Latinova
Revista Multidisciplinaria de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación.
Difundiendo conocimiento para transformar el futuro de América Latina

Vol. Esp. 3 N°6. LATINOVA, 1-14

Desarrollo de un prototipo de aplicación móvil con realidad aumentada para mejorar la experiencia de visita al Museo Histórico y de Armas del Morro de Arica

Development of a mobile application prototype with augmented reality to improve the visiting experience at the Museo Histórico y de Armas del Morro de Arica

Dis. Axel Bastián Patiño Mamani
axelpa2000@hotmail.com
Facultad de Administración y Economía, Escuela de Diseño e Innovación Tecnológica, Universidad de Tarapacá, Arica – Chile.

Dis. Daniela Noemí Espinosa Lagos
daniela.noemi.e98@gmail.com
Facultad de Administración y Economía, Escuela de Diseño e Innovación Tecnológica, Universidad de Tarapacá, Arica – Chile.

Dis. Dereck Leonidas Cañipa Gutierrez
deckerdc97@gmail.com
Facultad de Administración y Economía, Escuela de Diseño e Innovación Tecnológica, Universidad de Tarapacá, Arica – Chile.

Dis. Gonzalo Patricio Yañez Alvarez
g0nzal01234562@gmail.com
Facultad de Administración y Economía, Escuela de Diseño e Innovación Tecnológica, Universidad de Tarapacá, Arica – Chile.

Dr. Vagner de Sousa Beserra
vbeserra@academicos.uta.cl
Facultad de Administración y Economía, Escuela de Diseño e Innovación Tecnológica, Universidad de Tarapacá, Arica – Chile.
https://orcid.org/0000-0001-6775-5748

Cita APA 7th edición:
Patiño Mamani, A. B., Espinosa Lagos, D. N., Cañipa Gutierrez, D. L., Yañez Alvarez, G. P., & de Sousa Beserra, V. (2026). Desarrollo de un prototipo de aplicación móvil con realidad aumentada para mejorar la experiencia de visita al Museo Histórico y de Armas del Morro de Arica. *Latinova*, 3(6), 1–14.

Recibido: 15 septiembre 2026 | Aceptado: 2 octubre 2026 | **Publicado: 29 octubre 2026**

Abstract
Museums constantly seek strategies to renew the visitor's interest, and mobile technologies have been incorporated into that purpose. This research aimed to develop a mobile application with augmented reality for objects of the Museo Histórico y de Armas del Morro de Arica in order to improve the visitor's experience. A projectual methodology intentionally composed of thirteen steps was applied, integrating six steps from Munari's projectual methodology, five from García et al.'s methodology for the development of educational multimedia software, and two from Domingo Loro's methodology for 3D rendering. The process included a photographic survey at the museum, the analysis of seven museum websites, the selection of eight objects, the design of the visual identity system and of the markers, 3D modelling and texturing, and development in Unity with Vuforia. An Android prototype was obtained that recognises eight physical markers and projects the corresponding 3D models together with a brief historical summary. Due to difficulties with

Vol. Esp. 3 N°6. LATINOVA, 1-14

advanced programming in Unity and limited time, not all the planned sections were completed, which prevented on-site verification of the improvement in the visiting experience.

Keywords: augmented reality, app, museum, cultural heritage, Unity

Resumen

Los museos buscan de forma permanente estrategias que renueven el interés del visitante, y las tecnologías móviles se han incorporado a ese propósito. Esta investigación tuvo por objetivo elaborar una aplicación móvil con realidad aumentada de objetos del Museo Histórico y de Armas del Morro de Arica que mejorara la experiencia del visitante. Se aplicó una metodología proyectual compuesta intencionalmente por trece pasos, que integró seis pasos de la metodología proyectual de Munari, cinco de la metodología para el desarrollo de software multimedia educativo de García et al. y dos de la metodología para la realización de render 3D de Domingo Loro. El proceso incluyó una visita de registro fotográfico al museo, el análisis de siete sitios web museísticos, la selección de ocho objetos, el diseño del sistema de identidad y de los marcadores, el modelado y texturizado 3D, y el desarrollo en Unity con Vuforia. Se obtuvo un prototipo Android que reconoce ocho marcadores físicos y proyecta los modelos 3D correspondientes junto a un resumen histórico. Por dificultades de programación avanzada en Unity y tiempo limitado no se completaron todas las secciones previstas, lo que impidió verificar en terreno la mejora de la experiencia de visita.

Palabras clave: realidad aumentada, app, museo, patrimonio cultural, Unity

---

1. Introducción

El museo constituye una institución sin ánimo de lucro, permanente y al servicio de la sociedad, cuya labor consiste en investigar, conservar, interpretar y exhibir el patrimonio material e inmaterial (Consejo Internacional de Museos [ICOM], 2022). Esa definición institucional convive con una dimensión social que resulta igualmente determinante, pues el museo opera como un espacio de reunión donde las personas conversan, aprenden y profundizan en su propia identidad cultural (Borghi y Serrano, 2020). En consecuencia, la institución museística ha dejado de entenderse únicamente como un depósito destinado a la conservación de obras y se ha desplazado hacia lugares que invitan al visitante a enriquecerse del patrimonio, desplazamiento que explica el aumento sostenido tanto de la cantidad de museos como de su relevancia social (Robles, 2017). Esta doble condición de custodia y mediación, es la que sitúa la experiencia del visitante en el centro del problema de diseño que aborda este artículo.

Ahora bien, sostener esa función mediadora exige una renovación permanente, dado que un museo comienza a cumplir mal sus funciones cuando se estanca en un estándar invariable, situación especialmente crítica en instituciones pequeñas que deben buscar de manera constante nuevas estrategias para atraer la atención del público (Fernández, 2014). En la misma línea, la función fundamental del museo consiste en lograr que los visitantes sientan interés y emoción al observar una obra, en un contexto donde la satisfacción del público se ha convertido en un factor crítico de éxito para estas instituciones (Villegas Pacheco, 2020). Cuando esa renovación no ocurre, la ausencia de nuevos elementos o de actualización a estándares contemporáneos puede llegar a aburrir tanto al visitante habitual como al esporádico, de modo que la información expuesta pierde la posibilidad de ser comprendida y retenida durante la propia visita (Martin et al., 2021).

Vol. Esp. 3 N°6. LATINOVA, 1-14

El problema se agrava porque los museos, en la mayoría de las ocasiones, no se comunican mediante métodos cercanos a la sociedad actual, lo que dificulta el consumo de la información que buscan transmitir (Borghi y Serrano, 2020) y puede derivar en desinterés y en problemas de aprendizaje en las generaciones presentes y futuras (Robles, 2017). Frente a ello, las tecnologías digitales han abierto nuevas formas de interactuar y aprender con las exposiciones, ampliando y renovando las experiencias de visita (Martin et al., 2021; Villegas Pacheco, 2020). El avance tecnológico permite, además, elaborar recreaciones digitales a partir del análisis de una pieza histórica (Peralta, 2021) y ofrecer un recorrido alternativo que deja intacta la exposición original, de manera que el individuo escoge entre ambas modalidades (Robles, 2017). Entre esas alternativas, la realidad aumentada (RA) resulta particularmente pertinente, puesto que genera ambientes mixtos de aprendizaje que enriquecen y potencian la experiencia (Moreno et al., 2017), en un escenario marcado por el apego de los usuarios a los teléfonos móviles (Conde, 2020).

Este marco general adquiere una forma concreta en el Museo Histórico y de Armas del Morro de Arica. La institución dispone de una aplicación de RA previa, desarrollada por Multiverse LTDA (2019), que genera una interacción animada con cuadros dispuestos como marcadores y emplea actores reales en la proyección; sin embargo, los elementos intervenidos son limitados y la información que presenta sobre el Asalto y Toma del Morro de Arica resulta insuficiente para describir dicho evento. La oportunidad desaprovechada es evidente si se considera que una ventaja de la RA reside en que el entorno rico en información no se altera, sino que se amplía con conocimientos que retroalimentan la escena que se pretende representar (Arreguin, 2014), lo que permitiría que las piezas exhibidas en vitrinas adquirieran un nuevo uso y pudieran analizarse con libertad. De esta constatación se desprende la pregunta que guía la investigación: ¿cómo el uso de la RA durante el recorrido del Museo Histórico y de Armas del Morro de Arica mejora la experiencia del visitante? El objetivo general consistió en elaborar una App con RA de objetos de dicho museo que mejorara la experiencia del visitante, y los objetivos específicos fueron analizar los aspectos del uso de la RA en museos, recopilar información sobre la institución, identificar los objetos susceptibles de ser intervenidos, diseñar y desarrollar la App con RA de los objetos identificados, y recopilar y evaluar la experiencia del visitante durante su recorrido.

2. Revisión Literaria

2.1 El museo como espacio de mediación del patrimonio

La comprensión del museo como institución que investiga, conserva, interpreta y exhibe el patrimonio material e inmaterial (Consejo Internacional de Museos [ICOM], 2022) se completa al reconocer que su valor no se agota en la custodia de objetos, sino que reside en su condición de lugar de encuentro social, dotado de un valor cultural capaz de definir la identidad del territorio en el que se emplaza (Borghi y Serrano, 2020). Desde esta perspectiva, el museo se constituye además en una instancia clave para la gestión del patrimonio (Licuime et al., 2019), articulando la conservación material con una función formativa que, con el paso del tiempo, ha adquirido creciente peso dentro de la sociedad (Robles, 2017). Esta articulación entre custodia y mediación resulta decisiva para el presente estudio, porque define el marco en el que una intervención tecnológica puede legitimarse: no como sustitución de la exhibición, sino como ampliación de su capacidad comunicativa.

El concepto de patrimonio sobre el que descansa esa función ha tenido, no obstante, un carácter marcadamente polisémico, en la medida en que distintos investigadores y organizaciones han intentado formular una definición capaz de globalizar los aspectos que componen la identidad cultural de un país y su comunidad (Ortega, 2018). La categorización en patrimonio cultural y patrimonio natural, junto con el reconocimiento de lugares del planeta como patrimonio común de la humanidad, extiende lo cultural más allá de objetos, monumentos y exposiciones, para incorporar costumbres, festividades y prácticas (UNESCO, 2021). Esa ampliación resulta congruente con la caracterización del patrimonio como conjunto

Vol. Esp. 3 N°6. LATINOVA, 1-14

de expresiones materiales o inmateriales creadas por los seres humanos, que transfieren un valor personal y adquieren un carácter simbólico para la memoria del lugar (Sánchez Ferri, 2016). La consecuencia es doble: el patrimonio opera como reflejo de los valores de una sociedad y, por lo mismo, esos valores se pierden a causa del desinterés social, lo que afecta directamente al propio patrimonio (Licuime et al., 2019).

Si el desinterés erosiona el patrimonio, la calidad de la experiencia de visita deja de ser un asunto accesorio. En esa dirección, el conservador debe alejarse de la experiencia tradicional del museo y ensayar nuevos métodos, atendiendo a las exigencias de la ciudadanía y situándolas en el centro de los intereses museológicos (Hereza, 2006). La sociedad actual, caracterizada por cambios constantes, obliga a las instituciones a recurrir cada vez más a estrategias múltiples y diferentes para satisfacer simultáneamente sus propias necesidades y las de sus visitantes, en un escenario donde los museos dependen económicamente de la aceptación del público para obtener reconocimiento (Villegas Pacheco, 2020). Dicha presión refuerza la necesidad de incorporar procedimientos didácticos que capturen la atención, puesto que la información comprendida durante la visita se almacena en la memoria con mayor facilidad, sobre todo en quienes acuden por primera vez (Martin et al., 2021).

2.2 La realidad aumentada como recurso de mediación

La RA puede entenderse como una tecnología que permite interactuar, a través del dispositivo móvil, con un objeto virtual entrelazado en el mundo real (Rey y Quijano, 2020). A esa definición operativa se suma una lectura pedagógica, según la cual la RA genera ambientes mixtos de aprendizaje al combinar elementos virtuales con la realidad, enriqueciendo, complementando, ampliando y potenciando tanto la experiencia como las posibilidades de aprendizaje (Moreno et al., 2017). El vínculo entre ambas caracterizaciones es directo para el ámbito museístico: la tecnología aumenta la información que puede entregarse del objeto y facilita el proceso de visualización para el espectador, al tiempo que el modelado 3D habilita la interacción con el modelo en pantallas táctiles y la visualización de animaciones acompañadas de sonido, con lo que el visitante se involucra más en la obra (Martin et al., 2021).

El funcionamiento de la RA en contextos expositivos descansa habitualmente en marcadores, entendidos como imágenes que contienen información codificada y están destinadas a ser escaneadas por el dispositivo móvil, de modo que un dibujo impreso permite proyectar el modelo o la animación tridimensional mediante la cámara (Arreguin, 2014). La pertinencia de este recurso se refuerza por el comportamiento contemporáneo de los usuarios, fuertemente apegados al uso de los teléfonos móviles, cambio que puede llevar a que los museos no consigan atraer el interés del visitante hacia las exposiciones ni entregar la información que la institución custodia (Conde, 2020). A ello se añade que el avance tecnológico permite elaborar recreaciones digitales a partir del análisis de una pieza histórica (Peralta, 2021) y que la alternativa digital de recorrido deja intacta la exposición original, dando espacio a que el individuo escoja entre las dos modalidades (Robles, 2017).

2.3 Antecedentes de aplicaciones de realidad aumentada en instituciones patrimoniales

Existen antecedentes concretos de implementación de RA en instituciones históricas orientados a difundir el turismo cultural. Rey y Quijano (2020), con la finalidad de que estudiantes de la Universidad Autónoma de Bucaramanga conocieran la historia del museo situado en la propia institución, recrearon nueve objetos arquitectónicos que, escaneados mediante la App "UGuane", suministran información sobre el objeto; los resultados de una encuesta de satisfacción confirmaron que el recurso constituyó un buen medio interactivo para acoger la información entregada. En un registro territorialmente más próximo, la App "Sariri" busca difundir la cultura Chinchorro recreando sus costumbres, desde la caza hasta el proceso de momificación, para enriquecer la visita a las Cuevas de Anzota, en la Región de Arica y Parinacota, mediante dos marcadores dispuestos en el recorrido que permiten visualizar animaciones tridimensionales, además de un marcador de prueba disponible en su sitio web que invita a vivir la experiencia desde el propio hogar (Qiri, 2020).

Latinova
Revista Multidisciplinaria de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación.
Difundiendo conocimiento para transformar el futuro de América Latina

Vol. Esp. 3 N°6. LATINOVA, 1-14

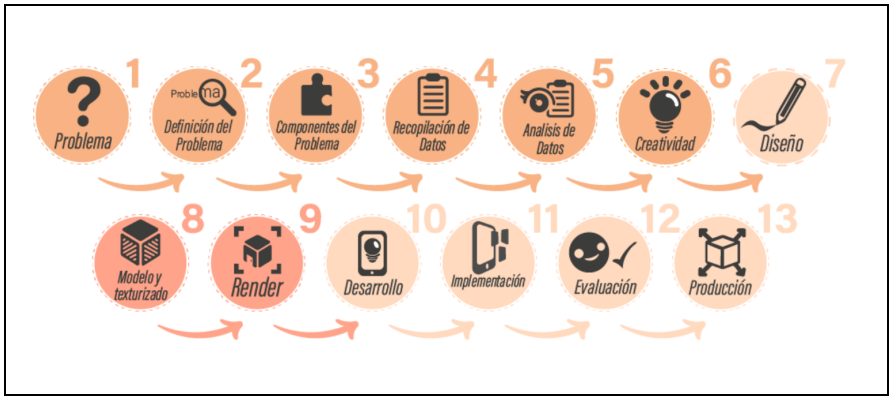
En la misma ciudad, Calderón et al. (2019) desarrollaron una App de RA para promover y conservar el patrimonio de Arica, tomando como caso la Catedral de San Marcos, para lo cual generaron un tour virtual en el que se observa de fondo el pasillo principal del templo y sus alrededores; la encuesta de satisfacción aplicada reveló que el 84% de los encuestados mostró mayor interés en el espacio intervenido con la tecnología. El antecedente más directo, sin embargo, es la App "Museo AR", proyecto desarrollado por Multiverse LTDA (2019) para el Museo Histórico y de Armas del Morro de Arica, que genera una interacción animada con cuadros dispuestos como marcadores y emplea actores reales en la proyección, produciendo un efecto que inserta al visitante en la temática del museo. Su alcance, no obstante, es acotado: los elementos intervenidos son limitados y la información presentada sobre el Asalto y Toma del Morro de Arica resulta insuficiente para describir dicho evento.

El conjunto de estos antecedentes permite delimitar con precisión el vacío que motiva el estudio. Por una parte, la RA constituye una propuesta de interés para el visitante, dado que el entorno rico en información no se altera y, en su lugar, se amplía con conocimientos que retroalimentan la escena representada, lo que otorga a las exposiciones dispuestas en vitrinas un nuevo uso a través de los marcadores y permite analizar los objetos con libertad (Arreguin, 2014). Por otra, las experiencias revisadas validan su recepción mediante instrumentos de satisfacción aplicados a los usuarios (Calderón et al., 2019; Rey y Quijano, 2020), lo que establece un estándar de verificación para este tipo de propuestas. Pese al aporte que significa la implementación tecnológica, el Museo Histórico y de Armas del Morro de Arica no ha puesto en práctica una propuesta de este tipo que aborde las exhibiciones en sí mismas, carencia que define el objeto de la intervención proyectual descrita a continuación.

3. Metodología

La investigación se inscribe en una lógica proyectual propia del diseño multimedia, orientada a la obtención de un producto digital antes que a la contrastación estadística de hipótesis. Para el desarrollo del producto se compuso intencionalmente una metodología de trabajo de trece pasos (ver Figura 1), articulada a partir de tres fuentes metodológicas complementarias: los seis primeros pasos de la Metodología Proyectual de Bruno Munari (Munari, 2016), el paso de Diseño de la Metodología para el Desarrollo de Software Multimedia Educativo (García et al., 2016), los dos pasos intermediarios de la Metodología para la Realización de Render 3D (Domingo Loro 3D, s.f.) y, finalmente, los últimos pasos de García et al. (2016). La secuencia resultante quedó ordenada del siguiente modo: problema, definición del problema, componentes del problema, recopilación de datos, análisis de datos y creatividad; diseño; modelado y texturizado, y render; desarrollo, implementación, verificación y producción. Los dos primeros pasos, correspondientes al planteamiento y la delimitación del problema, fueron desarrollados en el capítulo inicial del estudio, por lo que el procedimiento proyectual propiamente tal se inicia en el tercero.

Figura 1. Metodología Munari



Vol. Esp. 3 N°6. LATINOVA, 1-14

La elección de esta composición responde a la naturaleza del producto perseguido. Los seis primeros pasos de la metodología proyectual permitieron generar la idea precisa del problema que se requería solucionar, en tanto describen dónde surge el problema de diseño, definen el elemento que se dispone a resolver, proyectan los subproblemas particulares que subyacen a él, recopilan la información necesaria como referencia fundamental, examinan los datos para conocer las soluciones anteriores y sus posibles falencias, y elaboran la solución con la totalidad de la información previa (Munari, 2016). El paso de Diseño aportó el esquema completo del software multimedia, con el cual se elaboró la imagen corporativa, los marcadores de RA y la dimensión estética de la aplicación; los dos pasos intermediarios de renderización permitieron desarrollar los modelos tridimensionales con nivel de realismo y exactitud de forma eficaz; y los pasos finales cubrieron la generación de interfaces e incorporación de elementos multimedia, la asignación de una función a cada elemento, la prueba del software para la búsqueda de errores y la generación de la versión final junto con la información para su distribución (García et al., 2016).

3.1 Componentes del problema

El tercer paso consistió en descomponer la pregunta de investigación en subproblemas operativos, formulados como seis subpreguntas: qué objetos del museo se emplearán; qué paleta de colores utilizará; qué programas se ocuparán para el desarrollo del producto; qué funciones tendrá; cuáles serán los elementos del icono; y cuál será la extensión de la información a exponer. Estas preguntas no se resolvieron de manera simultánea, sino que fueron respondiéndose conforme avanzaba la metodología, de modo que cada paso posterior cerró uno o más de estos frentes. Este encadenamiento constituye el criterio que ordena la presentación de los resultados, puesto que cada decisión de diseño se justifica por la subpregunta que resuelve y no por preferencias estéticas aisladas.

3.2 Recopilación y análisis de datos

Los pasos cuarto y quinto se abordaron de manera integrada, dado que la utilidad de cada elemento recopilado solo podía establecerse en el mismo movimiento de su análisis. El procedimiento comprendió el examen de sitios web vinculados al ámbito museístico y la búsqueda de información sobre el Museo Histórico y de Armas del Morro de Arica, junto con una visita presencial a la institución en la que se registraron fotográficamente casi todas las exposiciones disponibles. Cabe precisar que no se obtuvo acceso al interior de las vitrinas, por lo que se aprovecharon al máximo los ángulos que cada una permitía, restricción que condicionó tanto la selección posterior de piezas como el trabajo de modelado. La selección de objetos se realizó ponderando tres criterios explícitos: la dificultad del modelado tridimensional, la información disponible sobre cada objeto y su importancia en la historia que se pretendía relatar. Para determinar los materiales de cada pieza, las imágenes seleccionadas se analizaron con la herramienta Google Lens (2022), buscando información del material a partir de fotografías similares con el fin de lograr la mayor fidelidad posible respecto del objeto original.

La definición cromática se abordó bajo la premisa de que la selección de colores resulta fundamental porque otorga personalidad al producto (Álvarez Lara, 2011), lo que hizo necesaria una indagación sobre las paletas empleadas en los sitios web de museos relacionados con la historia. Paralelamente, la elección de herramientas se resolvió mediante una comparación sistemática de alternativas en cada frente productivo: tres programas para el modelado tridimensional, dos para el texturizado, dos plataformas para el desarrollo de la aplicación y tres soluciones para la implementación de la función de RA. En cada caso se describieron las características principales de cada opción y se optó por aquella cuyas prestaciones se ajustaban a las capacidades del equipo y a las exigencias del proyecto, criterio que resulta coherente con el hecho de que la aplicación debía ser desarrollada por diseñadores sin conocimiento avanzado de programación.

Vol. Esp. 3 N°6. LATINOVA, 1-14

3.3 Procedimientos de producción, verificación y producción final

Los pasos séptimos a decimotercero configuraron la cadena de producción digital. El diseño del icono, los marcadores y la interfaz se ejecutó en Adobe Illustrator; el modelado y el mapeado UV, en Autodesk Maya; el texturizado y los renders de revisión, en Adobe Substance 3D Painter; y la construcción, implementación y exportación de la aplicación, en Unity con el complemento Vuforia. La verificación se realizó sobre el prototipo ya construido y consistió en la búsqueda sistemática de errores funcionales y de diseño; frente a cada error detectado se aplicó la corrección correspondiente y se repitió el procedimiento hasta no encontrar nuevos fallos, momento en el cual se procedió a la producción de la versión final. Corresponde señalar que el estudio no contempló población ni muestra, muestreo, instrumento aplicado a usuarios, validación de instrumentos, software de análisis de datos ni permisos éticos, por cuanto la evaluación de la experiencia del visitante en terreno (quinto objetivo específico) no llegó a ejecutarse, tal como se detalla en los apartados siguientes.

4. Resultados

4.1 Antecedentes documentales y selección de objetos

El análisis documental arrojó siete sitios web relevantes. Los dos primeros, correspondientes al Ministerio de Defensa Nacional y a la plataforma turística Partamos, entregan información breve sobre el Museo Histórico y de Armas del Morro de Arica; de manera inesperada, el sitio de registro de museos de Chile no contaba con información de la institución. Los restantes corresponden a museos semejantes (el Museo Corbeta Esmeralda de Iquique, el Museo Domingo de Toro Herrera y el Museo San Miguel de Azapa), que en sus sitios aportan información de cada obra y despliegan herramientas como recorridos en 360°, trivias y tours virtuales, generando un espacio de aprendizaje y acercamiento con el visitante. A ello se suma que el museo estudiado no cuenta con sitio web propio, a diferencia de esas instituciones análogas. Este hallazgo documenta una carencia comunicacional previa a cualquier intervención tecnológica y refuerza la pertinencia del objetivo general.

Durante la visita se constató, además, que la aplicación Museo AR cuenta con dos exposiciones relacionadas con los soldados involucrados en el Asalto y Toma del Morro de Arica y que, en ambas, entrega un análisis reducido del acontecimiento, desaprovechando la oportunidad de presentar la información que custodia la institución. Del conjunto de exposiciones registradas fotográficamente se seleccionaron ocho objetos, decisión con la que quedó resuelta la primera subpregunta del estudio. La cifra no responde a un criterio de exhaustividad sino de viabilidad: se ponderó la complejidad del modelado, la información disponible de cada pieza y su peso en el relato histórico, de modo que el conjunto resultante pudiera sostener una narrativa coherente sobre el episodio sin exceder la capacidad técnica del equipo. Esta delimitación es la que permite responder parcialmente la pregunta de investigación, puesto que circunscribe la mejora de la experiencia a un recorrido acotado y verificable de ocho estaciones.

4.2 Sistema de identidad y marcadores de realidad aumentada

La segunda subpregunta se resolvió constatando que las paletas de los museos que exponen patrimonio vinculado al ejército emplean colores asociados a la historia y la guerra, esto es, tonos cálidos, con la excepción del Museo Corbeta Esmeralda, que ocupa un azul marino por su relación de dependencia con la Armada de Chile. En consecuencia, se adoptaron las tonalidades principales del sitio web del Ejército de Chile (s.f.) (#631312, #CA9E10, #D9391D y #5C5B5C), considerando su relación directa con el museo y el valor histórico de las exposiciones. Dado que una aplicación de RA se despliega en tres entornos de diseño (el icono, los marcadores y la interfaz), se definió una paleta para cada uno, aplicando leves modificaciones de tono para otorgar versatilidad y adaptarse al visitante juvenil: la interfaz quedó con nueve tonalidades, entre ellas #F1895E, #C06216 y #691816; el logotipo con #D1892A y #691816; y los marcadores con #CAA10C, #691816, #AB1925 y #C07A50. La derivación cromática desde la institución

Vol. Esp. 3 N°6. LATINOVA, 1-14

tutelar vincula el producto con el referente patrimonial que interpreta, lo que atiende la dimensión identitaria que el objetivo general supone.

El nombre del producto surgió de una lluvia de ideas que combinó las siglas en inglés de "Augmented Reality" con la ciudad de Arica, dando lugar a "AR-ica". Para el icono se generaron dos propuestas: una centrada en el logotipo, con tipografía Avenir Next LT Pro, las letras "AR" resaltadas a mayor tamaño por ser la funcionalidad principal del producto, fondo con degradado monocromático y radios de borde de 250 px para hacerlo más amigable; y otra centrada en la arquitectura, construida a partir de un símbolo de la fachada del museo con un sombreado de líneas paralelas a -45°. Se optó por la propuesta del logotipo, por representar el proyecto y conformar la marca con la que los visitantes reconocerán el producto, resolviendo así la quinta subpregunta. Los marcadores se trazaron en vista frontal a partir de una fotografía de cada objeto, se colorearon en dorado con bordes blancos sobre un fondo en degradado de rojo burdeos y se les incorporó la información del proyecto, su número y los logos institucionales; las ocho mesas de trabajo se exportaron en .jpg a resolución media de 150 ppp para su uso en Vuforia e impresión. El resultado articula una identidad reconocible con un soporte físico apto para el recorrido, condición necesaria para que la mediación tecnológica ocurra dentro del propio museo.

4.3 Interfaz y arquitectura de navegación

La interfaz se estructuró a partir de un mapa de funcionalidades y se construyó en un documento de 1080 x 1920 px, resolución estándar en este tipo de producto. Se emplearon las tipografías Baltore para los títulos, por su peso, y Product Sans para los textos, por su buena visibilidad en dispositivos móviles. Los botones adoptaron bordes levemente redondeados para un aspecto moderno, salvo los de Orientación, Explora el entorno y los marcadores del Mapa, donde se estableció una forma circular por resultar más representativa. La signografía siguió un criterio de reconocimiento inmediato: signos sencillos en el menú principal, el signo de cámara en Explora el entorno por su asociación con fotografiar el modelo tridimensional, y en el Mapa signos conocidos por el público como entrada, salida de emergencia y subterráneo. Esta coherencia entre signo y propósito sostiene la usabilidad que el objetivo general exige, dado que el visitante debe operar la aplicación mientras recorre físicamente el museo.

Los fondos incorporaron una fotografía de la fachada del museo en la cabecera, y casi todas las pantallas recibieron un tono sepia asociado a la antigüedad, con excepción de la sección Acerca (El museo), cuyos márgenes adoptan la silueta del Morro de Arica; el cuerpo se resolvió en blanco para otorgar limpieza y simplicidad. Se elaboró una barra de progreso ubicada en Galería, resaltada en amarillo y con un contador de ocho de ocho objetos, concebida como incentivo para la búsqueda de marcadores, y se diseñaron un cuadro de guía rápida visible por un corto tiempo y recuperable desde el botón de ayuda, además de una animación de uso táctil para la manipulación del modelo. Respecto del mapa del museo, la búsqueda en Internet y la consulta a los militares de guardia no arrojaron referencias visuales, por lo que se elaboró uno propio ubicando los objetos de cada exposición. Estos recursos traducen el propósito declarado de incentivar el recorrido completo, aunque su efecto sobre la experiencia no pudo comprobarse empíricamente.

4.4 Modelado, texturizado y renderización

El modelado se ejecutó en Autodesk Maya, programa escogido por su interfaz intuitiva y su amplia gama de efectos y herramientas frente a las alternativas evaluadas (Autodesk, 2022). El proceso partió incorporando al espacio de trabajo las fotografías obtenidas en la recopilación de datos y se inició desde formas geométricas básicas, cubo, cilindro y esfera, sobre las que se aplicaron herramientas de deformación de vértices, edges y caras para recrear cada exposición, utilizando las imágenes importadas como referencia de proporciones, curvas y deformaciones. A continuación, se realizó el mapeado UV, fundamental para texturizar con escalas óptimas sin que las texturas se vieran deformadas en la proyección, mediante la creación automática de un mapa y la unión de cada edge con la herramienta Stitch

Vol. Esp. 3 N°6. LATINOVA, 1-14

Together, lo que evitó discontinuidades. La dependencia del registro fotográfico en lugar del acceso directo a las piezas explica el alcance alcanzado en fidelidad, aspecto directamente ligado al objetivo específico de identificar e intervenir los objetos del museo.

El texturizado se realizó en Adobe Substance 3D Painter, seleccionado por su curva de aprendizaje, sus herramientas inteligentes y su modo de trabajo por capas (Adobe, 2022). Cada modelo se exportó en formato .obj y se importó bajo el flujo de trabajo PBR-Metallic Roughness, que permitió el ahorro de memoria al exportar los mapas, con una resolución de documento de 4096 px destinada a revisar en detalle los ajustes durante el trabajo, configuración que exigió un equipo de prestaciones adecuadas. Se emplearon la herramienta Height para incorporar relieves, las máscaras de capa para eliminar porciones de textura no correspondientes al modelo y la herramienta Roughness para ajustar el brillo, procedimiento repetido en cada uno de los ocho objetos. Finalizado el texturizado, se generó un render de revisión por modelo que permitió apreciar los efectos aplicados y posibles fallos, y las texturas se exportaron separadas en mapas .png según la característica otorgada. El resultado constituye el insumo tridimensional que hace posible la proyección aumentada perseguida por el estudio.

4.5 Desarrollo e implementación de la aplicación

El desarrollo se realizó en Unity, elegido por su amplio número de herramientas y aplicaciones complementarias y por su comunidad en línea de intercambio de soluciones (Unity, 2022a), mientras que la función de RA se implementó con Vuforia, por su compatibilidad con Unity, su soporte para el reconocimiento de distintos tipos de marcadores y sus opciones de seguimiento y visualización. Con ello quedó resuelta la tercera subpregunta del estudio. Se creó un proyecto tridimensional con configuración de plataforma Android y se instaló el complemento correspondiente, incorporando el elemento ARCamera, encargado de reconocer los marcadores y desplegar durante la ejecución los modelos con sus texturas. Se creó una cuenta en el sitio de Vuforia (Vuforia, 2022) para generar la base de datos de marcadores y se ingresó la llave de licencia en las propiedades de ARCamera. La interfaz se construyó con elementos Canvas escalados según el tamaño de pantalla, lo que produjo un diseño responsivo automático.

Las pantallas se construyeron por capas separadas de fondo, botones y texto, criterio que facilita la reproducción en dispositivos de distintos tamaños, y todas permanecieron ocultas salvo la principal, decisión que mejoró el rendimiento de la aplicación. La funcionalidad se asignó vinculando cada botón, mediante la sección OnClick, a la función SetActive de la pantalla correspondiente, procedimiento replicado en cada vista para que la pantalla visible fuera siempre la prevista según el botón pulsado. La RA se incorporó situando en el elemento Image Target el marcador a reconocer, que opera a la vez como referencia de proyección y seguimiento, y colocando el modelo sobre él en posición acostada, de modo que pudiera escanearse de frente, bajo una jerarquía que subordina el modelo al marcador y este a la cámara. En este paso se resolvió la sexta subpregunta, al concluir que la RA debe contar con información reducida para que el visitante interiorice el contenido con mayor rapidez, criterio que vincula directamente la solución técnica con la mejora de la experiencia planteada como objetivo.

4.6 Verificación y estado final del prototipo

La verificación sobre el prototipo detectó dos errores relevantes. El primero se relacionó con el modo en que Vuforia identificaba los distintos marcadores al desplegar los objetos, lo que llevaba a que un marcador proyectara un objeto no correspondiente; la solución consistió en generar dos versiones de cada marcador, una despojada de todos los elementos genéricos antes de subirse a la base de datos y otra que los conserva para que el visitante pueda identificarlo y escanearlo. El segundo se originó en la opción de visualización extendida, que mantiene visible el modelo aunque la cámara pierda el marcador, y se resolvió cambiando el tipo de seguimiento de Extended Tracked a Tracked. Se ejecutaron también correcciones menores en las posiciones de los botones, el tamaño de las tipografías y el redimensionamiento de algunos símbolos. Tras cada corrección se repitió la verificación hasta no detectar

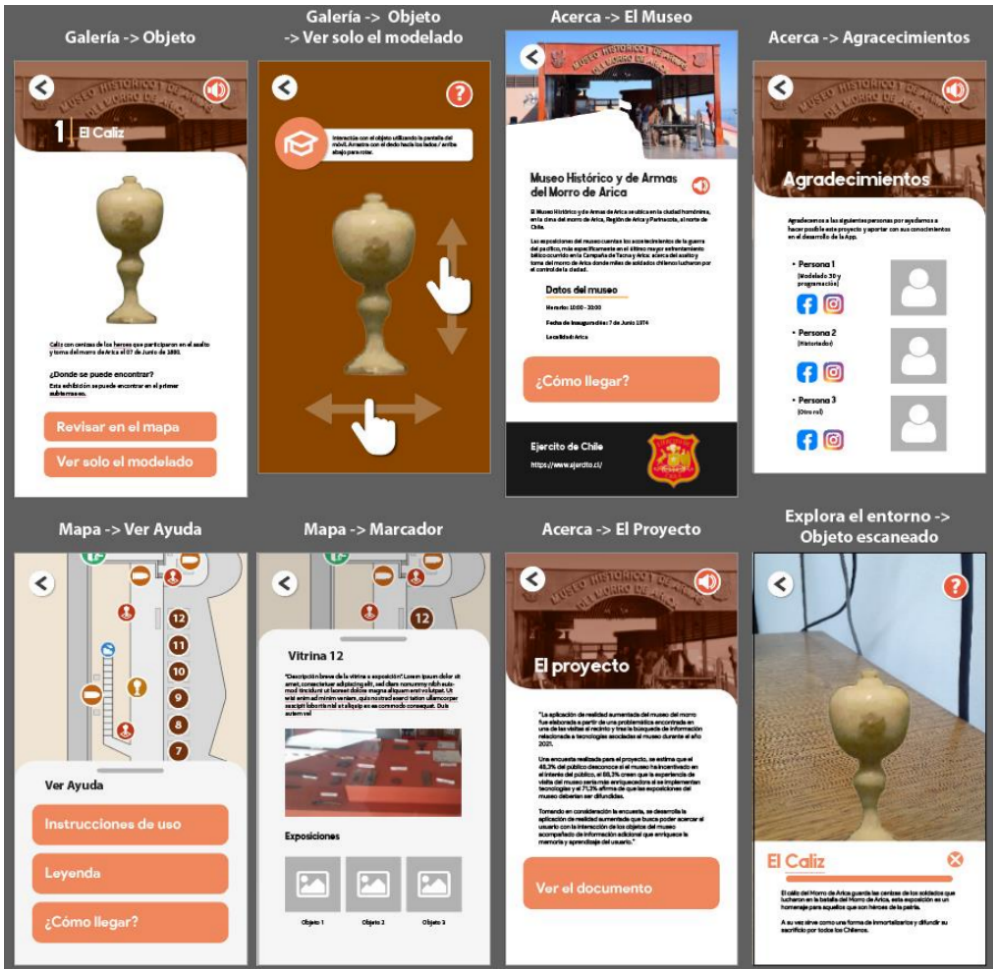
Latinova
Revista Multidisciplinaria de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación.
Difundiendo conocimiento para transformar el futuro de América Latina

Vol. Esp. 3 N°6. LATINOVA, 1-14

nuevos fallos, procedimiento que asegura la consistencia funcional mínima exigible a un prototipo destinado a operar dentro del recorrido museal.

El producto final se exportó desde Unity con los datos de identidad de la aplicación, generando un archivo .apk en su versión 1.0, disponible en un repositorio en línea, con la advertencia de que puede no funcionar en todos los dispositivos dado su estado de prototipo. El resultado alcanzado es, en consecuencia, una aplicación que reconoce ocho marcadores físicos y proyecta los modelos tridimensionales de los objetos históricos correspondientes acompañados de un breve resumen de información histórica (ver Figura 2). No obstante, por la falta de conocimientos avanzados de programación y el tiempo disponible, el desarrollo no se completó: el prototipo no dispone del mapa interactivo, ni de la barra de progreso, ni de la funcionalidad de cambio de idioma que se habían previsto en la definición funcional, y tampoco del sistema de logros ni de la galería según se consigna en las conclusiones del estudio. Esta condición incompleta impidió llevar a cabo la verificación en terreno de la mejora en la experiencia de visita, de modo que el quinto objetivo específico y, con él, la respuesta práctica a la pregunta de investigación quedó pendiente.

Figura 2. Producto final



Vol. Esp. 3 N°6. LATINOVA, 1-14

5. Discusión

El contraste más directo se establece con la propuesta previa implementada en la misma institución. La aplicación Museo AR (Multiverse LTDA, 2019) opera sobre cuadros dispuestos como marcadores y emplea actores reales, pero interviene un conjunto limitado de elementos y entrega una información insuficiente para describir el Asalto y Toma del Morro de Arica; el prototipo aquí descrito coincide con ella en el recurso técnico (marcadores impresos leídos por la cámara del dispositivo) y difiere en el objeto intervenido y en su alcance, al desplazar la mediación desde las representaciones pictóricas hacia ocho piezas del acervo exhibido. Esa diferencia se apoya en el argumento de Arreguin (2014), según el cual la ventaja de la RA consiste en que el entorno rico en información no se altera sino que se amplía con conocimientos que retroalimentan la escena, de modo que las exposiciones dispuestas en vitrinas adquieren un nuevo uso y pueden analizarse con libertad. El resultado obtenido confirma la viabilidad técnica de ese planteamiento en un museo donde el acceso físico a las piezas está restringido.

Frente a los antecedentes que sí completaron su ciclo de validación, la comparación resulta desfavorable en un punto decisivo. Rey y Quijano (2020) recrearon nueve objetos arquitectónicos y verificaron mediante una encuesta de satisfacción que el recurso constituía un buen medio interactivo para acoger la información entregada, mientras que Calderón et al. (2019) reportaron que el 84% de los encuestados mostró mayor interés en el espacio intervenido con tecnología. El presente estudio coincide con ambos en la estrategia de diseño (modelos tridimensionales asociados a marcadores y acompañados de información contextual) y difiere en que no alcanzó la etapa de verificación con visitantes, por lo que la mejora de la experiencia permanece como una expectativa fundada en la literatura y no como un hallazgo propio. Esta asimetría delimita con precisión el estatus del aporte: un prototipo funcional con ocho estaciones, no una evidencia de efecto.

La decisión de operar con información reducida dentro de la experiencia aumentada admite lectura a la luz de dos referentes. Martin et al. (2021) sostienen que la tecnología aumenta la información que puede entregarse del objeto y facilita su visualización, y que el modelado tridimensional permite interactuar con el modelo en pantallas táctiles, involucrando más al visitante en la obra; los mismos autores señalan que la información comprendida durante la visita se almacena con mayor facilidad cuando median procedimientos didácticos, especialmente en quienes acuden por primera vez. La resolución adoptada coincide con ese planteamiento al priorizar la comprensión rápida por sobre la exhaustividad del contenido. Difiere, en cambio, del énfasis de Robles (2017) en la coexistencia de modalidades: aquí la alternativa digital no reemplaza el recorrido tradicional ni altera la exposición original, pero tampoco alcanzó a ofrecer el conjunto completo de rutas de navegación previstas, al no desarrollarse el mapa interactivo.

Finalmente, los hallazgos documentales del estudio dialogan con la discusión sobre la renovación museística. La constatación de que la institución carece de sitio web propio y de que los repositorios consultados ofrecen información escasa sobre ella resulta consistente con la advertencia de Fernández (2014) acerca de que un museo comienza a cumplir mal sus funciones cuando se estanca en un estándar invariable, y con la observación de Villegas Pacheco (2020) sobre la dependencia económica de los museos respecto de la aceptación del visitante, que los obliga a responder a sus necesidades para sostener su reconocimiento. A ello se suma el diagnóstico de Conde (2020) respecto del apego de los usuarios a los teléfonos móviles, que vuelve razonable canalizar la mediación por esa vía. El prototipo coincide con estas lecturas al proponer un canal de información ampliada del que la institución carecía, aunque su condición inconclusa impide afirmar que dicha carencia haya sido efectivamente subsanada.

6. Conclusiones y limitaciones

El estudio se propuso elaborar una aplicación con RA de objetos del Museo Histórico y de Armas del Morro de Arica que mejorara la experiencia del visitante, para lo cual se empleó una metodología de creación y desarrollo compuesta por trece pasos, resultantes de una selección intencional de seis pasos

Vol. Esp. 3 N°6. LATINOVA, 1-14

de la metodología proyectual de Munari (2016), cinco pasos de la metodología para el desarrollo de software multimedia educativo de García et al. (2016) y dos pasos de la metodología para la realización de render 3D de Domingo Loro 3D (s.f.), ordenados según la problemática abordada. Como resultado se logró desarrollar una aplicación con RA que escanea ocho marcadores y proyecta los respectivos modelos tridimensionales de objetos históricos del museo, acompañados de un breve resumen de información histórica.

El producto, sin embargo, no alcanzó un estado final de desarrollo por dos factores. El primero fue la escasa información recopilada sobre los objetos presentes en las exposiciones: se esperaba contar con la colaboración de un historiador, colaboración que no llegó a concretarse al no disponerse de un producto terminado. El segundo fueron las dificultades enfrentadas durante la etapa de desarrollo, concentradas específicamente en los procesos internos de programación en Unity; si bien algunas se resolvieron durante la verificación, hubo apartados que no se lograron desarrollar por falta de tiempo o por dificultades de programación. Quedaron así fuera del prototipo el mapa interactivo, la galería y el sistema de logros, y esta última carencia impidió la verificación en terreno de la mejora en la experiencia de visita, con lo que el quinto objetivo específico no pudo cumplirse.

7. Investigaciones futuras

Queda como trabajo futuro desarrollar las secciones faltantes, lo que permitiría que el museo habilite dicho recurso y enriquezca las visitas mediante un producto novedoso. Resulta asimismo relevante desarrollar un instrumento que permita cuantificar y cualificar las visitas mediadas tecnológicamente; al respecto se propone integrar una encuesta de satisfacción al interior de la aplicación junto con una versión física comparable en el propio museo, recursos que en conjunto permitirían analizar las distintas experiencias de visita y su eventual relación con segmentos específicos del público visitante. Se plantea además incorporar un minijuego de preguntas que permita al visitante profundizar los conocimientos entregados por la aplicación, así como un sistema para tomar fotografías con los modelos tridimensionales del museo y compartirlas en redes sociales, recursos que probablemente mejorarían tanto la experiencia de visita como la visibilidad y la función principal de la institución.

8. Referencias

Adobe. (2022). *Adobe Substance 3D Painter. Paint in 3D. In real time*. Adobe. https://www.adobe.com/products/substance3d-painter.html

Álvarez Lara, O. (2011). Influencia del color en las preferencias de los consumidores. *Revista Observatorio Calasanz, 2*(4), 228–246. https://ideas.repec.org/a/ucc/reveco/num_4_feb_2011_003.html

Arreguin, J. F. (2014). *Realidad aumentada, análisis y aplicaciones* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma del Estado de México. http://hdl.handle.net/20.500.11799/59266

Autodesk. (2022). *Software Maya | Consulta los precios y compra Maya 2023 oficial*. Autodesk. https://latinoamerica.autodesk.com/products/maya/overview

Borghi, B. & Serrano M. C. (2020). ¿Realmente entendemos y aprendemos en las visitas a los museos? La realidad desde Bolonia, Italia. *Revista de investigación en didáctica de las ciencias sociales*, (6), 144–160. https://revista-reidics.unex.es/index.php/reidics/article/view/1884

Vol. Esp. 3 N°6. LATINOVA, 1-14

Calderón, P., Challapa, J., & Gathica, C. (2019). *Conservación y difusión del patrimonio regional con el uso de la realidad aumentada, mediante un tour virtual, tomando como caso la Catedral San Marcos* [Tesis de licenciatura, Universidad de Tarapacá]. Universidad de Tarapacá.

Conde, M. (2020). Nuevas tecnologías y difusión del turismo cultural: descubriendo a Goya con realidad aumentada. *Rotur, Revista de Ocio y Turismo, 14*(1), 82–93. https://doi.org/10.17979/rotur.2020.14.1.5945

Consejo Internacional de Museos [ICOM]. (2022, 24 de agosto). *El ICOM aprueba una nueva definición de museo*. International Council of Museums. https://icom.museum/es/news/el-icom-aprueba-una-nueva-definicion-de-museo/

Domingo Loro 3D. (s.f.). *Metodología de trabajo para la realización de renders y arquitectura 3D realizados con infografía 3D*. domingoloro3D. https://www.domingoloro.com/3d-infografia/metodologia-trabajo

Ejército de Chile. (s.f.). *Siempre vencedor, jamás vencido*. Ejército de Chile. https://www.ejercito.cl/

Fernández, E. (2014, 1 de diciembre). *Museos y su Función Social*. EVE Museos e Innovación. https://evemuseografia.com/2014/12/10/museos-y-su-funcion-social/

García-Sanchez, E., Vite Chavez, O., Navarrate Sánchez, M. A., García Sánchez, M. A. & Torres Cosio, V. (2016). Metodología para el desarrollo de software multimedia educativo MEDESME. *CPU-e. Revista de Investigación Educativa*, (23). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-53082016000200216&lng=es&tlng=es

Google Lens. (2022). *Busca lo que ves*. Google Lens. https://lens.google/intl/es-419/

Hereza L, P. (2006). La gestión de la calidad en los Museos. *Revista MUSEO, 11*, 179–188. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2772490

Licuime, L. A., Gänger, S., Meirovich, S., Núñez, G. P., & Polanco, G. (2019). *Historia, museos y patrimonio*. Servicio Nacional del Patrimonio Cultural. https://www.investigacion.patrimoniocultural.gob.cl/publicaciones/historia-museos-y-patrimonio-discursos-representaciones-y-practicas-de-un-campo-en

Martin, M., Pedersoli, C., Romanut, L. M. & Pereyra, J. M. (2021). Enriquecer las visitas al Museo de Ciencias: tecnologías para mediar. *Mediaciones en entornos virtuales* (pp. 89–108). Universidad de Guadalajara. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120618

Moreno, N. M., Leiva, J. J., Galván, M. C., López, E. & García, F. J. (2017). Realidad aumentada y realidad virtual para la enseñanza aprendizaje del inglés desde un enfoque comunicativo e intercultural. En J. Ruiz Palmero, J. Sánchez-Rodríguez y E. Sánchez-Rivas (Eds.), *Innovación docente y uso de las TIC en educación*. UMA Editorial. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6225053

Vol. Esp. 3 N°6. LATINOVA, 1-14

Multiverse LTDA. (2019). *Museo AR | Multiverse*. https://multiverse.cl/museo-ar/

Munari, B. (2016). *¿Cómo nacen los objetos?* (2ª ed.). Editorial Gustavo Gili, SL. https://editorialgg.com/media/catalog/product/9/7/9788425228650_inside.pdf

Ortega, J. (2018). Una aproximación al concepto de identidad cultural a partir de experiencias: el patrimonio y la educación. *Tabanque. Revista Pedagógica, 31*, 244–262. https://doi.org/10.24197/trp.31.2018.244-262

Peralta, C. M. L. B. (2021). Museos virtuales y experiencias de formación. *Indisciplinar los museos*, 82. https://www.unirioeditora.com.ar/wp-content/uploads/2021/08/978-987-688-446-4.pdf

Qiri. (2020). *Inicio - Sariri - Cultura Chinchorro y Realidad Aumentada*. Sariri. https://www.qiri.cl/sariri/

Rey, C. & Quijano, M. (2020). *Implementación de un sistema de realidad aumentada (AR) con Unity que permita obtener información sobre artefactos históricos del Museo Guane de la UNAB, utilizando reconocimiento de imágenes* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Bucaramanga]. Repositorio Universidad Autónoma de Bucaramanga. http://hdl.handle.net/20.500.12749/14329

Robles, A. (2017). *La importancia del museo en la educación. Un binomio en continua evolución*. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6025035

Sánchez Ferri, A. (2016). *Memoria, identidad y comunidad: Evaluación de programas de educación patrimonial en la Comunidad de Madrid* [Tesis doctoral, Universidad de Valladolid]. Universidad de Valladolid Repositorio Documental. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6810130

Unesco. (2021). *Patrimonio Cultural*. Unesco. https://es.unesco.org/fieldoffice/santiago/cultura/patrimonio

Unity. (2022a). *Comunidad*. Unity. https://unity.com/es/community

Villegas Pacheco, J. L. J. (2020). *Realidad Aumentada en los museos: Una revisión sistemática de la literatura* [Bachillerato, Universidad Peruana Unión]. Repositorio de tesis Universidad Peruana Unión. http://hdl.handle.net/20.500.12840/3439

Vuforia. (2022). *Vuforia Engine 10.10 is Available!*. Vuforia. https://developer.vuforia.com/