

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Desarrollo de una versión mejorada de la aplicación móvil para potenciar el
turismo en la zona arqueológica Real Alto

TECH-341

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Ciencias de la Computación

Presentado por:

David Francisco Yáñez López

Marco Steven Del Rosario Carrasco

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Agradecimientos

A mis padres y hermanos, quienes estuvieron en esta travesía que ahora llega a su fin y nunca dejaron de empujarme para no rendirme, sin ellos no sería quien soy hoy.

A mis más grandes amigas, Daniela M. y Doménica L., gracias infinitas por estar en cada momento de estudio y noches de desvelo para lograr esta gran meta.

A demás amigos y familiares, presentes y que ya no se encuentran conmigo... Este trabajo va dedicado a todos ustedes.

Marco S. Del Rosario C.

Agradecimientos

A mis familiares y amigos más cercanos
que a través de su incondicional apoyo
me ayudaron a superar los obstáculos que
se presentaron durante este largo camino.

David Francisco Yáñez López.

Declaración Expresa

Nosotros, Marco Steven Del Rosario Carrasco y David Francisco Yáñez López, acordamos y reconocemos que la titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, información no divulgada y cualquier otro derecho o tipo de Propiedad Intelectual que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada durante el desarrollo de su trabajo de titulación, incluyendo cualquier derecho de participación de beneficios o de valor sobre titularidad de derechos, pertenecerán de forma total, perpetua, exclusiva e indivisible a LA ESPOL, sin limitación de ningún tipo. Se deja además expresa constancia de que lo aquí establecido constituye un “previo acuerdo”, así como de ser posible bajo la normativa vigente de transferencia o cesión a favor de la ESPOL de todo derecho o porcentaje de titularidad que pueda existir.

Sin perjuicio de lo anterior, los alumnos firmantes reciben en este acto una licencia de uso gratuita e intransferible de plazo indefinido para el uso no comercial de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada durante el trabajo de titulación, sin perjuicio de lo que deberán contar con una autorización previa de la ESPOL para difundir públicamente el contenido de la investigación, desarrollo tecnológico o invención.

Así también autorizamos a que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra o invento, para promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual.

Guayaquil, 30 de enero del 2024.

Marco S. Del Rosario C.

Marco Steven Del
Rosario Carrasco

David F. Yáñez L.

David Francisco Yáñez
López

Evaluadores

Digitally signed
by LUCIA
MARISOL
VILLACRES
FALCONI
Date:
2024.02.15
21:56:19 -05'00'

Ph. D. Lucía Marisol Villacrés

Profesor de Materia

MSc. David Jurado Mosquera

Tutor de proyecto

INDICE

Evaluadores	5
Resumen.....	8
abstract	9
Capítulo 1	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del Problema	3
1.3 Justificación del Problema	4
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Marco teórico	6
1.5.1 Sobre los museos	6
1.5.2 Sobre el Complejo Cultural Real Alto	7
1.5.3 Tecnologías de la información	8
1.5.3.1 La Realidad aumentada.....	8
1.5.4 Realidad Aumentada en museos	9
1.5.5 Flutter	11
1.5.5.4 Realidad Aumentada con Flutter.....	11
1.5.5.5 Escaneo QR	12
1.5.5.6 Text2Speech.....	12
Capítulo 2.....	13
2.1 Análisis.....	14
2.2 Requerimientos	15
2.2.1 Requerimientos Funcionales	15
2.2.2 Requerimientos no Funcionales	15
2.3 Visita al centro arqueológico	16

2.4	Desarrollo del prototipo	17
2.4.1	Aplicación Final	18
2.5	Software.....	21
2.6	Diagramas.....	22
2.6.1	Diagrama de Actividades.....	22
2.6.2	Diagrama de Casos de uso	23
2.6.3	Diagrama de Lógica	24
Capítulo 3.....		26
3.1	Resultados y analisis	27
3.2	Pruebas del aplicativo	27
3.2.1	Pruebas de campo	27
3.2.2	Pruebas con visitantes.....	27
3.3	Resultados	28
3.4	Costos.....	28
3.4.1	Costos de desarrollo.....	28
3.4.2	Modelo de negocio	29
Capítulo 4.....		30
4.1	Conclusiones y recomendaciones.....	31
4.1.1	Conclusiones	31
4.1.2	Recomendaciones.....	31
Referencias		33

RESUMEN

El Centro Arqueológico Real Alto, ubicado en Pechiche – Santa Elena, representa un enclave arqueológico de notable relevancia tanto histórica como cultural. Este conjunto arquitectónico es testimonio de las grandes civilizaciones de la antigüedad como lo es Valdivia, sociedad precolombina que pobló la costa ecuatoriana entre los años 3500 y 1500 AC. El sitio no goza de amplia notoriedad entre el público y su enfoque tradicional de exposiciones no genera suficiente interés entre los visitantes. Se puso en marcha una aplicación móvil con Realidad Aumentada desarrollada en Unity, que integra librerías ARCore y AR Foundation, para ofrecer una nueva experiencia interactiva en el sitio. No obstante, esta iniciativa presentó problemas de estabilidad en distintos dispositivos, lo que llevó a disminuir la satisfacción de los usuarios y no contribuía el enriquecimiento de la visita como se esperaba.

Se emprendió en una mejora con un aplicativo utilizando Flutter, que permite una mayor estabilidad en dispositivos de gama media y alta, y ofrece una interfaz de usuario más amigable. Además, se añadieron funcionalidades adicionales para que la aplicación no se limite únicamente al uso en el Centro Arqueológico, sino que también sirva como un recurso educativo y cultural más allá de la visita presencial.

Palabras claves: Realidad Aumentada, Flutter, filtros, piezas arqueológicas, app móvil.

ABSTRACT

The Real Alto Archaeological Center, located in Pechiche, Santa Elena province, is an archaeological site of great historical and cultural significance. It serves as a testament to the ancient Valdivia Civilization, a pre-Columbian society that inhabited the Ecuadorian coast from 3500 to 1500 BC. Despite its importance, the site has not achieved widespread recognition among the general public, and the traditional approach to presenting exhibitions has failed to generate sufficient interest among visitors.

To rekindle visitor interest and increase attendance at cultural heritage sites like Real Alto, a mobile augmented reality application was developed using Unity, leveraging ARCore and AR Foundation libraries to provide an interactive on-site experience. However, this initiative encountered stability issues on various visitor devices, leading to decreased user satisfaction and failing to enhance the visiting experience as expected.

In response, a new system was developed using Flutter, a platform known for greater stability on mid- to high-range devices and a more user-friendly interface. Additional functionalities were added, enabling the application to extend beyond the Archaeological Center's use, serving as an educational and cultural resource even beyond a physical visit. This Project aims to not only improve the visitor experience but also to Foster a deeper understanding of the Valdivia Civilization's cultural legacy.

Capítulo 1

1.1 Introducción

Los museos narran la historia de cómo ha ido evolucionando el mundo: historias de su gente, cultura, costumbres, el mundo natural, entre otros, que nos ayudan a conectarnos significativamente entre el pasado y el presente. Sin embargo, la historia que estos muestran ya no es apreciada del mismo modo, y esto se debe a que el ser humano se encuentra más inmerso en la tecnología. (Alvarado, 2023)

La tecnología en el mundo evoluciona constantemente, la forma en que las personas interactúan con el arte, la historia y la cultura está experimentando una transformación significativa. Para algunos la tecnología puede parecer una amenaza, sin embargo, la innovación tecnológica en museos ha demostrado tener un impacto positivo en la forma en que cumplen su misión social y cultural tal como audioguías hasta aplicaciones móviles. La implementación de la tecnología puede darse en tres categorías: en la gestión, en la experiencia del visitante y la organización. (Innovación, 2021).

La tecnología puede mejorar la experiencia del visitante. Los medios audiovisuales, estaciones de navegación interactivas y oportunidades de creación o producción directa son solo algunas de las formas en que la tecnología puede enriquecer la experiencia y volver más interesante la visita. Y es lo que busca el complejo cultural Real Alto (en adelante, CCRA) en la provincia de Santa Elena, Ecuador.

Desde hace 30 años, el museo CCRA ofrece a sus visitantes la posibilidad de observar cómo se determinaron la logística urbanística de nuestros ancestros en la península y en la cual influyó la cultura Valdivia. Sin embargo, la visita al museo es desalentadora y monótona para algunos de los visitantes debido a la tradicionalidad de solo realizar recorridos en donde el usuario solo escucha y ve de lejos los objetos, lo que lleva al poco interés por parte de ellos y se pierde el objetivo de culturizar a los visitantes y también una disminución en el número de visitas.

Anteriormente se realizó una aplicación móvil con Realidad Aumentada en donde se visualizan modelos 3D de diferentes viviendas prehispánicas, renderizándose al instante que se abre la cámara y se puede visualizar su interior una vez que estamos en movimiento. Sin embargo, esta renderización es muy inestable. Los modelos se desplazan cuando la cámara pierde los puntos de referencia (los planos), causando inestabilidad y una mala experiencia para el visitante.

El presente proyecto, busca rediseñar la aplicación móvil con el objetivo de renderizar modelos 3D de las viviendas prehispánicas en puntos específicos de los recorridos que se realizan en el sitio arqueológico Real Alto mediante códigos QR y así, enriquecer la experiencia del visitante durante su visita al museo.

1.2 Descripción del Problema

Hasta el 2022, CCRA manejaba recorridos tradicionales como algunos museos en donde se limita a presentar colecciones de artefactos históricos y una breve descripción de cada uno en ciertos hitos del recorrido. El visitante lo único que hace es escuchar atentamente, observar el artefacto y leer alguna descripción escrita de existir alguna placa informativa. Adicional a ello, existe un terreno desocupado incluido en el recorrido que están pendientes de excavación y el cual se quiere sacar provecho para hacer el recorrido más interesante.

Por ello, la ESPOL junto a estudiantes de la carrera de ingeniería en Computación realizaron en el presente año, una primera versión de aplicativo móvil usando Realidad Aumentada en donde se renderizan viviendas prehispánicas según modelos 3D que fueron previamente presentados y aprobados por la administración de CCRA.

Las pruebas realizadas mostraron las viviendas exitosamente, sin embargo, se dieron a notar ciertos puntos del funcionamiento tales como:

- Los modelos 3D no son renderizados a escala real para una experiencia más realista.
- Los modelos 3D son mostrados en cualquier lugar una vez la aplicación móvil es ejecutada, cuando deben aparecer en puntos referenciales según el punto del recorrido realizado.
- La interfaz visual no es tan amigable para el usuario y ni muy intuitiva.

Debido a estos puntos en mención, el lanzamiento del aplicativo móvil ha quedado en espera hasta que sea resuelto o mejorado en su mayoría para hacer pruebas previas y ser usado oficialmente por los visitantes.

1.3 Justificación del Problema

La evolución de la tecnología, que afecta a la mayor parte de los aspectos de la vida moderna, cambia radicalmente la función fundamental de los museos contemporáneos. Sin embargo, adoptar estas nuevas prácticas digitales e internet por parte de este sector no se produjo sino a través de un periodo largo y gradual.

Durante la pandemia cerraron permanentemente más del 20% de museos en el mundo por falta de recursos, atención y políticas de sostenibilidad. Lo que implica en la pérdida de un patrimonio cultural, la disponibilidad de difundir y educar sobre los temas del pasado y desvanecimiento de las antiguas identidades. En el caso del Ecuador, en un estudio realizado en 2019 por el Directorio Ecuatoriano del Museo Nacional del Ecuador (MuNa), cabeza de la red ecuatoriana de museos, se contaba con alrededor de 175 museos abiertos al público ubicados en 22 de las 24 provincias del país. Muchos de ellos de gestión comunitaria, especialmente arqueológicos y una gran cantidad de administración municipal. (Celi, 2021)

Tal fue el caso del museo de las Conceptas en Cuenca, el cual cerró debido a una crisis económica agudizada por la pandemia y obligó a sus directivos a cerrar sus puertas, y

por ello, se pierde el conocer y aprender de verdaderas obras de arte religioso que albergan en su interior. (Guambaña, 2022)

Debido a este impacto mundial, varios museos del Ecuador han incursionado en diferentes tipos de tecnologías informáticas, como un tour virtual donde se conoce la historia y los muros del AcllaHuasi, sitio icónico que se encuentra en la parte alta del *Museo y Parque Arqueológico Pumapungo* y al cual se puede acceder mediante un sitio web proporcionado por la entidad. O también escuchar la recreación de voces de Remigio Crespo, Honorato Vásquez, Julio Matovelle y Remigio Cordero y Leon en el museo *Remigio Crespo Toral* con el fin de “atraer nuevos públicos que no están acostumbrados a ingresar a un museo y en romper el concepto erróneo que se tiene a los museos como lugares élites” comenta Ximena Pulla, coordinadora del museo municipal. (Mazza, 2023)

Para CCRA el incursionar en una tecnología distinta como la Realidad Aumentada para el uso de los visitantes en los recorridos realizados será algo que aumente su interés y así provocar un aumento exponencial en las visitas.

Como todo museo, CCRA busca prevalecer sus artefactos históricos, pero a su vez que el visitante se encuentre interesado en estos. A pesar de esto, el ser humano por naturaleza siempre es curioso ante lo desconocido y cuando se encuentran dentro de un museo y ve aquellas piezas, su deseo es manipular y apreciar hasta el más mínimo detalle de todo lo que ve a su alrededor dentro del museo.

Tomando en consideración estos dos puntos importantes, se hace uso de la Realidad Aumentada. El uso de esta tecnología informática permite:

- Enriquecer la experiencia de los visitantes al proporcionar información contextual.
- Manipular los objetos renderizados que por lo general no pueden hacerlo físicamente en los museos.
- Otorgar una educación más dinámica y atraer audiencias más jóvenes.

- Flexibilidad para la actualización de contenido y mejora en la promoción del museo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Realizar una nueva versión mejorada con Realidad Aumentada en base al actual aplicativo que maneja el Museo Real Alto.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Optimizar la renderización de los modelos 3D de viviendas de la actual aplicación de realidad aumentada desarrollada.
2. Implementar la funcionalidad de recorrido con realidad aumentada en los exteriores del Museo Real Alto.
3. Renderizar nuevos modelos 3D de viviendas ubicados en ciertos puntos del recorrido que realiza el museo Real Alto en sus exteriores para mostrar dentro de la aplicación.
4. Manipular los objetos arqueológicos que se encuentren dentro de las viviendas renderizadas una vez estando dentro de las viviendas.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Sobre los museos

Según el Consejo Internacional de Museos (en adelante, ICOM) “un museo es una institución sin fines lucrativos, permanente al servicio de la sociedad y de su desarrollo, abierta al público que adquiere, conserva, investiga, comunica y expone el patrimonio material e inmaterial de la humanidad y de su medio ambiente con fines de educación, estudio y recreo”.

El ICOM colabora de cerca con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (en adelante, UNESCO) para abogar por los museos como

entidades sociales y educativas, fortaleciendo los lazos entre naciones, promoviendo el patrimonio cultural y la igualdad de todas las culturas. Además, se esfuerza por asegurar que niños y adultos de todas las edades puedan acceder a una educación de calidad.

De acuerdo con la UNESCO, los museos promueven una visión integrada del patrimonio cultural, así como las conexiones de continuidad entre la creación y el patrimonio. Estos espacios permiten a su público, especialmente a las comunidades locales y a los grupos desfavorecidos, reestablecer lazos con sus propias raíces y abordar la cultura de los demás. El patrimonio es definido como “el conjunto de bienes culturales y naturales, tangibles e intangibles, generados localmente, y que una generación hereda/transmite a la siguiente con el propósito de preservar, continuar y acrecentar dicha herencia” (DeCarli, 2007)

1.5.2 Sobre el Complejo Cultural Real Alto

El museo y complejo cultural Real Alto (en adelante, CCRA) localizado en la costa del Ecuador, fue descubierto en 1971 por el Dr. Jorge Marcos y excavado inicialmente por el Dr. Donald Lathrap y su equipo de investigadores de la Universidad de Illinois. Dichas investigaciones revelaron que en el sitio se encontraban una de las primeras aldeas de cerámica y agricultura del Continente Americano (4400 – 1700 AC), indicando que son de las fases media y tardía de Valdivia. (Alto, s.f.)

CCRA tiene un valor histórico el cual es usado para la enseñanza, así como para el ámbito social y cultural, compuesto por un museo de sitio (llamado “El Mogote”), una vivienda etnográfica, un huerto experimental, área de laboratorios y una zona de hospedaje el cual es usado por investigadores y estudiantes que visitan el lugar. Desde hace 30 años ofrece a sus visitantes el observar uno de los asentamientos agroalfareros, con aldea y centro ceremonial más antiguos del continente. Este es un espacio dirigido a la difusión de diferentes estudios arqueológicos que demostraron donde se inició la más antigua Revolución Neolítica de América.

1.5.3 Tecnologías de la información

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son herramientas computacionales e informáticas que procesan, sintetizan, recuperan y presentan información de diversas formas. Estas son fundamentales para el tratamiento y acceso de la información para registrar, almacenar y difundir contenidos digitalizados. (Laborales, 2015)

Han tenido un impacto significativo en los museos, transformando la forma en que se presentan las exposiciones y se interactúa con los visitantes. Estas tecnologías han adoptado una gran variedad de medios tales como audiovisuales, audioguías, video proyecciones, estación de navegaciones interactivas y medios de creación o producción directa. Además, las tecnologías de Realidad Aumentada y Realidad Virtual permiten a los visitantes interactuar de diversas formas con el contenido de la exposición en el recorrido, en lugar de simplemente recibir información de forma pasiva.

1.5.3.1 La Realidad aumentada

La Realidad Aumentada es beneficiosa en varios aspectos. En el caso de los museos, se usa para que, al ver las piezas por medio de un smartphone, este permite agregar valor exhibiendo ya sea en información relevante o en la manipulación de algún objeto que se muestre. Siendo este último lo más restringido en cualquier museo del mundo debido a la delicadeza de los objetos, con el fin de otorgar un mayor interés al usuario.

Esta forma de exhibir información puede ir más allá, entre otras cosas como exponer una imagen virtual de los propios desarrolladores de obra, enseñando cuando fue concebida, como fue su creación o el tiempo que tardaron en realizar dicha obra. Además de ello, entre todo este proceso se adiciona algún guía especializado, sin obligación de que esté presente, o del propio personaje que hace alguna aparición en representaciones digitales.

Finalmente, la Realidad Aumentada para museos no se limita a una cantidad de piezas para conocer. Puede implementarse en los folletos y guías que se entregan a los visitantes o inclusive en el propio sitio web, con el fin de traer más usuarios a las instalaciones físicas.

1.5.3.1.1 Ventajas del uso de Realidad Aumentada en los museos

1. **Aumento de información transmitida:** Ofrecer perspectivas adicionales de las obras, tales como: datos temporales, sobre la confección y origen de la obra, entre otros tipos de datos que se desee presentar.
2. **Mayor interacción e inmersión:** Recrear espacios interactivos donde el visitante pueda manipular objetos, alguna obra e inclusive su mismo entorno. Ofreciendo una experiencia personalizada al visitante y difícil de olvidar.
3. **Mejor acceso al público joven:** Es una forma ideal no tan solo de mejorar la experiencia de sus visitas, sino que también se animen a compartirlas y difundir su cultura.

1.5.4 Realidad Aumentada en museos

1. Museo Nacional de Ciencias Naturales

Gracias a la colaboración con *Google Arts and Culture*, se puede realizar una visita virtual al museo desde la comodidad del hogar. Solo se necesita un smartphone para sumergirse en el planeta virtual. Sin embargo, la aplicación más usada es *Second Canvas* que permite visualizar imágenes digitalizadas en alta resolución de diferentes cuadros de animales de acuerdo con un cuadro similar a un QR en donde se renderiza el mismo. La calidad de la renderización es tan alta que facilita al visitante ver datos que no se vería a simple vista.

2. **Museo de Anne Frank (Amsterdam)**

El museo diseñó una app llamada GVAM que aplica Realidad Aumentada para representar eventos históricos en los niveles que el visitante puede observar al superponer imágenes históricas sobre el espacio actual cuando lo mira a través de la aplicación.

3. **Museo Sorolla (Madrid)**

Las compañías 6DLAB y ARS Viva han lanzado una innovadora iniciativa en Europa: la aplicación *Museo Sorolla AR* por medio de la que el pintor Joaquín Sorolla vuelve a la vida y nos permite conocer su obra de primera mano, explicándonos a detalle sus cuadros a través de la Realidad Aumentada y la Realidad Mixta. Además, permite a los visitantes tomarse una foto con Sorolla y su esposa Clotilde, y compartir la experiencia vivida junto al mejor pintor español de principios del siglo XX en redes sociales.

4. **Instituto Smithsonian (Estados Unidos)**

En 2017, el Smithsonian presentó una innovadora tecnología de Realidad Aumentada para dar una nueva dimensión a una de sus exposiciones más antiguas y queridas. Muchos de los esqueletos en la Sala de Huesos del museo han estado en exhibición desde 1881. Ahora, los visitantes pueden descargar una nueva aplicación llamada *Skin and Bone* que ilumina estas piezas de una manera completamente nueva.

Robert Costello, productor de la aplicación y gerente del programa nacional de divulgación en el Museo de Historia Natural dijo: “Esta aplicación se trata de compartir algunas de las historias no contadas detrás de una de las colecciones más emblemáticas del museo.

La aplicación cuenta con 13 esqueletos, que superponen imágenes para reconstruir las criaturas. Los usuarios pueden ver como la piel y los músculos se habrían visto sobre los huesos y como se habrían movido los animales. Esto les proporciona una visión única de la historia de las piezas y les ayuda a dar vida a la exposición. Los visitantes pueden usar la aplicación para ver un murciélago vampiro alzar el vuelo o un anhinga que demuestre como habría pescado.

1.5.5 Flutter

Flutter es un framework de Google lanzado en 2017 para el desarrollo de aplicaciones móviles multiplataformas nativas. Lo que significa que se realiza una sola codificación del aplicativo y puede ser usado tanto en Android como en IOS (Chavez, 2022). Flutter trabaja de la mano con Dart, un lenguaje orientado a objetos y lo que le permite a Flutter compilarse directamente para la arquitectura y sistema operativo de destino, haciendo que se pueda desarrollar aplicaciones para cualquier sistema como los mencionados anteriormente.

1.5.5.4 Realidad Aumentada con Flutter

Flutter trabaja con un plugin que soporta ARCore en Android y ARKit en IOS, llamado *ar_flutter_plugin*, que ofrece una única solución de incorporar funcionalidades de realidad aumentada en sus aplicaciones sin tener que elegir entre el desarrollo para una plataforma u otra. Adicional, la librería identifica algún plano existente y en el cual nosotros podemos renderizar el objeto que deseamos.

1.5.5.5 Escaneo QR

Con el plugin *Qr_code_scanner* se permite el escaneo de códigos QR utilizando *zxing* en Android y *MTBBarcodeScanner* en IOS, es incrustado en Flutter para ser usado directamente en las aplicaciones desarrolladas sin necesidad de implementar un propio escaner de códigos QR.

1.5.5.6 Text2Speech

Flutter_tts es el plugin soportado para multiplataformas que permite a la aplicación implementar funcionalidades de texto a voz, con el fin de hacer las aplicaciones Flutter más inclusivas y abiertas a diferentes usuarios. Con esta funcionalidad, el usuario podrá escuchar por voz algún texto que se encuentre dentro del aplicativo móvil.

CAPÍTULO 2

2.1 Análisis

Para el desarrollo del nuevo aplicativo móvil se utilizó la metodología SCRUM, realizando reuniones semanales entre los integrantes del proyecto, tutor y cliente, con el fin de mostrar avances y resolver dudas que se presenten a lo largo del desarrollo del proyecto, con estas reuniones se creó la *product backlog* el cual cubre varias historias de usuario que indican los requerimientos del cliente y los cuales se quiere ver funcional en el aplicativo móvil. Junto a este *product backlog* se identificaron las tareas a realizar y mostrar en cada meeting semanal que se realice.

La fase inicial del proyecto se dio con las pruebas unitarias del aplicativo realizado por el anterior equipo, ya que, la intención es el continuar con lo que se ha desarrollado para aplicar las nuevas funcionalidades o respectivas mejoras.

Durante esta fase se realizaron diversas actividades las cuales son detalladas a continuación:

Actividad	Objetivo	Duración
Reunión con equipo de desarrollo de primera versión	Instalación de componentes necesarios para levantar el ambiente de desarrollo y generación de APK	2 horas
Pruebas Unitarias de primera versión del aplicativo	Entender el funcionamiento de la primera versión y encontrar posibles mejoras	2 horas
Reunión con cliente y tutor	Definición de requerimientos a solicitar	3 horas
Visita técnica al centro arqueológico Real Alto	Reconocimiento del terreno en donde se renderizan los modelos	8 horas
Presentación de requerimientos finales al cliente	Obtener visto bueno por parte del cliente de todos los requerimientos según las actividades realizadas previamente	1 hora

Tabla 1. Actividades previas al desarrollo de nueva versión

2.2 Requerimientos

Luego del análisis realizado, se levantaron los siguientes requerimientos:

2.2.1 Requerimientos Funcionales

- **Renderizar viviendas con Realidad Aumentada**

El visitante puede visualizar la renderización de un modelo de vivienda Valdivia una vez que hace el escaneo QR del hito.

- **Visualizar modelos 3D de reliquias arqueológicas**

Al realizar inmersión dentro de la vivienda, puede visualizar en 3D los objetos que se encuentren en su interior.

- **Narrar por voz los objetos que se encuentren en el interior de una vivienda renderizada**

El visitante tiene la facilidad de escuchar por voz la descripción del objeto 3D si se le dificulta leer el texto que se provee una vez se selecciona el objeto.

2.2.2 Requerimientos no Funcionales

- **Renderización:**

- Los modelos de las viviendas 3D solo pueden renderizarse hasta 7m de distancia.
- Obligatorio renderizar a la distancia, puesto que es una zona protegida debido al interés arqueológico, por lo que los visitantes no pueden salir del sendero

- **Narración:**

- Tiene un acento lo más cercano al acento ecuatoriano.
- No puede cambiar su velocidad

- **Modelos 3D:**

- Los modelos 3D pueden rotar, acercar, alejar.
- No se puede cambiar el fondo en donde se muestra el modelo 3D

2.3 Visita al centro arqueológico

Con el fin de comprender donde se realizará la renderización de los modelos de las antiguas viviendas de la sociedad asentada anteriormente, se realizó un viaje al centro arqueológico Real Alto en la provincia de Santa Elena.

Inicialmente, se hizo un recorrido dentro de las instalaciones donde guardan algunas de las piezas arqueológicas encontradas en todo el amplio terreno del centro arqueológico y toda su historia desde el análisis del terreno hasta los procesos de excavación. Sin embargo, más allá del interior de la edificación principal del centro arqueológico, no hay nada más que visualizar a excepción de las excavaciones realizadas en el exterior, y una gran extensión de terreno vacío que puede ser aprovechado para otras exhibiciones sin alterar o perjudicar el terreno. Es allí donde entran los requerimientos del cliente.

Se entrevistó al arqueólogo Carlos Icaza, sobre cómo puede ser aprovechado el sendero marcado por un camino de rocas. A los lados de este sendero se pueden mostrar lo que son las antiguas viviendas en las que habitaba la sociedad Valdivia y en su interior algún artículo representativo de ellos con una breve reseña. Sin embargo, por las limitaciones que tiene las instalaciones se tomaron en consideración los siguientes puntos:

- Se cuenta con internet, pero la cobertura de la red inalámbrica no es tan buena, por lo que, depender de internet para la renderización de los modelos de viviendas y objetos de su interior no es un camino viable.
- Los modelos no deben ser tan pesados ya que la renderización dependerá mucho del procesador del dispositivo móvil y esto puede causar un cierre abrupto de la aplicación y daños secundarios al smartphone.

- Se usará un punto de información en cada hito del sendero. Dichos puntos tendrán un código QR que será escaneado y según la distancia de escaneo, se renderizará el modelo de la vivienda y demás procesos como ingresar al interior de la vivienda y mostrar objetos para exploración. Con esto se omite la geolocalización en tiempo real con el afán de optimizar los recursos de los smartphones que usen la aplicación móvil.

2.4 Desarrollo del prototipo

Antes de iniciar con el desarrollo del prototipo, se desarrolló una pequeña presentación del escenario en donde se visualizaría como sería el comportamiento de la aplicación tomando en cuenta todos los requerimientos indicados por el cliente, usando la plataforma de videojuego llamada **Minecraft**, con el único propósito de que esté de acuerdo con el funcionamiento y empezar con el prototipo móvil.

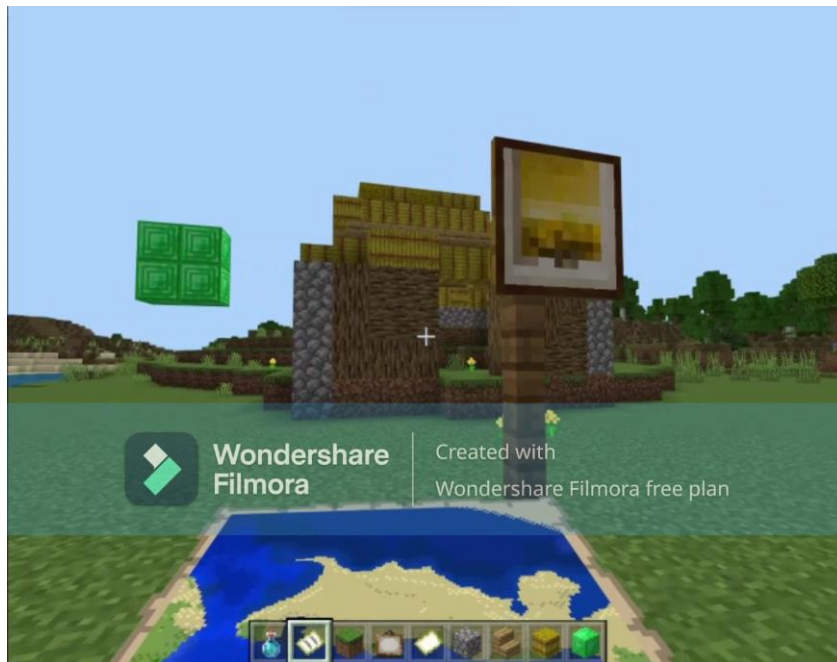


Figura 1. Demo en Minecraft del funcionamiento propuesto

Una vez que el cliente aprobó la demostración, realizamos el prototipo final en la aplicación FIGMA, una herramienta en línea con funcionalidades básicas de diseño ya sea web o móvil. En ella, se realizaron las propuestas de pantallas que se quieren mostrar en el aplicativo móvil y sus funcionalidades como redireccionamiento entre pantallas, entre otras. Con el fin de tener una idea más clara de cómo se debe usar la aplicación.

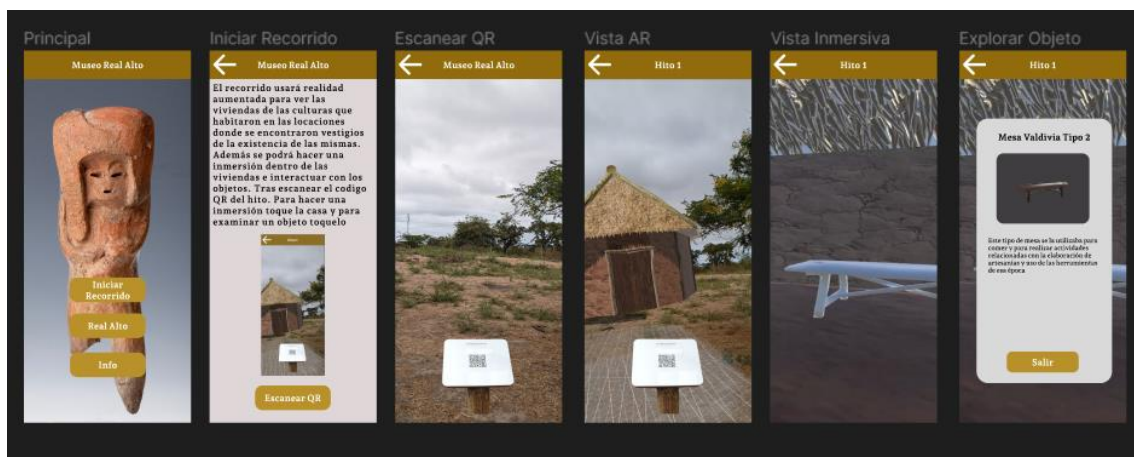


Figura 2. Pantallas de prototipo de nueva versión

2.4.1 Aplicación Final

Tras la retroalimentación en cada iteración durante el desarrollo la aplicación, el producto final concluyó de la siguiente forma:

2.4.1.1 Recorrido

Para iniciar el recorrido el usuario tiene que escanear un código QR que estará presente en la parte frontal del hito, tras escanearlo se mostrará una vivienda prehispánica en realidad aumentada a escala real. Para explorar el interior de la vivienda se tiene que presionar el botón ingresar y ahora la vivienda se transporta a la ubicación del usuario.

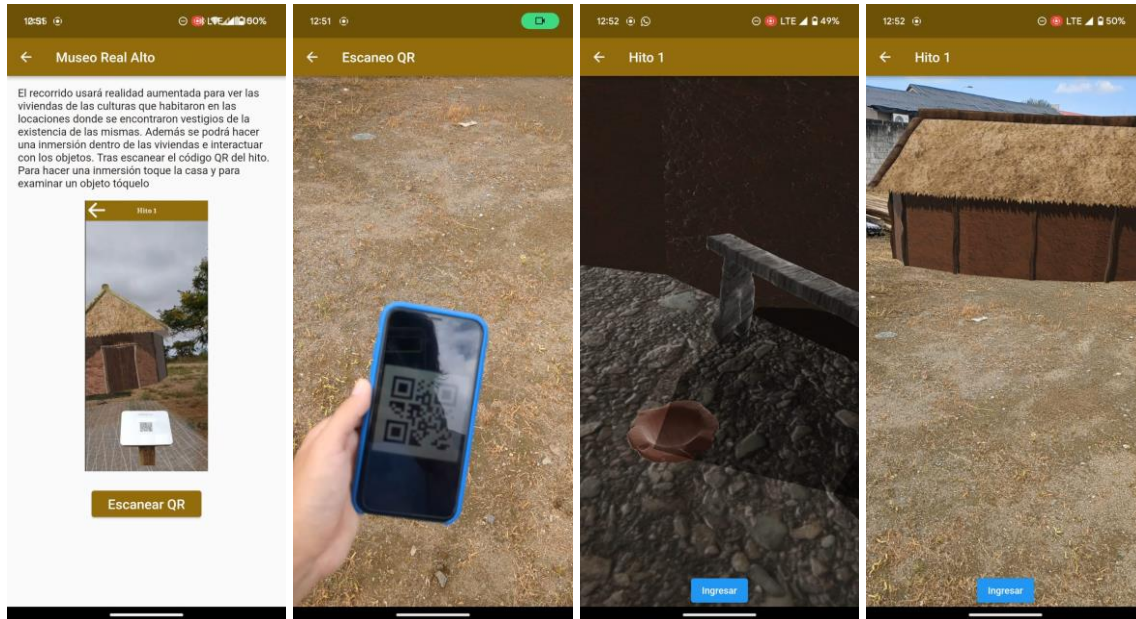


Figura 3. Flujo de pantallas para renderización de modelo 3D

2.4.1.2 Catálogo Digital de Objetos Arqueológicos

El museo posee muchos artículos en exhibición, estos fueron digitalizados en modelos 3D utilizando fotogrametría. Se tiene a disposición un catálogo de objetos que presentan los artículos con su respectiva descripción, la cual puede ser narrada por la opción de lectura.

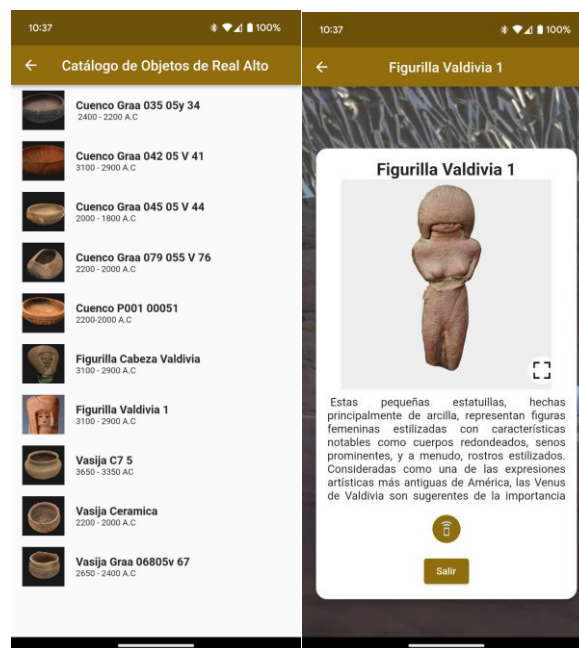


Figura 4. Catálogo digital de objetos arqueológicos

2.4.1.3 Filtros de cámara

El tráfico que generan las redes sociales es una gran fuente de exposición para dar a conocer lugares, objetos, productos, etc. El objetivo de esta funcionalidad es promocionar el CCRA mediante la socialización de las imágenes compartidas por los usuarios.

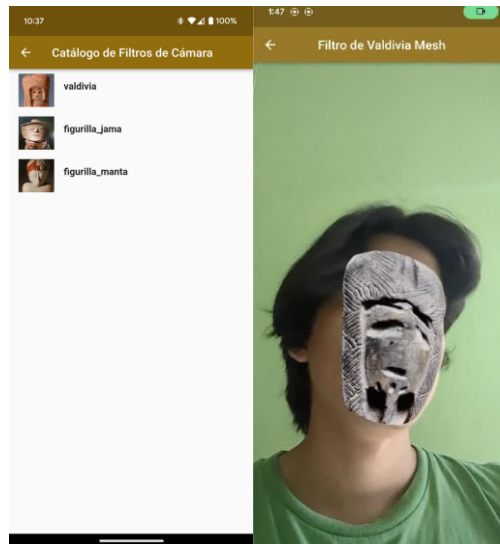


Figura 5. Filtros de cámara

2.4.1.4 Juego – Mahjong

Para promover el reconocimiento de elementos de culturas que se encontraron restos. Se implementó el juego Mahjong cuyo objetivo es juntar dos fichas iguales hasta despejar el tablero. Mediante la continua interacción con las fichas el usuario se familiarizará con los elementos de culturas pasadas.

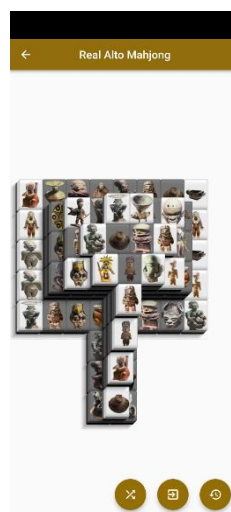


Figura 6. Juego interactivo Mahjong

2.5 Software

La primera versión de la aplicación fue desarrollada con **Unity**, un motor de juegos 3D multiplataforma que permite crear aplicaciones tanto para consolas, dispositivos móviles y PC. A pesar de esto, el aplicativo no funcionaba correctamente, causando un mal funcionamiento en las renderizaciones de los modelos usados y una mala experiencia de usuario.

Como, por ejemplo:

- Interfaz poco amigable al iniciar el aplicativo.
- Fluidez de la aplicación (la cámara se quedaba inhibida debido al proceso de renderización de los modelos de viviendas)
- Las viviendas se desplazaban y no se mantenían en un solo lugar. Haciendo casi imposible el explorar su interior.

Con estas indicaciones y viendo lo complejo que sería trabajar en ese ambiente de desarrollo, se optó por desarrollar desde cero el sistema, pero ahora con el ambiente de desarrollo **Flutter**, ya que, según los requerimientos indicados por el cliente, Flutter ofrece varios plugins que permiten las funcionalidades como lo es realidad aumentada, texto a voz y escaneos de códigos QR.

Debido a las limitaciones de red existentes en las instalaciones, la solución debe generarse como un único paquete compilado con todas sus funcionalidades y sin descargas adicionales, y una vez descargada la aplicación, esta contendrá dentro de sus componentes, la gran variedad de modelos a usarse cada vez que se escanee un código QR y también la recreación de los demás objetos cuando se ingrese a una de las viviendas. Y que los mismos modelos sean de la capacidad más baja posible (en términos

de capacidad) para que así la carga de todos los modelos sea accesible y capaz de renderizar hasta en los smartphones de gama media.

En resumen, el aplicativo móvil no trabajará con una base de datos para el manejo de los diferentes objetos a usar dentro del sistema ya que se contendrá dentro del aplicativo toda su funcionalidad y componentes, ya que son pocos los modelos a renderizar e interactuar.

2.6 Diagramas

2.6.1 Diagrama de Actividades

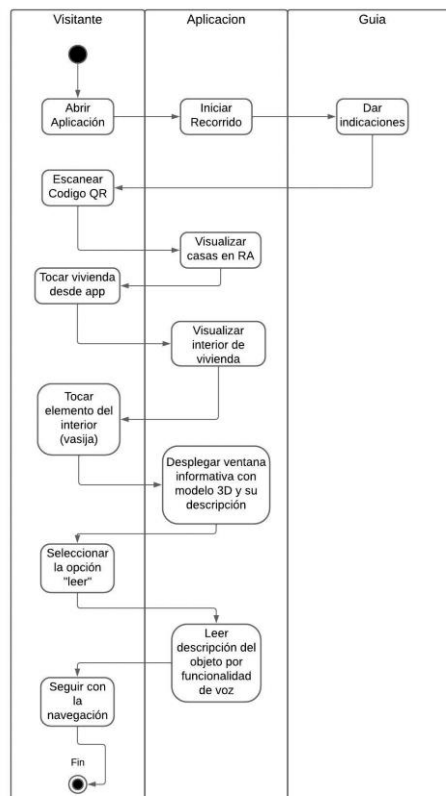


Figura 7. Diagrama de actividades del aplicativo móvil

El diagrama de la Figura 3., muestra como el uso de la aplicación contempla al guía del museo dentro del recorrido, quién da las instrucciones de cómo funciona el sistema de forma general. Luego cada visitante desde su

smartphone debe realizar el escaneo del código QR colocado en el sendero. Una vez escaneado se muestra una vivienda renderizada utilizando realidad aumentada, manteniendo un aspecto y dimensiones lo más realistas posibles. Al presionar la vivienda, se mostrará el interior de esta y se podrán visualizar los objetos que se encuentran en el interior. Con dichos objetos se podrá interactuar permitiendo su manipulación, además de poder leer y/o escuchar una breve descripción de estos.

2.6.2 Diagrama de Casos de uso

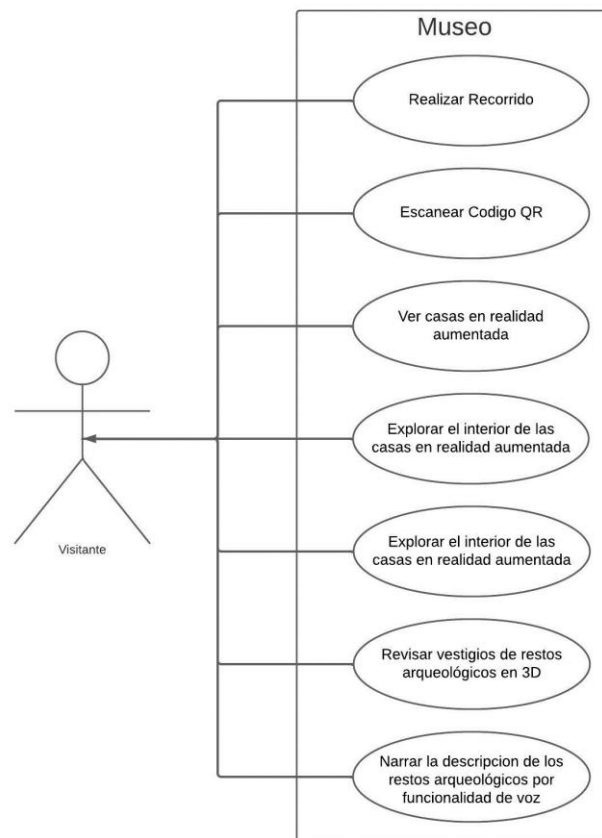


Figura 8. Diagrama de casos de uso del aplicativo móvil

Realizar recorrido: Caminar por el sendero es el caso inicial que permite al usuario llegar a las renderizaciones de los modelos de viviendas 3D.

Escanear QR: El usuario escanea el QR que lo llevará a la renderización del modelo según la información que contenga el QR.

Ver casas en Realidad Aumentada: Una vez escaneado el código QR, automáticamente será renderizada la vivienda que corresponda a ese hito.

Explorar el interior de las viviendas: El usuario presiona la vivienda renderizada para ver su interior y explorarla moviendo su dispositivo móvil de un lado a otro.

Revisar vestigios de restos arqueológicos: El usuario presiona uno de los objetos que se encuentran en el interior de la vivienda y podrá interactuar con el mismo.

Narrar la descripción de restos arqueológicos por funcionalidad de voz: El usuario tiene la posibilidad de que el texto informativo del vestigio sea traducido a voz con solo aplastar un botón que le indica esta funcionalidad.

2.6.3 Diagrama de Lógica

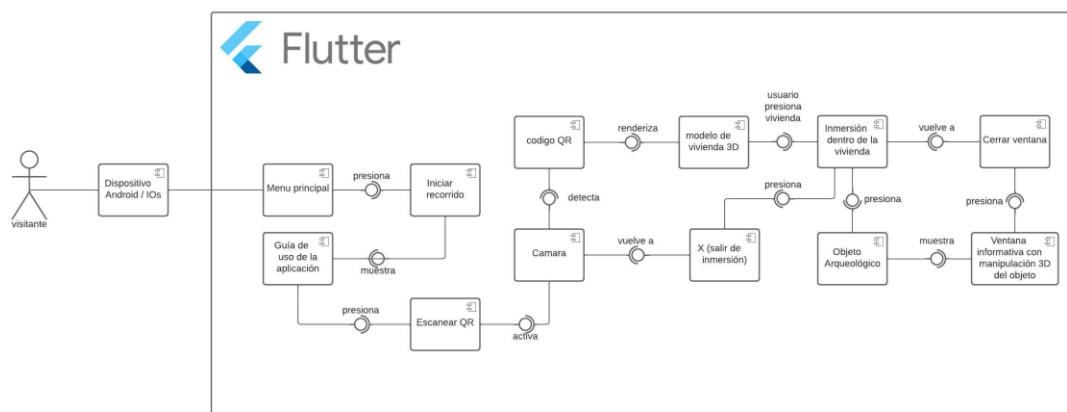


Figura 9. Diagrama de vista lógica

En la Figura 5., se muestra la funcionalidad que el sistema proporcionará a los visitantes, indicando lo que el sistema debe hacer y las

funciones y servicios que ofrece, siguiendo la secuencia de pasos al realizar cierta acción.

CAPÍTULO 3

3.1 Resultados y analisis

Para medir la efectividad de la aplicación, se realizaron varias visitas al centro arqueológico para hacer pruebas de campo y rendimiento junto al cliente y pruebas con visitantes del centro para corroborar el buen uso y encuestar sus percepciones sobre el aplicativo móvil. Así mismo, se realizaron pruebas con usuarios externos del centro arqueológico para recibir un feedback sobre apariencia y funcionalidades propuestas en la aplicación.

3.2 Pruebas del aplicativo

3.2.1 Pruebas de campo

Para las pruebas de campo, inicialmente se comenzó por probar en terrenos baldío, ya que, por las imágenes referenciales del centro arqueológico, las pruebas unitarias por parte de los desarrolladores tenían que ser lo más cercana a la realidad. Una vez ejecutadas con éxito las pruebas unitarias, se realizó la visita al centro arqueológico junto con otros materiales para las pruebas de campo y mostrar avances al cliente.

Una vez realizadas las pruebas junto al cliente y con su visto bueno, se hicieron observaciones para una mejor experiencia a los demás visitantes que harían pruebas después. Adicional a ello, para hacer un poco más interactiva la aplicación, el cliente indicó que sería conveniente agregar funcionalidades tales como juego de rompecabezas (ya que la construcción de este hace referencia a armar piezas arqueológicas) o posteo de fotos con filtros propios del lugar.

3.2.2 Pruebas con visitantes

Debido a las restricciones de circulación el 8 de enero del 2024 mediante el decreto 110. Se cancelaron las salidas de campo y no se lograron realizar las pruebas de campo con visitantes en las inmediaciones del CCRA.

3.3 Resultados

Gracias a la colaboración del personal administrativo que se encontraba durante las visitas realizadas en el centro arqueológico, se realizaron las demos de prueba y pruebas finales necesarias para corroborar el buen rendimiento de la aplicación. En el cual se tuvo las respectivas retroalimentaciones por parte de ellos y fueron dialogadas junto al cliente para verificar el alcance en base a los requerimientos planteados desde el inicio.

La respuesta de los usuarios fue satisfactoria por lo intuitivo que es la aplicación y el fácil uso que proporcionaba en el punto de recorrido. Así como las funcionalidades extras que presentaba para que no se vuelva monótono y de un solo uso el aplicativo.



Figura 10. Explicación sobre el funcionamiento del aplicativo

3.4 Costos

3.4.1 Costos de desarrollo

En este apartado se toma en consideración los costos de diseño e implementación del sistema. Para ello, entre los integrantes del equipo (2 personas) se desarrolló el sistema en un

tiempo de 30 días, tomando 5 horas diarias de desarrollo, teniendo un costo por hora de \$5.

Con la información proporcionada, el costo total de desarrollo quedaría:

Descripción	Factor
Horas de desarrollo x día	5
N° personas	2
Días de desarrollo	30
Precio x hora	5,00
Total	\$ 1500

Tabla 2. Descripción de inversión en desarrollo del aplicativo móvil en flutter

3.4.2 Modelo de negocio

Para que el aplicativo móvil sea sostenible a largo plazo, se tiene idealizado cobrar una entrada mínima por visitante, alrededor de \$0,50 centavos según lo indicado por la administración del centro arqueológico. Con el fin de hacer uso del dinero recaudado para obsequios según las dinámicas que se realicen con las funcionalidades interactivas que tiene la aplicación y hacerla más entretenida.

Adicional a ello, se prevé publicar el aplicativo en Google Play Store, el cual el costo es alrededor de \$25. Caso contrario, se mantendrá en un compartido en la nube para descargar directamente escaneando un QR y hacer uso de la aplicación.

CAPÍTULO 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

El apoyo de citas bibliográficas y varios proyectos de desarrollo basados en nuestro proyecto fue fundamental para soportar todo lo planteado en este documento, lo que permitió la exposición del marco teórico referencial adecuado y desarrollo del aplicativo.

La Realidad Aumentada es una herramienta de gran potencial para exhibir piezas arqueológicas y renderizar antiguas estructuras de la cultura Valdivia asentadas en el centro arqueológico. Con esto no se sustituye la realidad existente dentro del edificio principal refiriéndonos a lo expuesto en vitrinas, sino que la enriquece con mayor contenido e interacción para el usuario, afirmándose como un recurso útil para la recuperación de visitantes del centro y a su vez enriquecer el conocimiento sobre nuestros predecesores.

Los resultados y experiencias obtenidos hasta la presentación final de la app móvil, evidencian la eficacia y aplicabilidad de esta tecnología dentro del centro arqueológico, en un recorrido realizado a los exteriores del edificio principal ofreciendo grandes posibilidades como son: renderizar chozas de la cultura Valdivia, ingresar a la vivienda desde el smartphone para visualizar su interior, interactuar con otros objetos arqueológicos que se encuentran en el interior de la choza, funcionalidad para escuchar la descripción que posee cada objeto y opciones de juegos tal como: filtros y juego de mahjong.

4.1.2 Recomendaciones

Para un mayor rendimiento de la aplicación, el sistema trabaja con dispositivos Android de versión 7.0 en adelante, que es hasta smartphones de gama media. Sin embargo, lo conveniente es que exista una versión para smartphones de gama baja ya que las personas que se encuentran cerca del centro arqueológico no poseen dispositivos de gama media.

La aplicación permite administrar agregar más modelos de renderización, por lo que se recomienda tener una carpeta en la nube donde se guarden cada uno de los modelos y se

obtenga el enlace del vínculo y dicho enlace, agregarlo desde la administración de modelos que contiene la aplicación.

Para mejorar el contenido y uso de la app móvil se recomienda aplicar nuevas funcionalidades basadas en el recorrido dentro y fuera del edificio principal. Para que pueda ser usado en todo momento y no solo en los sectores del centro arqueológico.

Finalmente, el explotar más módulos educativos que ofrezcan una mayor experiencia académica como desafíos que pongan a prueba todo lo adquirido durante el recorrido para un mayor incentivo en la participación de los visitantes como a estudiantes que visitan el lugar.

Las indicaciones mencionadas con anterioridad tienen el propósito de aumentar el impacto de la aplicación, así como el uso de las tecnologías informáticas en la cultura, con el fin de mantener una conexión con nuestro pasado y la historia que tratamos de mantener con vida en el diario vivir.

REFERENCIAS

- Alto, C. A. (s.f.). *Museo Real Alto*. Obtenido de <https://complejoculturalrealalto.org/historia/>
- Alvarado, B. A. (Enero de 2023). *Universidad del Azuay*. Obtenido de <https://revistas.uazuay.edu.ec/flip/uverdad/082/uazuay-uverdad-082-03.pdf>
- Celi, I. (24 de Mayo de 2021). *Observatorio de Políticas y Economía de la Cultura*. Obtenido de <https://observatorio.uartes.edu.ec/2021/05/24/museos-estado-de-situacion/>
- Chavez, A. F. (2022). Obtenido de <https://ed.team/blog/que-es-flutter-la-tecnologia-que-cambio-el-desarrollo-multiplataforma>
- CNN. (10 de Enero de 2024). *CNN en español*. Obtenido de <https://cnnespanol.cnn.com/2024/01/10/asi-funciona-estado-de-excepcion-ecuador-restricciones-horarios-duracion-orix/>
- DeCarli, G. (2007). *Un museo sostenible: museo y comunidad en la preservación activa del patrimonio*. Obtenido de <https://observatoriocultural.udgvirtual.udg.mx/repositorio/bitstream/handle/123456789/92/Unknown%20-%20Un%20Museo%20Sostenible.pdf>
- Guambaña, J. (24 de Agosto de 2022). *El Universo*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/los-aprietos-economicos-tienen-cerrado-el-museo-de-las-conceptas-un-sitio-que-guarda-obras-de-arte-religioso-nota/>
- Innovación, E. M. (24 de Noviembre de 2021). Obtenido de <https://evemuseografia.com/2021/11/24/impacto-de-las-nuevas-tecnologias-en-museos/>
- Laborales, F. p. (2015). *Fundación para la prevención de Riesgos Laborales*. Obtenido de <https://www.cej.es/portal/prl/implementat15/docs/NNTT/01.pdf>
- Mazza, A. (17 de Mayo de 2023). *El Mercurio*. Obtenido de <https://www.elmercurio.com.ec/2023/05/17/museos/>
- MTA University. (17 de Mayo de 2023). *Miami Technology & Arts University*. Obtenido de <https://mtau.us/importancia-museos-sociedad/>
- RA+. (2023). *Realidad Aumentada Click*. Obtenido de https://realidadaugmentada.click/realidad-aumentada-en-los-museos/#Que_son_los_museos_actualmente

Yumi, J. C. (2021). *Universidad Nacional del Chimborazo*. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/9423/1/Trabajo%20Final%20de%20Titulacion%20JCMALCA.pdf>