106(3), 529. <https://bit.ly/3LcMd6a>
- Ballantyne, R., Packer, J. y Falk, J. (2011). Visitors' learning for environmental sustainability: Testing short-and long-term impacts of wildlife tourism experiences using structural equation modelling. *Tourism Management*, 32(6), 1243-1252. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2010.11.003>
- Barriault, C. y Pearson, D. (2010). Assessing exhibits for learning in science centers: A practical tool. *Visitor Studies*, 13(1), 90-106. <https://doi.org/10.1080/10645571003618824>
- Ciolfi, L. y Petrelli, D. (2015, junio 27). Studying a community of volunteers at a historic cemetery to inspire interaction concepts [conferencia]. Proceedings of the 7th

- International Conference on Communities and Technologies, 139-148.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:18981084>
- Clarke, L., Hornecker, E. y Ruthven, I. (2021, mayo 07). Fighting fires and powering steam locomotives: Distribution of control and its role in social interaction at tangible interactive museum exhibits [conferencia]. 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1-17. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445534>
- Falk, J. H., Koran Jr, J. J., Dierking, L. D. y Dreblow, L. (1985). Predicting visitor behavior. *Curator: The Museum Journal*, 28(4), 249-258.
<https://doi.org/10.1111/j.2151-6952.1985.tb01753.x>
- Falk, J. H., Moussouri, T. y Coulson, D. (1998). The effect of visitors 'agendas on museum learning. *Curator: The Museum Journal*, 41(2), 107-120.
<https://doi.org/10.1111/j.2151-6952.1998.tb00822.x>
- Fredrickson, B. L. y Joiner, T. (2002). Positive emotions trigger upward spirals toward emotional well-being. *Psychological Science*, 13(2), 172-175.
<https://doi.org/10.1111/1467-9280.00431>
- Goulding, C. (2000). The museum environment and the visitor experience. *European Journal of Marketing*, 34(3/4), 261-278. <https://doi.org/10.1108/03090560010311849>
- Granollers i Saltiveri, T., Lorés Vidal, J. y Cañas Delgado, J. J. (2005). *Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario*. UOC.
- Hartson, R. (2003). Cognitive, physical, sensory, and functional affordances in interaction design. *Behaviour & Information Technology*, 22(5), 315-338.
<https://doi.org/10.1080/01449290310001592587>
- Heath, C. y Vom Lehn, D. (2002). Interactive Learning in Museums of Art and Design.
- Hindmarsh, J., Heath, C., Vom Lehn, D. y Cleverly, J. (2005). Creating Assemblies in Public Environments: Social Interaction, Interactive Exhibits and CSCW. *Computer Supported Cooperative Work*, 14(1), 1-41. <https://doi.org/10.1007/s10606-004-1814-8>
- Lyons, L., Tissenbaum, M., Berland, M., Eydt, R., Wielgus, L. y Mechtley, A. (2015, junio). Designing visible engineering: supporting tinkering performances in museums [conferencia]. 14th International Conference on Interaction Design and Children, 49-58.
- Marini, C. y Agostino, D. (2022). Humanized museums? How digital technologies become relational tools. *Museum Management and Curatorship*, 37(6), 598-615.
<https://doi.org/10.1080/09647775.2021.1969677>
- Maye, L. A., McDermott, F. E., Ciolfi, L. y Avram, G. (2014, octubre 26). Interactive exhibitions design: what can we learn from cultural heritage professionals? [conferencia]. 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational, 598-607.
<https://doi.org/10.1145/2639189.2639259>
- Mihura-López, R. (2024). *Instalaciones interactivas digitales en museos: un marco para la evaluación desde la perspectiva del profesional del patrimonio cultural*. (Tesis Doctoral). Universidade da Coruña, A Coruña. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/2183/37643>

- Moreno Gil, S. y Ritchie, J. B. (2009). Understanding the museum image formation process: A comparison of residents and tourists. *Journal of Travel Research*, 47(4), 480-493. <https://doi.org/10.1177/0047287508326510>
- Norman, D. (2014). *Things that make us smart: Defending human attributes in the age of the machine*. Diversion Books.
- Norman, D. A. (2005). *El Diseño Emocional: Por qué nos gustan [o no] los objetos cotidianos*. Editorial Paidós.
- Pekarik, A. J. (2002). *Developing interactive exhibitions at the Smithsonian*. Smithsonian Institution, Office of Policy and Analysis. <https://repository.si.edu/handle/10088/17241>
- Pheasant, S. y Haslegrave, C. M. (2018). *Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work*. CRC press. <https://doi.org/10.1201/9781315375212>
- Quiang, L., Jingjing, W. y Tian, L. (2022). Evaluating Interactive Digital Exhibit Characteristics in Science Museums and Their Effects on Child Engagement. *International Journal of Human-computer Interaction*, 1-12. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2126584>
- Romanelli, M. (2020). Museums and technology for value creation. *Technology and Creativity: Production, Mediation and Evaluation in the Digital Age*, 181-210. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-17566-5>
- Russell, R. (2012). Designing Exhibits for the Experience. *Dimensions*, 25. <https://bit.ly/3RSukxa>
- Shneiderman, B. y Pleasant, C. (2006, mayo 23). Strategies for evaluating information visualization tools: multi-dimensional in-depth long-term case studies [conferencia]. Proceedings of the 2006 AVI Workshop on BEyond Time and Errors: Novel Evaluation Methods for Information Visualization, 1-7. <https://doi.org/10.1145/1168149.11681>
- Stocklmayer, S. y Gilbert, J. K. (2002). New experiences and old knowledge: towards a model for the personal awareness of science and technology. *International Journal of Science Education*, 24(8), 835-858. <https://doi.org/10.1080/09500690210126775>
- Stogner, M. B. (2009). The Media-enhanced museum experience: Debating the use of media technology in cultural exhibitions. *Curator: The Museum Journal*, 52(4), 385-397. <https://doi.org/10.1111/j.2151-6952.2009.tb00360.x>
- The International Ergonomics Association. (2024, 04 de julio). What Is Ergonomics (HFE)? International Ergonomics and Human Factors Association. <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>
- Thomas, S. y Mintz, A. (1998). *Virtual and the Real: Media in the Museum*. American Association of Museums.
- Tilley, A. R. (2001). *The measure of man and woman: human factors in design*. John Wiley & Sons.

CONTRIBUCIONES DE AUTORES/AS, FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Contribuciones de los autores:

Conceptualización: Mihura López, Rocío **Validación:** Mihura López, Rocío **Análisis formal:** Mihura López, Rocío **Curación de datos:** Mihura López, Rocío **Redacción-Preparación del borrador original:** Mihura López, Rocío **Redacción-Re- visión y Edición:** Mihura López, Rocío; Hernández Ibáñez, Luis **Visualización:** Mihura López, Rocío; Hernández Ibáñez, Luis **Supervisión:** Mihura López, Rocío; Hernández Ibáñez, Luis **Administración de proyectos:** Mihura López, Rocío; Hernández Ibáñez, Luis. **Todos los/as autores/as han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito:** Mihura López, Rocío; Hernández Ibáñez, Luis.

Financiación: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

AUTORES:**Rocío Mihura López**

Universidade da Coruña, España.

Licenciada en Bellas Artes, máster en Creación y Comunicación Digital, doctora con una tesis centrada en usabilidad para instalaciones digitales interactivas en museos desde la perspectiva del profesional del patrimonio cultural. Investigadora en VidealAB (Laboratorio de Visualización Avanzada en Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de A Coruña), donde ha participado en proyectos relacionados con el patrimonio cultural y la visualización digital avanzada. Su experiencia investigadora se centra en el diseño y optimización de dispositivos interactivos en contextos patrimoniales, abordando tanto los criterios de usabilidad como las necesidades específicas de los profesionales de museos.

rocio.mihura@udc.es

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-4740-5828>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55578883100>

Teresa Piñeiro Otero

Universidade da Coruña, España.

Teresa Piñeiro-Otero es Profesora Titular del Área de Comunicación Audiovisual y Publicidad en la Universidade da Coruña. Doctora en Comunicación por la Universidad de Vigo, ha orientado su investigación a la comunicación digital y a las nuevas narrativas multimedia. Sobre este ámbito ha desarrollado numerosas publicaciones en revistas y monografías de impacto, además de estancias en centros de investigación de la Universidade de Aveiro, Universidade do Minho y Universidade de Porto (Portugal) y Universidad de Buenos Aires (Argentina).

teresa.pineiro@udc.es

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-6414-2700>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197791252>

Luis Hernández Ibáñez

Universidade da Coruña, España.

Luis A. Hernández Ibáñez: Dr. Arquitecto. Profesor Titular (Universidad de A Coruña). IP del Grupo de Visualización Avanzada VidealAB. Investigador en museística y patrimonio virtual, creación digital interactiva, interfaces naturales y realidad extendida.

luis.hernandez@udc.es

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-2957-4783>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55511555400>