



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE INGENIERÍA

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

APLICACIÓN EN REALIDAD VIRTUAL PARA LA EXPOSICIÓN DE LAS OBRAS  
ARTÍSTICAS DEL MUSEO ARQUITECTÓNICO DE LA CIUDAD DE CAYAMBE

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:  
INGENIERÍA DE SOFTWARE, INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO EN TICs

AUTOR/A: MARLON ADRIAN BEJARANO CHANCOSI  
ASESOR/A: ÁLVARO MAURICIO CEVALLOS MARTINEZ

IBARRA, SEPTIEMBRE - 2022

Ibarra, 12 de septiembre de 2022

Mgs. Álvaro Mauricio Cevallos Martínez  
ASESOR

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



(f) .....

Mgs. Álvaro Cevallos.

C.C.: 1002494019

## PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



(f): .....

Mgs. Álvaro Cevallos

C.C.: 100249407-9



(f): .....

Mgs. José Ibarra

C.C.: 100264072-8



(f): .....

Mgs. Patricio Ruíz

C.C.: 100283652-4

## AUTORÍA

Yo, Marlon Adrian Bejarano Chancosi, portador de la cédula de ciudadanía N° 1727961078, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del (los) autor (es), y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f):  .....

Marlon Adrian Bejarano Chancosi

C.C.: 1727961078


## **DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN**

Yo: Marlon Adrian Bejarano Chancosi, con CC: 172796108, autor del trabajo de grado intitulado: APLICACIÓN EN REALIDAD VIRTUAL PARA LA EXPOSICION DE OBRAS ARTISTICAS DEL MUSEO ARQUITECTONICO DE LA CIUDAD DE CAYAMBE previo a la obtención del título profesional de INGENIERO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION, en la Escuela de INGENIERIA.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 12 de Septiembre del 2022

(f.).....  
Marlon Adrian Bejarano Chancosi

C.C. 172796108

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo MARLON ADRIAN BEJARANO CHANCOSI declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilizaciones de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 12 de Septiembre del 2020



Marlon Adrian Bejarano Chancosi

C.C.: 1227961075

## CERTIFICACIÓN ANTIPLAGIO

Yo ÁLVARO MAURICIO CEVALLOS RAMÍREZ, declaro que luego del proceso de revisión en el sistema antiplagio TURNITIN el porcentaje de similitud del trabajo de titulación denominado: APLICACIÓN EN REALIDAD VIRTUAL PARA LA EXPOSICIÓN DE LAS OBRAS ARTÍSTICAS DEL MUSEO ARQUITECTÓNICO DE LA CIUDAD DE CAYAMBE, es del 8%, de acuerdo al documento 1895262005.

En base a lo anterior, considero que el trabajo de titulación NO  SÍ  cumple los requisitos de originalidad y autenticidad, de acuerdo con los requisitos establecidos por la ley.

Ibarra, 8 septiembre 2022



Álvaro Cevallos Ramírez  
C.C / 1002494019

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a mis padres; José y Nelly y a mi hermana Isamar por haber sido siempre el apoyo y la fe en mi vida, quienes jamás me dejaron de apoyar y siempre hicieron lo mejor para motivarme y seguir adelante.

A mis abuelos quienes siempre apoyaron y fomentaron mi dedicación por el estudio, siempre estuvieron presentes de una u otra manera durante toda mi formación desde la escuela hasta la culminación de mi carrera profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi gratitud a Dios por permitirme culminar mi formación profesional, por cuidar siempre a mi familia y permitir formarme en un núcleo familiar unido que siempre estuvo velando por mí.

A mis compañeros de universidad, con los cuáles compartí muchos momentos de alegría e hicieron de la vida estudiantil algo mucho más llevable e inolvidable. Muchas gracias.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, y a los docentes de la carrera de Ingeniería quienes se encargaron de mi formación profesional en especial a mi mentora; Dra. Laura Guerra quién fue un pilar fundamental en el diseño y desarrollo de este trabajo. Muchas gracias.

## Índice

TABLA DE ILUSTRACIONES .....	X
RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
1. CAPITULO I – ESTADO DEL ARTE .....	5
1.1. ANTECEDENTES .....	5
1.2. CONCEPTOS CLAVE.....	9
1.2.2. VISORES DE REALIDAD VIRTUAL .....	10
1.2.4. UNITY.....	11
1.2.5. UNITY PREFABS .....	12
1.2.6. LOCOMOCIÓN EN VR .....	12
1.2.7. ANDROID.....	13
1.2.8. MICROSOFT AZURE-SERVICES.....	14
2. CAPÍTULO II – MATERIALES Y MÉTODOS. ....	15
2.1. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
2.2. TÉCNICAS .....	15
2.2.1. Observación Directa .....	15
2.2.2. Entrevistas .....	15
2.2.3. Encuestas .....	16
2.3. ALCANCE.....	16
2.4. METODOLOGÍA DE DESARROLLO .....	16
2.4.1. PLANIFICACIÓN: PRODUCT BACKLOG .....	17
2.4.1.1. Requisitos Funcionales .....	17
2.4.1.2. Requisitos no Funcionales .....	19
2.4.1.3. Almacenamiento de datos.....	21
2.4.1.4. Historias de Usuario.....	21
2.4.1.5. Módulos del sistema .....	28
2.4.1.6. Especificación de Interacciones.....	29
2.4.1.7. Descripción de Actividades. ....	30
2.4.1.7.1. Escaneo / Fotografía de las obras artísticas.....	30
2.4.1.7.2. Selección de los Assets de Unity para la construcción de la galería.....	30

2.4.1.7.3.	Creación de los <i>prefabs</i> de cada obra artística. ....	31
2.4.1.7.4.	Creación de los <i>prefabs</i> de la información de la obra artística. ....	31
2.4.1.7.5.	Implementación de los <i>prefabs</i> en la galería virtual. ....	31
2.4.1.7.6.	Compilación y prueba del proyecto. ....	31
2.4.2.	EJECUCIÓN: SPRINT .....	31
2.4.3.	CONTROL: PRUEBAS DEL PROYECTO .....	32
2.4.3.1.	Prueba 1. Funcionamiento de la aplicación en modalidad <i>VR</i> dentro de un dispositivo <i>Android</i> . ....	33
2.4.3.2.	Prueba 2. Traslación entre los diferentes puntos integrados en la galería virtual. 33	
2.4.3.3.	Prueba 3. Interacción del usuario con las obras artísticas.....	33
3.	CAPITULO III. RESULTADOS .....	34
3.1.	INTEGRACIÓN DE LA HERRAMIENTA UNITY Y EL SDK DE GOOGLE VR 34	
3.2.	DESARROLLO DE LA GALERÍA VIRTUAL .....	35
3.3.	CREACIÓN DE LAS OBRAS ARTÍSTICAS.....	37
3.4.	CREACIÓN DE LOS PUNTOS DE TRANSPORTE .....	39
3.5.	MENÚ PRINCIPAL .....	39
3.6.	PRUEBAS DE LA APLICACIÓN.....	40
3.7.	PRUEBAS DE ACEPTACIÓN.....	42
3.8.	ENTREGA DE LA APLICACIÓN AL MUSEO ARQUITECTÓNICO DE CAYAMBE. ....	45
	CONCLUSIONES .....	46
	RECOMENDACIONES.....	47
	REFERENCIAS.....	48
	ANEXOS .....	49

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama de datos .....	21
Ilustración 2. Módulos del sistema .....	28
Ilustración 3. Diagrama Caso de Uso Usuario.....	29
Ilustración 4. Diagrama Caso de uso Interacción .....	29
Ilustración 5. Caso de Uso Traslación .....	30
Ilustración 6. Uso Headset VR .....	33
Ilustración 7. Integración SDK .....	35
Ilustración 8. Modelo 3d de la galería .....	36
Ilustración 9. Importación del modelo 3d al proyecto.....	36
Ilustración 10. Creación de obras artísticas .....	37
Ilustración 11. Creación de audios.....	38
Ilustración 12. Descripción de obras artísticas. ....	38
Ilustración 13. Puntos de transporte.....	39
Ilustración 14. Menú Principal.....	40
Ilustración 15. Ejecución de la aplicación .....	41
Ilustración 16. Prueba galería .....	41
Ilustración 17. Prueba de interacción.....	42
Ilustración 18. Prueba de aplicación (1) .....	43
Ilustración 19. Prueba de aplicación (2) .....	43
Ilustración 20. Prueba de aplicación (3) .....	44
Ilustración 21. Prueba de aplicación (4) .....	44

## RESUMEN

La presente tesis expone el diseño y desarrollo de una galería en realidad virtual para exponer las obras artísticas del museo arqueológico de la ciudad de Cayambe. La tecnología en realidad virtual (VR) a recibido el apoyo de muchas empresas de talla internacional las cuáles brindan herramientas gratuitas para que los desarrolladores puedan empezar en esta tecnología. Los museos son grandes depósitos de cultura que pueden ser beneficiados de esta nueva tecnología para brindar una nueva experiencia para que el público pueda apreciar las obras artísticas desde cualquier parte del mundo, solo con su teléfono celular y un visor de VR. El trabajo se realizó con herramientas gratuitas: El SDK de Google VR y *Unity* el cuál es un motor de videojuegos que permite el desarrollo de aplicaciones para Android.

**PALABRAS CLAVES:** Sistema, Realidad virtual, Unity, tecnología, museo, obras artísticas.

## **ABSTRACT**

This document exposes the design and development of a virtual reality gallery to exhibit the artistic works of the archaeological museum of the city of Cayambe. Virtual reality (VR) technology has been supported by many international companies who provide free tools for developers to get started with this technology. Museums are great repositories of culture that can benefit from this new technology to provide a new experience so that the public can appreciate artistic works from anywhere in the world, only with their smartphone and a VR headset. The work was done with free tools: The Google VR SDK and Unity, which is a video game engine that allows the development of Android applications.

**KEY WORDS:** System, Virtual reality, Unity, technology, museum, artistic works.

## INTRODUCCIÓN

La Realidad Virtual (VR) es una tecnología que ha ido creciendo durante los últimos años, ya que empresas de nombre internacional han apoyado a su crecimiento brindando herramientas de acceso libre para los desarrolladores que quieran adentrarse a este mundo. La empresa *Google* lanzó sus propias herramientas para desarrollar experiencias en realidad virtual, *Google Cardboard SDK*, las cuales se pueden definir según Cañellas (2015) como gafas de realidad virtual de cartón, compatibles con todos los dispositivos Android e incluso con algunos dispositivos IOS.

Los teléfonos móviles rigen el mercado mundial por completo, es posible desenvolverse en la sociedad tecnológica sin un computador/laptop personal, solo con el teléfono móvil. Los dispositivos móviles mejoran su hardware año tras año. En la actualidad son capaces de brindar experiencias de realidad virtual de una manera accesible a los usuarios, ya que solo se necesita un dispositivo móvil y un visor de VR, el más económico de esto son las *Google Cardboard*, las cuáles su propio fabricante define como Google (2019) “Google Cardboard ofrece experiencias envolventes para todos de la manera más simple y accesible. Puedes hacer tu propio visor o comprar uno con la certificación Funciona con Google Cardboard”. La página web oficial indica que se puede comprar a partir de los \$9 dólares.

La virtualización es una de las mejores alternativas para brindar experiencias de entretenimiento y educación. La creación de escenarios virtuales puede motivar a los usuarios a interesarse por el aprendizaje en la cultura y arte. El museo arqueológico de la ciudad de Cayambe, el cual vio la cantidad de visitantes totalmente reducida, por la pandemia, consta de muchas piezas de valor para los usuarios. Actualmente solo se puede observar estas obras visitando el museo, ya que no se hace uso de la tecnología disponible para buscar una alternativa de exposición.

Este proyecto de investigación pretende ofrecer una experiencia en realidad virtual en la cual el usuario puede observar las obras del museo arqueológico de Cayambe desde cualquier lugar, no solo de manera local si no que busca expandir la apreciación que puede tener la cultura Cayambeña en más puntos del Ecuador e incluso de manera internacional, ya que

por medio de una aplicación móvil el usuario tendrá una forma inmersiva e interesante de acceder a las obras del museo.

El proyecto busca cumplir esta propuesta por medio del siguiente objetivo principal:

- Desarrollar una aplicación en realidad virtual para la exposición de las obras artísticas de la casa de la cultura de Cayambe, por medio de *Google VR* y *Unity* en la plataforma *Android*.

A partir de este último se desglosan los siguientes objetivos secundarios que se irán cumpliendo a medida que se realice la investigación:

- Determinar las obras de arte de la casa de la cultura que se expondrán en el ambiente de realidad virtual de acuerdo a su relevancia y estado físico, para buscar la preservación de las mismas.
- Implementar el *SDK* de *Google VR* en *Unity* haciendo uso de sus librerías para la creación y ejecución del proyecto en la plataforma *Android*.
- Diseñar el ambiente virtual y su recorrido haciendo uso de las herramientas propias de *Unity*, *probuilder*, y de *Assets* para la maquetación de la escena disponibles en la tienda de *Unity*.
- Programar las interacciones que se podrán tener con las obras artísticas en el ambiente virtual que servirán de complemento para la apreciación de las mismas.
- Evaluar el sistema con los encargados de la Casa de la cultura de Cayambe mediante pruebas funcionales para comprobar que el proyecto se ejecutó correctamente.

El presente trabajo consta de tres (3) capítulos: El primero describe las investigaciones bibliográficas y conceptos que sirven como antecedentes para la investigación. El segundo capítulo consta de las herramientas tecnológicas y el desarrollo del proyecto, utilizando la metodología *SCRUM* para el desarrollo de software. El tercer capítulo expone los resultados de la aplicación final y la evaluación del museo arqueológico de Cayambe.

## 1. CAPITULO I – ESTADO DEL ARTE

### 1.1. ANTECEDENTES

Refiriendo el trabajo de Ortiz (2006) “El rol de los museos como preservadores de objetos (artísticos y culturales) es esencial”, los museos son lugares destinados para la preservación y exposición de las obras artísticas, pero no son inmunes al paso del tiempo, el autor Ortiz (2006) plantea la siguiente propuesta “Para estos propósitos, la realidad virtual surge como una tecnología con un potencial práctico evidente, por su capacidad de llegar a los sentidos humanos.”

Los museos son una pieza invaluable de cultura de una localidad, muchas piezas necesitan de un cuidado especial por la antigüedad que tienen, y sufren un desgaste por el paso del tiempo. La tecnología puede servir como herramienta para crear una nueva forma de apreciación de estas piezas culturales en un medio que no se vea afectado por el tiempo.

La solución que plante Ortiz (2006) en su artículo es “la realidad virtual surge como una tecnología con un potencial práctico evidente”. Esta tecnología apenas se está empezando a desarrollar y todavía no ha mostrado su verdadera capacidad. El autor hace énfasis en el uso que se puede dar con las siguientes palabras “Es por ello que con dicha tecnología se puede lograr la construcción de una museografía virtual adecuada” mostrando el foco de su investigación, el cuál coincide con esta investigación; Desarrollar un museo en realidad virtual.

La realidad virtual hace uso de dispositivos de entrada, los cuales no se puede resumir a un dispositivo tipo *mouse*, ya que el usuario necesita un hardware mucho más potente, pero que resulta mucho más costoso. Ortiz usa como base de su investigación el desarrollo de realidad virtual para *Desktop*, ya que solo la computación de escritorio puede tolerar el desarrollo de realidad virtual. Su trabajo sirve para motivar las investigaciones en el desarrollo de realidad virtual orientada a museos, buscando siempre la accesibilidad del software resultante y la preservación de las obras artísticas en un activo digital imperecedero en el tiempo.

Los dispositivos móviles todavía no pueden rivalizar en su totalidad con la capacidad de procesamiento hardware con los equipos de escritorio, pero su potencia es suficiente para cumplir lo planteado en la investigación de Ortiz, ya que actualmente los dispositivos móviles pueden ser capaces de ejecutar correctamente experiencias de realidad virtual.

La definición de un Museo Virtual 3-D según Zapatero (2007) es “Museo Virtual 3D inmersivo es aquel en el que el usuario está rodeado por la escena y utiliza periféricos de inmersión como cascos estereoscópicos”. Esta definición se ajusta muy bien al objetivo de este proyecto, ya que el usuario estará inmerso en la aplicación para poder apreciar las obras artísticas.

Zapatero expone que en su investigación el uso de realidad virtual no inmersiva es menos interactiva, pero más aceptada por los usuarios ya que tiene una forma de uso más sencilla.

Por su parte, en su investigación Quispe (2019) se basa en la idea de la preservación del patrimonio cultural de inmuebles por medio del desarrollo de un recorrido virtual de la calle JAÉN, de la ciudad de Bolivia.

Quispe señala 4 aspectos que debe tener la realidad virtual en un orden determinado.

**Modelado.** “Determina la escala del proyecto, el área, la delimitación” y los dispositivos que se usará para el desarrollo del proyecto, en este caso *Cardboard*.

**Simulación.** “Pretende imitar aspectos de la vida real con el fin de hacer sentir al usuario una experiencia casi perfecta en un mundo paralelo al real”, esta es el eje central de la realidad virtual.

**Interacción.** “Es un punto definitivo para separar un proyecto de realidad virtual con un simple video educativo”. La realidad virtual busca que el usuario se sienta parte de la experiencia que está visualizando, no solo como un espectador que mira una película.

**Percepción.** “La realidad virtual debe ser más que un simple simulador por computadora” La realidad virtual sería inútil si el usuario no percibe algo más “realista” para que sea válido como un entrenamiento o como aprendizaje. El trabajo de Quispe se enfoca en el traslado de una calle de la ciudad de Argentina a un mundo virtual accesible desde un dispositivo con

*Android*, su uso de las herramientas de *Cardboard* y *Unity* demuestra el potencial de estas herramientas para crear experiencias de realidad virtual.

La investigación de Piscitelli (2016) recoge una gran cantidad de proyectos en realidad virtual que se están desarrollando a lo largo del mundo de los cuáles se puede destacar el trabajo de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) “Procura la expansión de la cultura universal a través del ciberespacio. Un espacio cibernético de educación pública alternativa para la difusión del diseño, las ciencias y las artes”.

La investigación de la Piscitelli se aplica a la realidad virtual no inmersiva, haciendo énfasis en la gratuidad de su aplicación y que sea accesible desde cualquier navegador de internet, además de recopilar fuentes que muestran el interés de varias entidades internacionales en la implementación de VR en sus museos, como el caso de la UAM.

Haciendo referencia al trabajo de Aponte (2021), en sus investigaciones previas describe el uso que se le da a la realidad virtual para recrear en un ambiente virtual, un parque con grandes áreas verdes y columpios. Esta experiencia estaba destinada para niños que estuvieran por grandes períodos de tiempo internos en hospitales, buscando mejorar su estado de ánimo de una manera segura, simulando que pueden salir y pasear en lugar de estar confinados en un hospital.

Aponte (2021) enfoca la realidad virtual como herramienta complementaria en la educación, al plantear una aplicación educativa sobre dinosaurios, para buscar la expansión del conocimiento y motivar a los niños a aprender sobre los dinosaurios.

Todas estas investigaciones que funcionan como antecedente de este proyecto convergen en un mismo objetivo, ofrecer una experiencia que sirva como expansión cultural y preservación de la información de una manera más interactiva. La realidad virtual es una herramienta que se puede usar para educación, ocio, entretenimiento, depende del desarrollador el enfoque que le dé a su aplicación y el legado que quiere dejar con ella.

Los proyectos de realidad virtual no buscan suplantar la forma física de los museos ni mucho menos, si no mejorar la difusión de las obras con una alternativa más accesible y sin limitantes por la traslación a los museos.



## 1.2. CONCEPTOS CLAVE

### 1.2.1. REALIDAD VIRTUAL

Se puede definir a la realidad virtual según Piscitelli (2016) como “un medio interactivo compuesto por simulaciones de computadora, que detecta la posición y las acciones del participante y reemplaza o aumenta la respuesta a uno o más sentidos, dando la sensación de estar mentalmente inmerso en el mundo virtual.”

El precursor de esta tecnología fue Morton Heilig, un joven cineasta quién en el año 1956 desarrolló una patente del sensorama.

El padre de la realidad virtual cuyo trabajo definió el propio término, es Ivan Sutherland el cuál con su trabajo doctoral en el año 1965 “*The Ultimate Display*” definió que el sistema debería permitir al usuario interactuar con los ordenadores mediante más sus sentidos completos, incluyendo el gusto y el olfato.

Los avances tecnológicos siguieron su curso, hasta que, en la década de 1980, de la mano de la NASA aparecen los primeros simuladores de vuelo en computador, y aparecen los periféricos que nos acompañan hasta el día de hoy: el casco visor, y los guantes.

#### **Características de los visores VR**

- **Visión estereoscópica.** Según el curso de realidad virtual dictado por Mariano Sosa (2019) la visión estereoscópica es la división la pantalla en el dispositivo de realidad virtual, para proyectar una imagen en cada ojo o lente del visor. Gracias a esto se consigue el efecto tridimensional más inmersivo.

Es de la técnica que se aplica en todos los dispositivos y proyectos de realidad virtual.

- **Campo de visión.** Partiendo de las siglas en ingles FOV (*Field of view*), es la amplitud de visión que tendrá el usuario del mundo virtual. Haciendo referencia al trabajo de Sosa (2019) “Cuanto mayor sea el campo de visión, mayor será la inmersión del usuario”.
- **Resolución de pantalla.** Es uno de los aspectos de hardware de los dispositivos VR. La pantalla se encuentra a centímetros de los ojos del usuario, por lo cual a esa

distancia se requiere de una pantalla con mayor resolución de píxeles para que las imágenes proyectadas puedan verse correctamente, sin distorsión.

### 1.2.2. VISORES DE REALIDAD VIRTUAL

A continuación, se describen las empresas más involucradas en el desarrollo de visores para realidad aumentada.

#### **META QUEST**

La empresa *META QUEST*, antes *OCULUS*. Es una empresa que forma parte de *META*, antes *FACEBOOK*, encargada del diseño e investigación de su visor de realidad virtual. Es una de las empresas que en los últimos meses ha causado más revuelo, al presentar su idea del “metaverso” un universo virtual al cuál se podrá acceder con el visor y permitirá una interacción mucho mayor a la existente en la red social *Facebook*. Es una idea que apenas inicia, y no se esperan avances reales hasta dentro de 10 años.

#### **HTC VIVE**

Es un dispositivo de realidad virtual, el cual consta del visor, controles y cámaras para el posicionamiento del usuario. *HTC* siempre ha tratado de despuntar en el apartado tecnológico ya que su dispositivo es el más avanzado en componentes, pero también el más costoso. El año pasado, también presentaron su propuesta de metaverso, llamado *VIVERSE*, el cual se describe en su página web *HTC* (2021) como “El *viveverso* es un ecosistema metaverso que conecta a personas de todos los ámbitos de la vida a un mundo virtual abierto y accesible.”

#### **PS-VR**

Es el dispositivo de realidad virtual de la empresa *Sony*, para usarse en conjunto con la consola de entretenimiento *PS4*. Es un dispositivo totalmente orientado a los videojuegos a diferencia de los dos (2) anteriores. Los cuáles no buscan solamente el entretenimiento, sino la interacción entre usuarios.

## VISORES VR MÓVILES

En la realidad virtual para los dispositivos móviles que ejecutan el sistema *Android*, existen multitud de empresas que los elaboran, ya que estos dispositivos se pueden definir como un visor de plástico, en el cual se colocará el teléfono móvil para funcionar como un dispositivo de realidad virtual.

### 1.2.3. GOOGLE VR

*Google VR* es el *SDK* de *Google* el cuál fue creado para las gafas de realidad de la propia empresa, *Google Cardboard*. Estas gafas era un visor de cartón sin sujetadores para la cabeza con los cuál es *Google* busca que los usuarios tengan un punto de acceso a la realidad virtual muy accesible.

El *SDK* es de código abierto (*open Source*) por lo cual cualquier desarrollador puede hacer uso del mismo para cualquier proyecto. Citando la página de desarrolladores de *Google Cardboard* (2021) “Puedes usar *Cardboard SDK* para convertir un teléfono inteligente en una plataforma de realidad virtual. Un teléfono inteligente puede mostrar escenas en 3D con representación estereoscópica, rastrear y reaccionar a los movimientos de la cabeza e interactuar con aplicaciones al detectar cuándo el usuario presiona un botón”.

Un *SDK* es un complemento de desarrollo para una aplicación. La aplicación que se utilizará en esta investigación es *Unity Engine*, el cual tiene una buena integración con *Cardboard VR* para poder trabajar.

### 1.2.4. UNITY

Unity es una herramienta (*Game Engine*) para desarrollar videojuegos creada por la empresa Unity Technologies.

La herramienta ha trascendido el ámbito de los videojuegos, con la creación de herramientas complementarias. Citando su descripción oficial Unity (2022), las herramientas con las cuáles cuenta son:

**Unity Reflect.** Un conjunto de productos para crear experiencias 3D en tiempo real, con Realidad Aumentada (AR) y VR, a partir de modelos BIM para coordinar revisiones de ingeniería y diseño.

**Unity Computer Vision.** Acelera el entrenamiento de tus modelos de visión computarizada y supera las barreras que presenta la generación de datos del mundo real mediante la creación de datos sintéticos a gran escala.

**Simulación robótica.** Crea prototipos de tus robots, pruébalos y entrénalos en simulaciones realistas de alta fidelidad antes de implementarlos en el mundo real.

Soluciones de la interfaz hombre-máquina (HMI). Extiende el poder del renderizado en tiempo real en todos los sistemas de entretenimiento, los grupos de instrumentos digitales y las visualizaciones frontales.

Estos son algunos de los componentes más destacables de *Unity*. La herramienta es muy poderosa, y ofrece una licencia gratuita para usar los componentes básicos sin costo, mientras los ingresos generados no superen los \$100 000.

El licenciamiento profesional, que brinda todas las capacidades del *software* tiene un costo de \$1800 dólares/ persona, el costo puede disminuir según el número de licencias que necesite el equipo desarrollador.

La aplicación está construida sobre el lenguaje de programación C#, y las aplicaciones que se desarrollan utilizando el motor se realizan con el mismo lenguaje.

#### 1.2.5. UNITY PREFABS

Citando la documentación oficial ofrecida por Unity (2022) “El prefab actúa como una plantilla a partir de la cual se pueden crear nuevas instancias del objeto en la escena. Cualquier edición hecha a un prefab asset será inmediatamente reflejado en todas las instancias producidas por él.”

Los prefabs buscan optimizar el tiempo de desarrollo al no tener que estar realizando la misma acción de creación de un objeto dentro de *Unity*, sino creando una plantilla de la cuál agrega componentes a los objetos.

#### 1.2.6. LOCOMOCIÓN EN VR

Haciendo referencia al trabajo de Sosa (2019). La locomoción en realidad virtual es la capacidad que se le da al usuario para moverse por el ambiente virtual. Se puede clasificar la locomoción en tres (3) grupos.

**Desplazamiento.** Es la capacidad del usuario para moverse a un punto determinado ya sea por movimientos de la cabeza con el visor colocado, o por el uso de componentes externos al visor, pueden ser controles o sensores de posición.

Este desplazamiento es uno de los más aplicados en el desarrollo de videojuegos en *VR*, ya que en los videojuegos es un requisito utilizar controles para poder interactuar con el mundo virtual, por lo cual la implementación de la locomoción con los controles se puede realizar de manera correcta.

**Roller Coaster.** Se puede traducir como “montaña rusa”. En este tipo de movimiento el recorrido por el mundo virtual ya está definido por una ruta estricta, teniendo una velocidad y orden definidos por los desarrolladores. Es el movimiento más usado en las experiencias de cine *VR* ya que el orden de elementos en pantalla influye en la experiencia que se desea mostrar.

**Teletransportación.** Es el tipo de movimiento más usado en la industria por la facilidad de implementación. Sosa explica en su trabajo que es el tipo de locomoción que más se adapta a los usuarios y menos mareos puede producir, ya que el usuario decide cuando y a donde moverse, sin tener que depender de un elemento externo al visor *VR*.

En el desarrollo de esta investigación se optó por este tipo de locomoción, en la cual el usuario posará por unos segundos, la visión en un punto determinado para poder transportarse a dicho punto.

#### 1.2.7. ANDROID

Es un sistema operativo desarrollado originalmente para los teléfonos móviles, pero en la actualidad se lo puede encontrar en televisores inteligentes, *tablets*, dispositivos de domótica entre otros.

Es un sistema operativo basado en el núcleo Linux. Molina (2012) explica que el sistema originalmente fue desarrollado por la *Open Handset Alliance*, un equipo liderado por *Google*, usando herramientas de código abierto.

La función original era permitir a los desarrolladores acceder a todos los recursos con los que cuenta el teléfono móvil al momento del desarrollo, para que las aplicaciones puedan sacar el máximo provecho al dispositivo.

#### 1.2.8. MICROSOFT AZURE-SERVICES

Azure es un servicio de computación en la nube creado por Microsoft para la construcción, administración y despliegue de servicios mediante el uso de los centros de datos de Microsoft.

Citando la descripción de Microsoft (2022) “Es una plataforma de pago por uso que integra servicios completos en la nube pública”.

Para esta investigación se hizo uso del servicio Text to Speech brindado por Azure para transformar texto a voz con un resultado mucho más natural gracias a que el sistema hace uso de inteligencia artificial para la transformación de texto.

## 2. CAPÍTULO II – MATERIALES Y MÉTODOS.

### 2.1. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es aplicativa, ya que se busca crear una nueva forma de apreciación y disseminación cultural de las obras en el museo arqueológico de Cayambe, además de buscar la integridad de las obras en un medio no perecedero al tiempo. Para el levantamiento de requisitos y delimitación del alcance del proyecto se aplicaron distintas técnicas: entrevistas, observación y encuestas.

### 2.2. TÉCNICAS

Se utilizaron tres (3) técnicas en el desarrollo del proyecto: observación directa, entrevistas y encuestas, mismas que se usaron para el levantamiento de requisitos funcionales del proyecto, y para definir el alcance. La recolección de información se aplicó a los tres (3) encargados del museo arqueológico de Cayambe, con la autorización del señor Jimmy Salgado; Director de turismo, cultura y patrimonio.

#### 2.2.1. Observación Directa

La observación directa se aplicó al entorno que sirve de referencia a la aplicación; El museo arqueológico de la ciudad de Cayambe. Además, esta técnica sirvió para la selección de las obras artísticas que estarán dentro del proyecto, en conjunto con las encuestas para la definición del alcance.

#### 2.2.2. Entrevistas

La entrevista se aplicó de manera abierta con el director del museo: Sr. Jimmy Salgado en donde se explicaron las funcionalidades base que debe tener la aplicación para un entorno VR, traslación e interacción con objetos 3-D. Por medio de esta técnica, también se logró recopilar información sobre las limitantes que se tiene al trabajar con las obras artísticas del museo por ser consideradas patrimonio. Se definió la inclusión de las obras artísticas por medio de fotografías, descartando el análisis de las obras a objetos 3-D por su costo para el proyecto, y por la restricción de manipulación para su escaneo. La entrevista reveló la necesidad de aplicar encuestas para definir qué obras artísticas se incluirán dentro del proyecto

### 2.2.3. Encuestas

En conjunto con la observación directa al recorrer el museo, se aplicó la encuesta de forma tradicional con el Sr. Jimmy Salgado. Las encuestas se utilizaron para la selección de las obras artísticas que forma parte del proyecto utilizando el formato de la Tabla 1.

Tabla 1. Formato de Encuestas

Variable	Descripción	
Identificación de la pintura	Código con el cuál se identificará la obra. dentro de la aplicación	
Nombre de la pintura	Nombre con el cuál se identifica a la obra dentro del museo	
Autor	Nombre del autor de la obra artísticas.	
Año de publicación	Año de la publicación de la obra.	
Descripción	Detalles/ contexto de la obra artísticas. Esta información es la que se presentará dentro de la aplicación junto con la obra.	
Prioridad de conservación	Prioridad que tiene la pintura para buscar su conservación dentro de la aplicación.	Alta
		Media
		Baja

### 2.3. ALCANCE

El análisis de las encuestas realizadas y la entrevista con el encargado del museo definieron el desarrollo del proyecto con la inclusión de diez (10) obras para el desarrollo del proyecto: tres (3) murales, cuatro (4) fotografías y tres (3) pinturas. La digitalización de estas obras se realizó por medio de fotografías para evitar posible daño por mala manipulación.

### 2.4. METODOLOGÍA DE DESARROLLO

El proyecto utiliza la metodología SCRUM, con la cual se desarrollaron todas las actividades que se plantearon en él proyecto, por medio de ciclos semanales (*sprint*) priorizando la obtención de resultados después de cada ciclo. La metodología consta de tres (3) partes: Planificación, Ejecución (*sprint*), Control. El levantamiento de requisitos se realizó en base al estándar IEEE-830-1998, usando como referencia el modelo detallado en el documento Práctica recomendada para especificaciones de requisitos de software.

### 2.4.1. PLANIFICACIÓN: PRODUCT BACKLOG

En esta fase se definieron los requisitos iniciales del proyecto para la ejecución del primer *sprint*. La metodología SCRUM permite el avance del desarrollo, aunque todos los requisitos no estén definidos al principio, esta flexibilidad hace que el desarrollo del proyecto pueda tolerar la inclusión de más requisitos o cambios de los ya existentes.

#### 2.4.1.1. Requisitos Funcionales

Los requisitos funcionales se generaron a partir de la entrevista con los encargados del museo. A continuación, se detallan los requisitos funcionales desde la tabla 02 hasta la tabla 06

Tabla 2. Requisito Funcional 01

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RF01
<b>Nombre del requerimiento</b>	Interfaz del sistema - Menú
<b>Características</b>	El sistema debe presentar un menú al iniciarse, para acceder al museo virtual, o para cerrar la aplicación.
<b>Descripción del requerimiento</b>	El sistema permite al usuario desplazarse por el menú y seleccionar las opciones solo con el movimiento de su cabeza.
<b>Requerimiento NO funcional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RNF01</li> <li>• RNF02</li> </ul>
<b>Prioridad del requerimiento:</b>	Alta

Tabla 3. Requisito Funcional 02

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RF02
<b>Nombre del requerimiento</b>	Diseño de la galería virtual
<b>Características</b>	La apreciación de las obras artísticas se realizará en una galería virtual.
<b>Descripción del requerimiento</b>	El sistema permitirá que los usuarios puedan ver las obras artísticas en un ambiente virtual diseñado en <i>Unity</i> .
<b>Requerimiento NO funcional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RNF01</li> <li>• RNF02</li> </ul>
<b>Prioridad del requerimiento:</b>	Alta

Tabla 4. Requisito Funcional 03

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RF03
<b>Nombre del requerimiento</b>	Movimiento del usuario dentro del ambiente virtual.
<b>Características</b>	Los usuarios deben poder moverse por medio del ambiente virtual hacia las distintas obras.
<b>Descripción del requerimiento</b>	El sistema permitirá que los usuarios se muevan dentro de la aplicación al apuntar la vista unos segundos en un punto determinado.
<b>Requerimiento NO funcional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RNF01</li> <li>• RNF02</li> </ul>
<b>Prioridad del requerimiento:</b>	
Alta	

Tabla 5. Requisito Funcional 04

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RF04
<b>Nombre del requerimiento</b>	Interacción del Usuario con las obras.
<b>Características</b>	El usuario debe ser capaz de interactuar con las obras dentro del sistema.
<b>Descripción del requerimiento</b>	El usuario debe poder interactuar con las obras artísticas sin la necesidad de utilizar la pantalla de su dispositivo, solo con la mirada.
<b>Requerimiento NO funcional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RNF01</li> <li>• RNF02</li> </ul>
<b>Prioridad del requerimiento:</b>	
Alta	

Tabla 6. Requisito Funcional 05

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RF05
<b>Nombre del requerimiento</b>	Integración de las obras artísticas en el ambiente virtual.
<b>Características</b>	Las obras artísticas se integran en el ambiente virtual para su apreciación

<b>Descripción del requerimiento</b>	El sistema contará con las versiones digitales de cada obra artísticas, para que los usuarios puedan apreciarlas e interactuar con ellas.
<b>Requerimiento NO funcional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RNF01</li> <li>• RNF02</li> </ul>
<b>Prioridad del requerimiento:</b>	
Alta	

Tabla 7. Requisito Funcional 06

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RF06
<b>Nombre del requerimiento</b>	Creación de GameObject por cada obra artística
<b>Características</b>	Cada obra artística cuenta con sus descripción y diseño propio dentro del sistema.
<b>Descripción del requerimiento</b>	El sistema identifica cada obra artística como un GameObject, abarcando el diseño 3d, posición y descripción de la obra.
<b>Requerimiento NO funcional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RNF01</li> <li>• RNF02</li> </ul>
<b>Prioridad del requerimiento:</b>	
Alta	

#### 2.4.1.2. Requisitos no Funcionales

Se detallan los requisitos no funcionales del proyecto desde la Tabla 8 hasta la Tabla 11.

Tabla 8. Requisito no funcional 01

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RNF01
<b>Nombre del requerimiento</b>	Integración de <i>Google Vr SDK</i> con <i>Unity</i>
<b>Características</b>	Instalación del <i>SDK</i> de <i>Google Vr</i> para empezar el desarrollo del proyecto.
<b>Descripción del requerimiento</b>	El <i>SDK</i> de <i>Google Vr</i> ofrece las herramientas necesarias para el desarrollo de la aplicación en plataformas Android.
<b>Requerimiento NO funcional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RNF01</li> </ul>
<b>Prioridad del requerimiento:</b>	
Alta	

Tabla 9. Requisito no funcional 02

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RNF02
<b>Nombre del requerimiento</b>	Ejecución del sistema dentro de un visor VR
<b>Características</b>	Se recomienda que la ejecución del sistema sea en un dispositivo móvil ubicado dentro de un visor VR
<b>Descripción del requerimiento</b>	La aplicación puede ejecutarse en un sistema Android sin el visor VR, pero no es recomendable ya que arruina la experiencia.
<b>Prioridad del requerimiento:</b>	Alta

Tabla 10. Requisito no funcional 03

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RNF03
<b>Nombre del requerimiento</b>	Digitalización de las obras artísticas.
<b>Características</b>	Se digitalizarán las obras artísticas para la inclusión en el sistema por medio de una cámara digital
<b>Descripción del requerimiento</b>	El proceso de digitalización se realizará con un fotógrafo para garantizar la máxima calidad en el resultado.
<b>Prioridad del requerimiento:</b>	Alta

Tabla 11. Requisito no funcional 04

<b>Identificación del requerimiento:</b>	RNF04
<b>Nombre del requerimiento</b>	Sistema Operativo Android
<b>Características</b>	El proyecto está destinado a ejecutarse en dispositivos Android con versiones superiores a 4.2
<b>Descripción del requerimiento</b>	El SDK de Google VR necesita de una versión mínima de Android para poder ejecutarse, además el dispositivo debe contar con acelerómetro y giroscopio.
<b>Prioridad del requerimiento:</b>	Alta

### 2.4.1.3. Almacenamiento de datos.

El proyecto no utiliza una base de datos para el almacenamiento de la información. Se hace uso de la herramienta *Unity* con la cual la información de la obra artística, imagen representativa y modelo 3-d se combinan en un solo objeto llamado *prefab*. Una vez finalizado el diseño de la aplicación se compila todos los *prefbas*, incluyendo la codificación y el escenario, en una aplicación con formato *.APK* para su instalación en dispositivos *Android*, como se puede observar en la ilustración 1. La aplicación no requiere de acceso a internet para funcionar, ya que todos sus componentes están integrados.

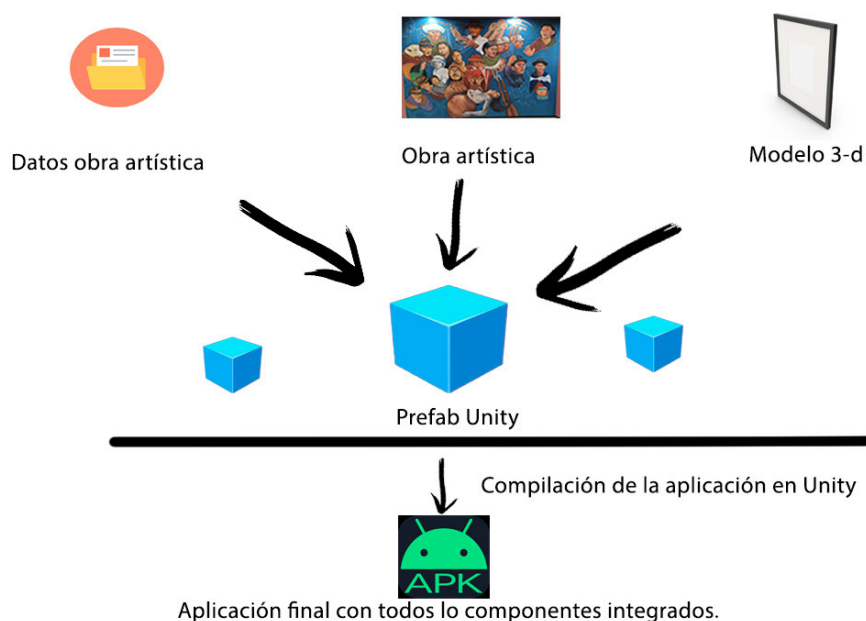


Ilustración 1. Diagrama de datos

### 2.4.1.4. Historias de Usuario

Una vez definidos los requisitos con los que cuenta el proyecto, se especificaron las historias de usuario definiendo cada elemento que participa en el proyecto, se explican los objetos centrales del proyecto. A partir de la tabla 12 hasta la 22 se explican cada obra artística, junto con su información e imagen para la inclusión en el proyecto.

Tabla 12. Historia de Usuario 01

Historia de Usuario
---------------------

Número:	1	Usuario:	Todos
Nombre de la Historia:	Menú		
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Medio
Programador Responsable	Marlon Bejarano		
Descripción:			
El menú es la primera pantalla que observara el usuario al abrir la aplicación, permite el ingreso del usuario a la galería virtual y el cierre de la aplicación.			
Observaciones:			

Tabla 13. Historia de Usuario 02

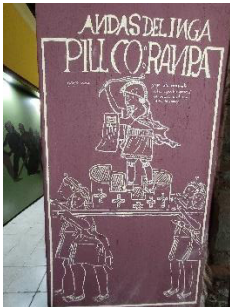
Historia de Usuario			
Número:	2	Usuario:	Todos
Nombre de la Historia:	Pintura 1- Andas del inca pillco Ranpa		
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Medio
Programador Responsable	Marlon Bejarano		
Descripción:		Imagen:	
<p>Autor: Archivo GAD (Gobierno autónomo descentralizado) de Cayambe. Pintura que describe el viaje de un Inca</p>			
Observaciones:			

Tabla 14. Historia de Usuario 03

Historia de Usuario			
Número:	3	Usuario:	Todos
Nombre de la Historia:	Pintura 2- Corte Estratigráfico		
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Medio
Programador Responsable	Marlon Bejarano		
Descripción:		Imagen:	
<p>Autor: Archivo GAD Cayambe.</p>			


Identificación de las capas de tierra que componen el terreno del suelo y la ubicación de las vasijas.	
Observaciones:	

Tabla 15. Historia de Usuario 04


Historia de Usuario			
Número:	4	Usuario:	Todos
Nombre de la Historia:	Pintura 3- La historia en el tiempo		
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Medio
Programador Responsable	Marlon Bejarano		
Descripción:	Imagen:		
<p>Autor: Archivo GAD Cayambe.  Clasificación de la evolución de los incas, desde el poblamiento de América hasta el señorío étnico.</p>			
Observaciones:			

Tabla 16. Historia de Usuario 05

Historia de Usuario			
Número:	5	Usuario:	Todos
Nombre de la Historia:	Pintura 4- El décimo Capitán CHALLCO: CHIMA		
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Medio
Programador Responsable	Marlon Bejarano		
Descripción:	Imagen:		

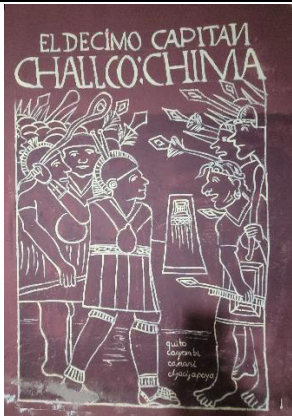
<p>Autor: Archivo GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado) de Cayambe. Mural que muestra el enfrentamiento entre indígenas y españoles</p>	
<p>Observaciones:</p>	

Tabla 17. Historia de Usuario 06


Historia de Usuario			
Número:	6	Usuario:	Todos
Nombre de la Historia:	Pintura 5 - Yunta		
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Medio
Programador Responsable	Marlon Bejarano		
Descripción:	Imagen:		
<p>Autor: GAD Cayambe. Herramienta usada por los indígenas para la preparación de los terrenos para la siembra de papas y maíz. Impulsada por bueyes y guiada por un hombre.</p>			
Observaciones:			

Tabla 18. Historia de Usuario 07

Historia de Usuario			
Número:	7	Usuario:	Todos
Nombre de la Historia:	Mural 1- Saberes Ancestrales		
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Medio
Programador Responsable	Marlon Bejarano		
Descripción:	Imagen:		
En los Andes del Ecuador, la representación simbólica del tiempo toma forma de un espiral.			
Observaciones:			

Tabla 19. Historia de Usuario 08

Historia de Usuario			
Número:	8	Usuario:	Todos
Nombre de la Historia:	Pintura 6 – Dolores Cacuango		
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Medio
Programador Responsable	Marlon Bejarano		
Descripción:	Imagen:		
Autor: Eduardo Castro. Dolores Cacuango, una breve descripción de su vida y obra por la lucha de los derechos de los indígenas.			

Observaciones:

Tabla 20. Historia de Usuario 09

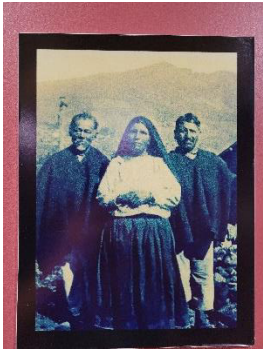
Historia de Usuario			
Número:	9	Usuario:	Todos
Nombre de la Historia:	Fotografía 1- Dolores Cacuango con Nelo Martínez		
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Medio
Programador Responsable	Marlon Bejarano		
Descripción:	Imagen:		
Autor: Archivo GAD Cayambe. Dolores Cacuango nació en San Pablo, 26 de octubre de 1881. Expositora e icono de la lucha por la defensa de los campesinos de la zona de Muyurco y Pesillo.			
Observaciones:			

Tabla 21. Historia de Usuario 10

Historia de Usuario			
Número:	10	Usuario:	Todos
Nombre de la Historia:	Pintura 7 – Transito Amaguaña		
Prioridad:	Alta	Riesgo:	Medio
Programador Responsable	Marlon Bejarano		
Descripción:	Imagen:		
Autor: Archivo GAD Cayambe. Transito Amaguaña. Nacida en Pesillo el 19 de septiembre de 1909. Participó en la			



### 2.4.1.5. Módulos del sistema

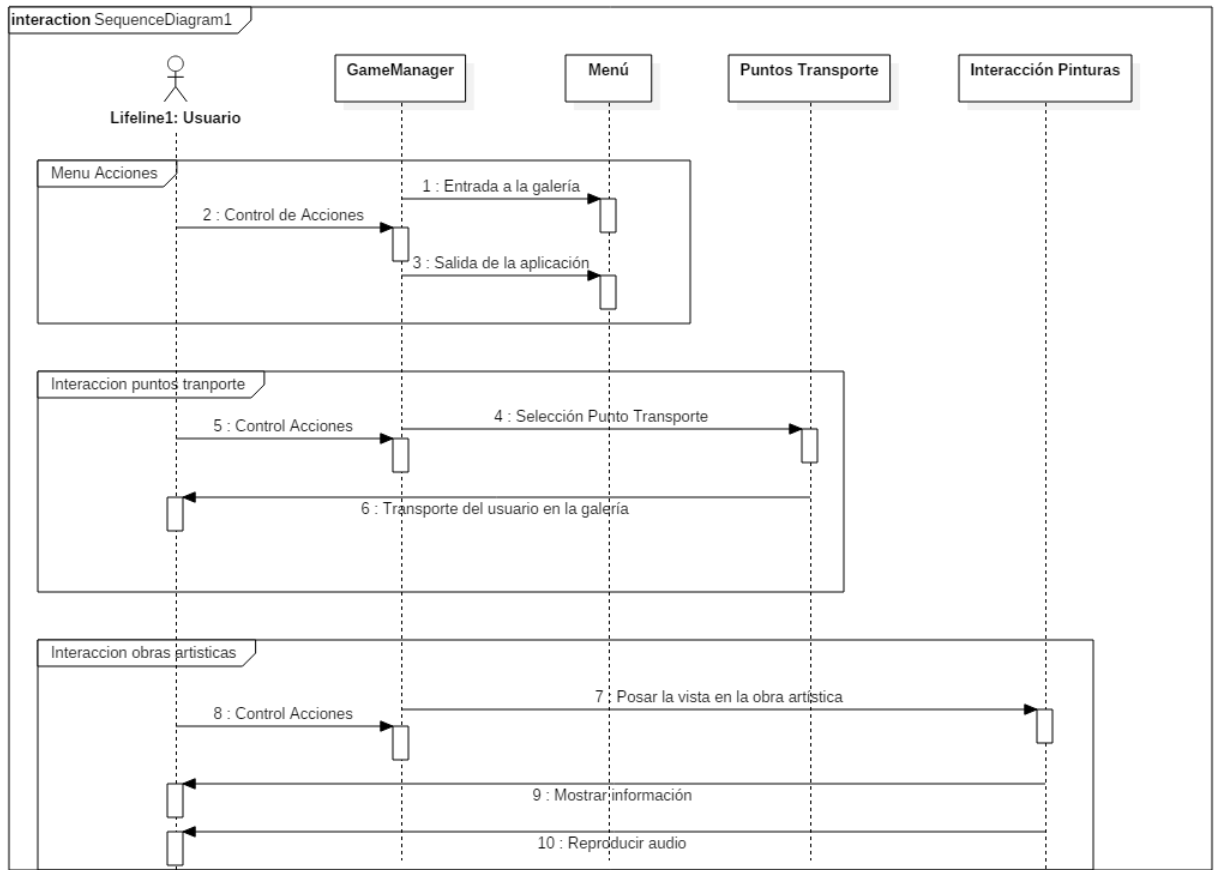


Ilustración 2. Módulos del sistema

La aplicación consta de 3 módulos como se puede observar en la ilustración 2. El GameManager es el objeto central por el cuál se realiza la interacción con los demás módulos. Los puntos de transporte comparten una clase base la cuál tiene coordenadas en x, y, z ubicadas dentro del modelo 3-d de la galería.

El usuario puede interactuar con el menú por medio del GameManager, para poder ingresar a la galería o salir de la aplicación.

Una vez dentro de la galería el usuario puede seleccionar los distintos puntos de transporte con los cuáles moverse dentro de la galería virtual. Estos puntos de transporte tienen su propia instancia de clase, y el movimiento de traslación se realiza desde el GameManager.

### 2.4.1.6. Especificación de Interacciones.

Una vez definidos las historias de usuario sobre cada componente que forma parte del proyecto, se planteó la especificación de interacciones por medio de diagramas de caso de uso.

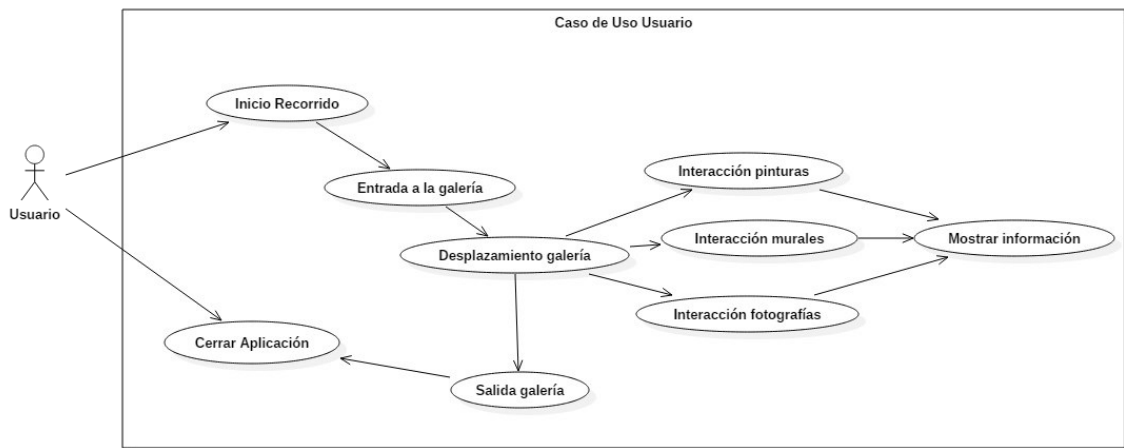


Ilustración 3. Diagrama Caso de Uso Usuario.

En la ilustración 1, se muestra la interacción que el usuario tendrá con el menú principal y dentro de la galería virtual. Se muestra de manera general las funciones de la aplicación.

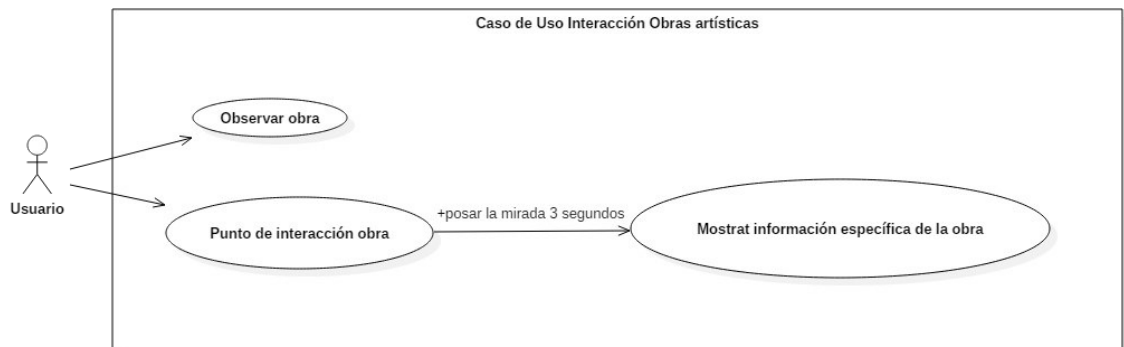


Ilustración 4. Diagrama Caso de uso Interacción

La ilustración 2 muestra las acciones que el usuario puede realizar dentro del sistema, con cada obra artística. Las obras artísticas funcionan como objetos independientes con su propio modelo 3d y su propia interacción.

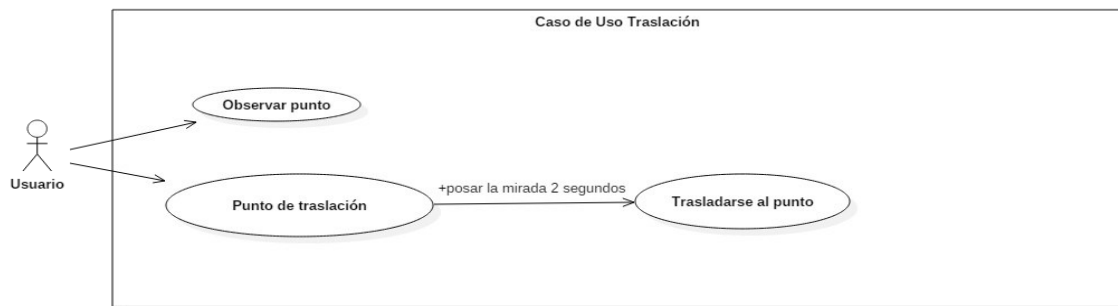


Ilustración 5. Caso de Uso Traslación

En la ilustración 3 se representa la forma en la que el usuario puede moverse por la galería virtual, haciendo uso de puntos definidos el usuario debe posar la vista durante 2 segundos para transportarse a dicho punto.

#### 2.4.1.7. Descripción de Actividades.

Una vez analizados los requisitos de la planificación y definidos las interacciones, se plantearon las siguientes actividades para el desarrollo de la aplicación.

##### 2.4.1.7.1. Escaneo / Fotografía de las obras artísticas.

Esta actividad consistió en tomar fotografías de las obras artísticas para su implementación en la galería virtual. Se realizó en el museo arquitectónico de la ciudad de Cayambe.

##### 2.4.1.7.2. Selección de los Assets de Unity para la construcción de la galería.

*Unity* ofrece dentro de su tienda un gran número de *Assets* de forma gratuita y de paga, por lo cual se hizo uso de la herramienta integrada TextMeshPro de *Unity* para la creación de los textos que se mostrarán dentro de la aplicación; el menú principal, y la información de cada obra artística.

Los *Assets* también están disponibles en más páginas además de *Unity* por lo cual se hará uso del modelo ART Gallery VR disponible en la página *sketchfab* con licencia libre para su uso.

Una vez ya definidos los *Assets* se importaron a *Unity* para la construcción de la galería virtual.

#### 2.4.1.7.3. Creación de los *prefabs* de cada obra artística.

Dentro de la herramienta *Unity* se creó un *prefab*, uniendo el modelo 3-d del marco y la imagen de la obra artística, además en esta parte se incluye el código que permite la interacción del usuario con la obra artística. Estas interacciones se realizan por medio de un *Raycast* (rayo de luz) que permite al usuario interactuar con los objetos de la galería virtual sin la necesidad de tocar la pantalla del dispositivo.

#### 2.4.1.7.4. Creación de los *prefabs* de la información de la obra artística.

Se implementa un *prefab* de información por cada obra artística. Este *prefab* está compuesto por la información de la obra artística, y un objeto *Canva* propio de *Unity*, para que el texto pueda ser posicionado dentro de la galería. Esta información se muestra si el usuario previamente interactuó con la obra artística.

#### 2.4.1.7.5. Implementación de los *prefabs* en la galería virtual.

Una vez diseñados todos los *prefabs* de las obras artísticas e información se implementaron estos dentro de la galería virtual, al ser un ambiente 3-d cada *prefab* debe ser agregado en una posición en los 3 ejes (x,y,z). Ningún objeto puede ocupar el mismo espacio que otro al mismo tiempo.

#### 2.4.1.7.6. Compilación y prueba del proyecto.

Una vez completada la base de desarrollo, se exporta la aplicación por medio de *Unity* para que se pueda instalar en todos los dispositivos *Android* compatibles. Las pruebas que se realizaron en la aplicación se describen a continuación.

### 2.4.2. EJECUCIÓN: SPRINT

La ejecución de cada ciclo del proyecto duró una semana. Las actividades realizadas se detallan en la tabla 23.

Tabla 23. Diagrama de actividades

Nro Actividad	Actividad	Encargado	Fecha de Inicio	Fecha Finalizacion
1	Escaneo/Fotografía de las obras artísticas	Marlon Bejarano	20/06/2022	24/06/2022
2	Selección de los <i>Assets</i> de <i>Unity</i> para la construcción de la galería	Marlon Bejarano	27/06/2022	01/07/2022

3	Creación de los prefabs de cada obra artística	Marlon Bejarano	04/07/2022	08/07/2022
4	Creación de los prefabs de la información de la obra artística	Marlon Bejarano	11/07/2022	15/07/2022
5	Implementación de los prefabs en la galería virtual	Marlon Bejarano	18/07/2022	22/07/2022
6	Compilación y prueba del proyecto.	Marlon Bejarano	25/07/2022	29/07/2022

#### 2.4.3. CONTROL: PRUEBAS DEL PROYECTO

Se plantearon las siguientes pruebas para validar las funciones del proyecto.

Las pruebas de caja negra se aplican a la aplicación resultante, no a la estructura interna del código.

Se planificaron las siguientes funciones:

- Funcionamiento de la aplicación en modalidad *VR* dentro de un dispositivo *Android*.
- Traslación entre los diferentes puntos integrados en la galería virtual.
- Interacción del usuario con las obras artísticas.

Estas pruebas se realizaron sobre la aplicación ya compilada e instalada en el dispositivo final. El encargado de realizar la prueba debe utilizar un visor *VR* tal como se muestra en la ilustración 4.



*Ilustración 6. Uso Headset VR*

**2.4.3.1. Prueba 1. Funcionamiento de la aplicación en modalidad VR dentro de un dispositivo *Android*.**

Para esta prueba la aplicación se instaló en un dispositivo *Android* para verificar la capacidad de instalación y ejecución de manera correcta. Se utilizó un teléfono inteligente Samsung para esta prueba.

**2.4.3.2. Prueba 2. Traslación entre los diferentes puntos integrados en la galería virtual.**

En esta prueba se valida el funcionamiento de la mecánica principal de la aplicación. El usuario con el visor VR colocado en su cabeza debe ser capaz de trasladarse por los puntos de la galería virtual sin la necesidad de manipular el dispositivo, solo con el movimiento de su cabeza.

**2.4.3.3. Prueba 3. Interacción del usuario con las obras artísticas.**

Esta prueba busca validar la interacción del usuario con las obras artísticas, verificando si la información que se muestra es correcta y corresponde a la obra con la que se realiza la interacción. La prueba se realiza con el visor VR colocado en la cabeza.

Se realizó en conjunto con las pruebas de funcionalidad, una prueba de aceptación para el proyecto. La prueba de aceptación estuvo compuesta de las preguntas detalladas en la Tabla 23, y se realizó a dos (2) personas integradas con el desarrollo del proyecto (encargados del museo) y tres (3) personas fuera del desarrollo.

Tabla 24. Preguntas prueba de Aceptación

Pregunta	Respuesta	
¿La aplicación es intuitiva y fácil de usar?	Si	No
¿La aplicación muestra información relevante de las obras artísticas?	Si	No
¿Recomendaría el uso de la aplicación a más usuarios?	Si	No

### 3. CAPITULO III. RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados y pruebas que se realizaron a la aplicación. Cando la aplicación es compilada del motor gráfico, se da como resultado un archivo. APK el cuál solo se puede instalar en dispositivos Android.

Para el uso de la aplicación se requiere de un visor de realidad virtual para dispositivos Android, mismo que se puede encontrar en el mercado a partir de los \$10 dólares.

#### 3.1. INTEGRACIÓN DE LA HERRAMIENTA UNITY Y EL SDK DE GOOGLE VR

El *SDK* de *Google VR* se descarga desde el repositorio de *Github* una vez descargado se integra a *Unity* como un paquete ejecutable.

La integración del *SDK* no es sencilla y permite la ejecución de una escena demo con los componentes básico de realidad virtual dentro de *Unity*, como se puede apreciar en la ilustración 7.

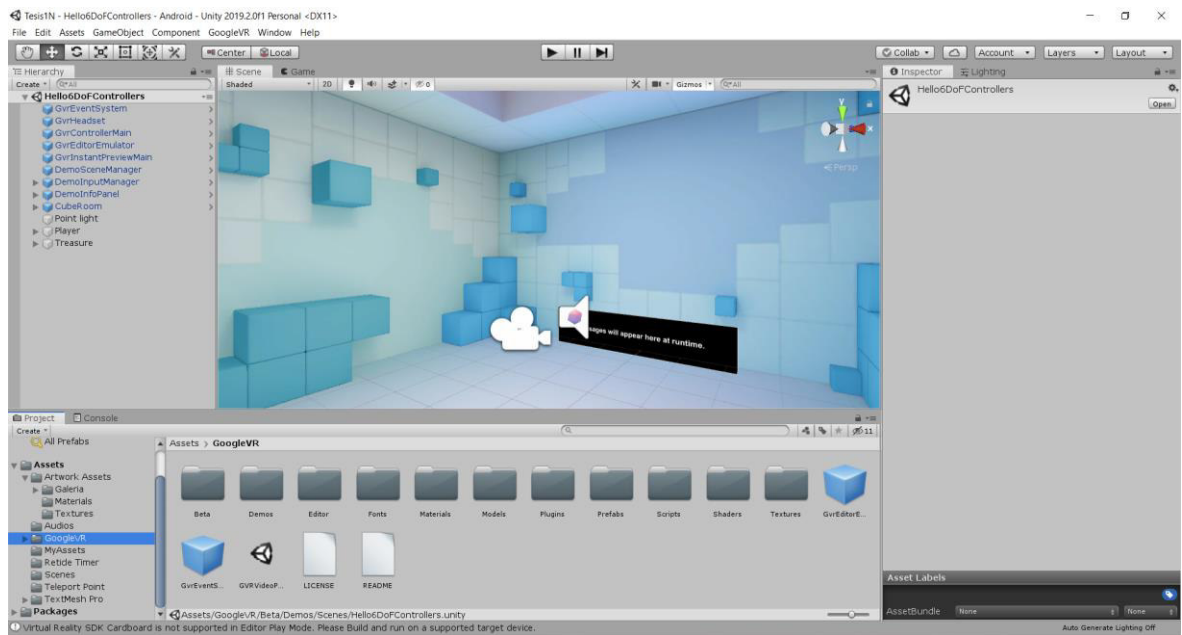
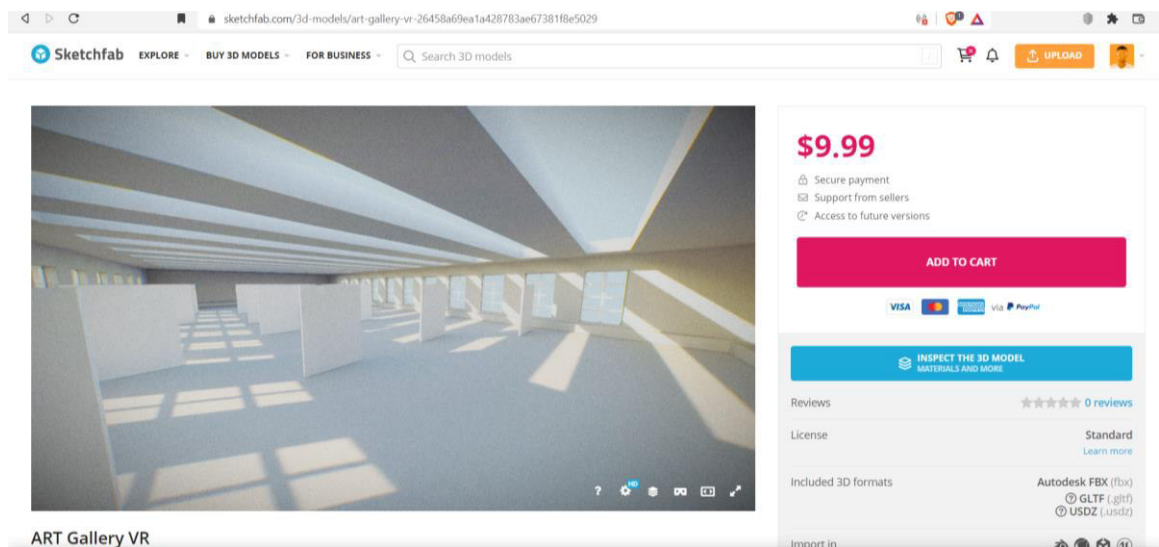


Ilustración 7. Integración SDK

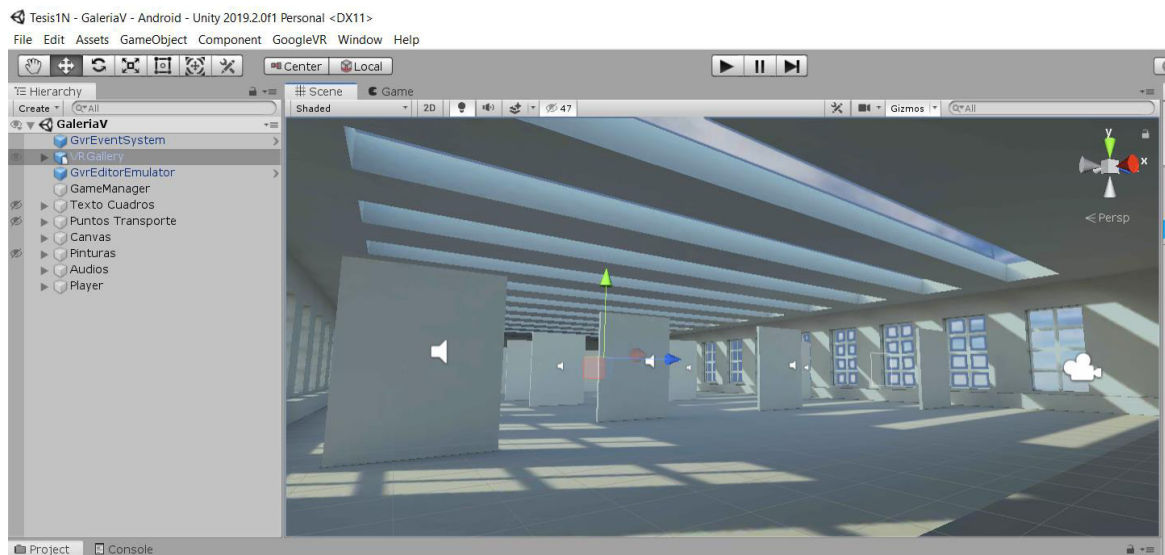
### 3.2. DESARROLLO DE LA GALERÍA VIRTUAL

Para la creación de la galería se utilizó un modelo 3d que ya cuenta con *baking* de luces en sus texturas. El modelo se obtuvo de la página sketchfab, como se puede ver en la ilustración 8.



*Ilustración 8. Modelo 3d de la galería*

El modelo 3d se integra al proyecto Unity que ya tenía acoplado el SDK de Google VR, la importación del modelo a la escena es sencilla, solo consiste en arrastrar el modelo a la escena. Para mejorar el estilo gráfico de la galería se utilizó un *Skybox* una imagen de un cielo que viene por defecto en *Unity*. El resultado de la galería dentro de la aplicación se puede apreciar en la ilustración 9.



*Ilustración 9. Importación del modelo 3d al proyecto.*

### 3.3. CREACIÓN DE LAS OBRAS ARTÍSTICAS

La creación de las pinturas utilizó un modelo 3-D, además de una fotografía de la obra artística. La obra se transfiere a *Unity*, creando un material el cual será acoplado al modelo 3-D. Se puede observar en la ilustración 10, el recuadro 1 es el material creado por la fotografía de la pintura ubicada en el recuadro 2. Una vez con el material creado, este se agrega al objeto 3-d de la pintura dando como resultado la pintura en digital como se observa en el recuadro 3.

Este proceso se realizó individualmente por cada obra artística que compone la galería.

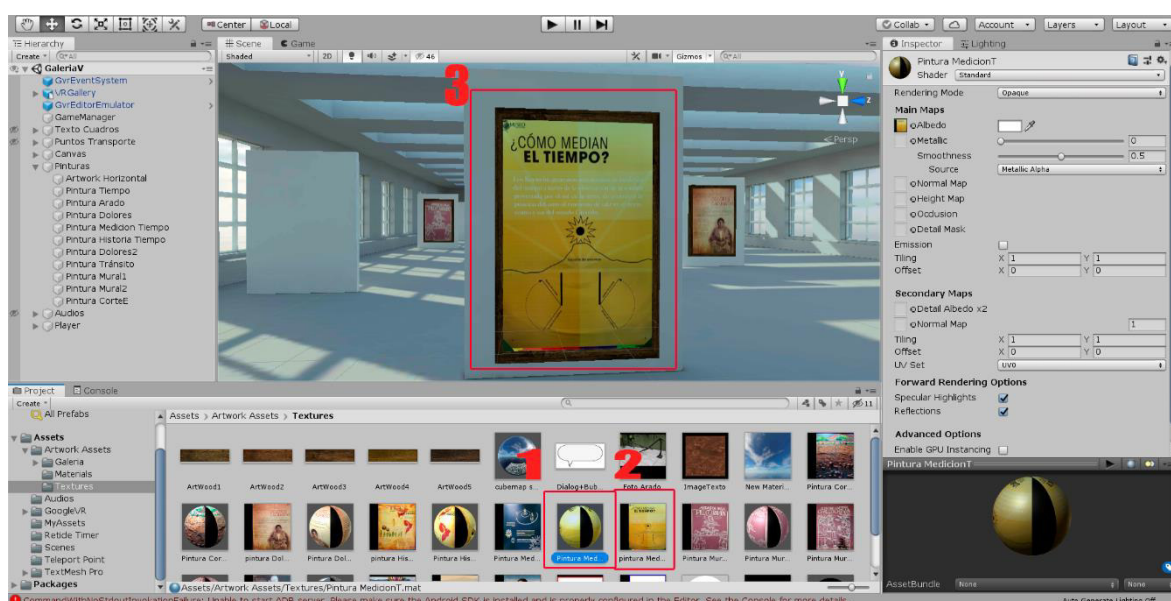


Ilustración 10. Creación de obras artísticas

La descripción de las pinturas se realizó por medio de audio y texto. Para el audio se utilizó la plataforma *Speech Studio* de *Microsoft Azure*, como se presenta en la ilustración 11. El uso de la herramienta es de manera sencilla, en la cuál se escribe el texto que se quiere pasar a voz, y selecciona la voz. Después del procesado del texto, se puede exportar el audio a un link para descargarlo e incluirlo en *Unity*. Cada audio es único por obra artística.

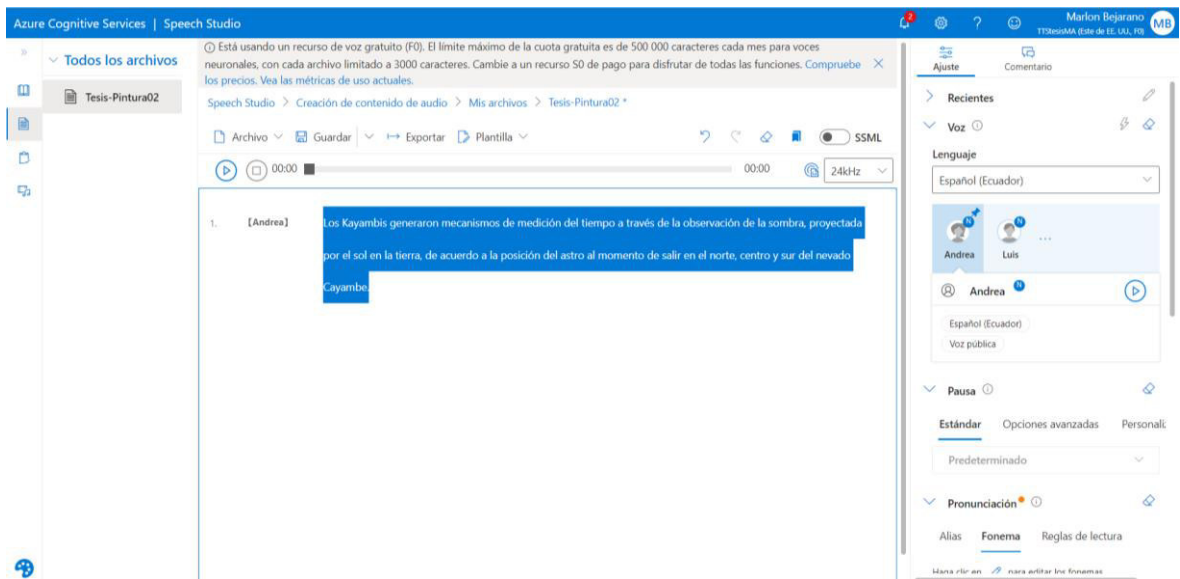


Ilustración 11. Creación de audios

El siguiente componente, es la información que se muestra en forma de texto y acompaña a cada pintura. Para esta descripción se utilizó una imagen generada por medio de la herramienta *Canva* de *Unity*. La imagen funciona como fondo de la descripción. El texto se generó con la herramienta *TextMeshPro* integrada en *Unity*, con esta herramienta se puede escribir el texto que se requiera y después se definió una posición en el eje x, y, z dentro de la galería virtual. Se puede observar el resultado de este proceso en la ilustración 12.

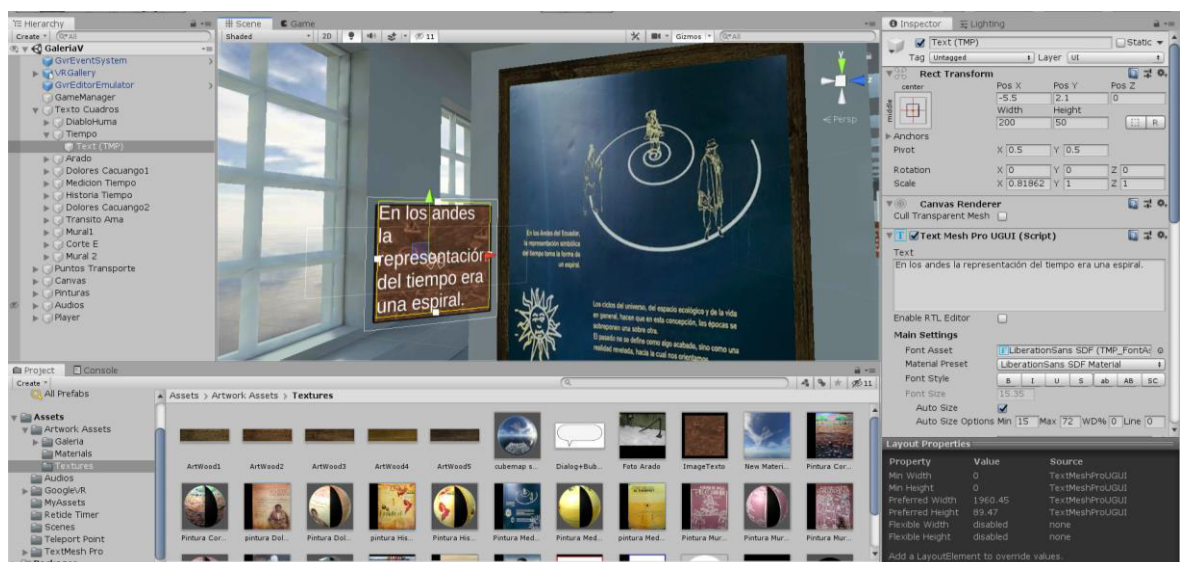


Ilustración 12. Descripción de obras artísticas.

Todos los elementos anteriormente descritos, son *GameObject* cuando están dentro del motor gráfico. Estos objetos son controlados por un script llamado *GameManager*, el cual controlará todos los componentes de la obra para que el usuario pueda interactuar.

### 3.4. CREACIÓN DE LOS PUNTOS DE TRANSPORTE

Los puntos de transporte se componen con un objeto 3-D al cuál se le agrega un *box collider*. Este componente es el encargado de hacer que el SDK de Google VR pueda interactuar con el punto de transporte por medio del Ray-cast. El punto de transporte cuenta con una instancia de la clase Teleport-Script en la cual se almacena la posición del punto. La clase *GameManager* controla el movimiento que puede hacer el usuario entre los distintos puntos.

Para que el usuario pueda moverse, debe posar su vista por 2 segundos en el punto al cuál quiere dirigirse. El resultado final del punto se puede observar en la ilustración 13.

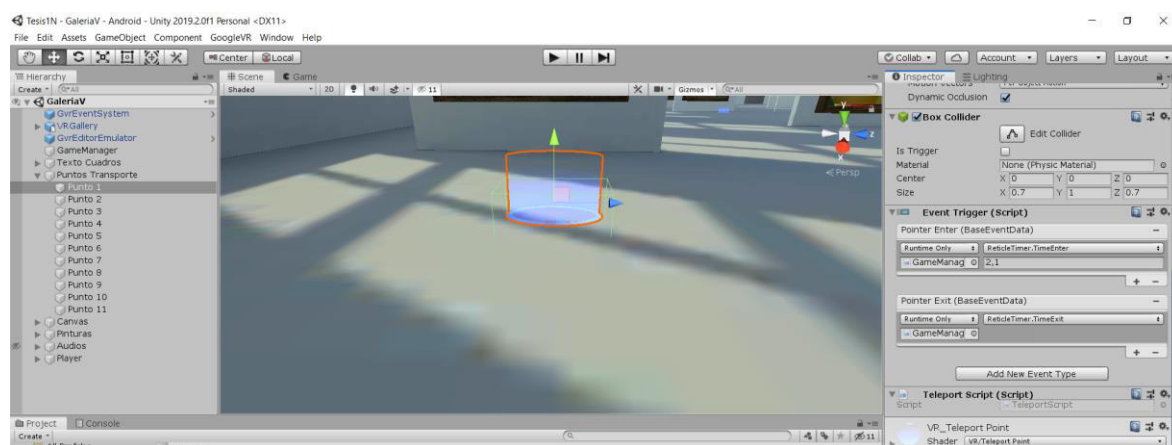


Ilustración 13. Puntos de transporte.

### 3.5. MENÚ PRINCIPAL

La aplicación cuenta con un menú principal, el cuál se muestra cuando empieza a ejecutarse.

El menú cuenta con 2 botones, uno que permite cerrar la aplicación y otro ingresar a la aplicación. Los botones deben estar posicionados en eje x, y, z ya que el menú es una escena en realidad virtual. El resultado del menú principal se observa en la ilustración 14.



*Ilustración 14. Menú Principal*

### 3.6. PRUEBAS DE LA APLICACIÓN.

Se realizaron pruebas de funcionalidad para validar la aplicación resultante. La .APK del proyecto tiene un peso de 25.7 MB, se instaló la aplicación en un dispositivo Samsung Galaxy S20 FE.

En la ilustración 15 se puede observar el menú principal de la aplicación cuando se inicia, el dispositivo se debe colocar dentro de un visor VR para iniciar el recorrido.



*Ilustración 15. Ejecución de la aplicación*

El usuario inicia el recorrido en una posición que le permite alcanzar los 2 primeros puntos de transporte como se muestra en la ilustración 16.



*Ilustración 16. Prueba galería*

Se realizó pruebas de las interacciones con el usuario y las obras artísticas. El usuario recibe la retroalimentación de la obra después de posar su vista en el cuadro durante 2 segundos cuando este situado frente a la obra. La retroalimentación se muestra en forma de audio y con un cartel situado al lateral del cuadro con el nombre de la pintura y alguna descripción.

En la ilustración 17 se puede observar la prueba de integración con la primera obra artísticas, esta prueba se realizó con todas las obras artísticas para validar el funcionamiento y correcta ejecución de la aplicación.



Ilustración 17. Prueba de interacción

### 3.7. PRUEBAS DE ACEPTACIÓN.

La aplicación se probó con 3 estudiantes y 1 docente de la PUCE-SI, se puede observar en las ilustraciones 16 - 20. La valoración de la aplicación fue positiva al ser fácil de instalar y utilizar.



*Ilustración 18. Prueba de aplicación (1)*



*Ilustración 19. Prueba de aplicación (2)*



*Ilustración 20. Prueba de aplicación (3)*



*Ilustración 21. Prueba de aplicación (4)*

### 3.8. ENTREGA DE LA APLICACIÓN AL MUSEO ARQUITECTÓNICO DE CAYAMBE.

Una vez concluido el desarrollo y fase de pruebas del proyecto, la aplicación se entregó al encargado del museo arquitectónico de la ciudad de Cayambe, el Sr. Jimmy Salgado, director de interculturalidad. El museo es el encargado de la distribución del proyecto, la cual se realizará por medio de un link de descarga en su página web.

## CONCLUSIONES

- La investigación demuestra que la tecnología de realidad virtual puede ser aprovechada por múltiples campos: educación, medicina y entretenimiento, por lo cual se debe motivar el estudio del campo *VR*.
- El desarrollo de realidad virtual tiene una gran comunidad, además de que existen múltiples herramientas para el desarrollo de aplicaciones a la cuáles se puede acceder sin tener que realizar una gran inversión inicial.
- La utilización de tecnologías innovadoras para la conservación de obras artísticas motiva a que el público se interese por la cultura. Los museos y galerías pueden usar las nuevas herramientas tecnológicas para llegar a un mayor público.

## **RECOMENDACIONES**

La distribución del proyecto puede realizarse por medio de la tienda de aplicaciones *Google Play* a nombre del museo arquitectónico para que su distribución sea más sencilla e intuitiva para los usuarios.

La aplicación puede complementarse incluyendo más obras artísticas e incluso con la inclusión de obras o vasijas ancestrales escaneadas en 3-D por medio del uso de dispositivos específicos para escaneo 3-D, además se puede incluir más idiomas en las que la aplicación esté disponible para que sea más accesible a un mayor número de usuarios.

## REFERENCIAS

- Triviño, J. E. O., & Cipagauta, R. (2006). Un Museo Virtual de Arte. *Ingeniería e Investigación*, 26(3), 78-84. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64326310>
- Zapatero Guillén, Daniel. (2007). Aplicaciones didácticas de la Realidad Virtual al Museo de Pedagógico de Arte Infantil. España: Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/7537/1/T29925.pdf>
- Altomari, A. G. P. A. P. (2016). Realidad virtual y realidad aumentada en la educación, una instantánea nacional e internacional. *Economía Creativa*, (7), 34-65. <https://doi.org/10.46840/ec.2017.07.03>
- Quispe, P., & Roxana, E. (2019). Realidad virtual para el recorrido del patrimonio arquitectónico de la calle Jaén. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/27804>
- Aponte Zurita, William Romario. (2021). Aplicación de realidad virtual educativa sobre dinosaurios para niños de educación básica. Ecuador: Ambato <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/3127>
- Unity (2022). Unity Solutions. <https://unity.com/solutions>
- Unity Documentation (2022). Prefabs. <https://docs.unity3d.com/es/530/Manual/Prefabs.html>
- Díaz, E., & Lozano, A. (2017). Especificación de requisitos de software. Proyecto: Desarrollo de un sistema recomendador web para la toma de decisiones durante el proceso de adquisición de equipos de cómputo utilizando árboles de decisión. <https://www.fdi.ucm.es/profesor/gmendez/docs/is0809/ieee830.pdf>
- Sosa, Mariano (2019). EXPERTO en Realidad Virtual con Unity 2019 y Google VR. Udemty. <https://www.udemy.com/course/realidad-virtual-con-unity2019-y-google-vr>
- Microsoft (2022). Text to Speech. Azure. <https://azure.microsoft.com/es-es/services/cognitive-services/text-to-speech/>

## ANEXOS

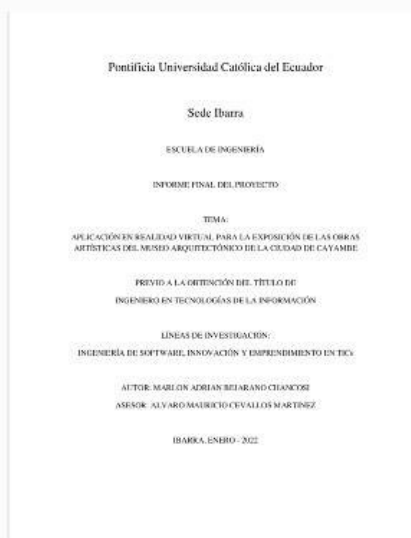


### Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Marlon Bejarano  
Título del ejercicio: Tesis Finam Bejarano  
Título de la entrega: Tesis final 08 sep 2022- Bejarano\_revision AMCR  
Nombre del archivo: Tesis-\_Bejarano\_revision\_AMCR.docx  
Tamaño del archivo: 9.55M  
Total páginas: 61  
Total de palabras: 9,696  
Total de caracteres: 52,388  
Fecha de entrega: 08-sept.-2022 12:51p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega... 1895262005



## Tesis final 08 sep 2022- Bejarano\_revision AMCR

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>8%</b>	<b>7%</b>	<b>1%</b>	<b>5%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.puce.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>Repositorio.Upagu.Edu.Pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Católica de Santa María</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>www.clubensayos.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to INACAP</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Carlos III de Madrid</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Autónoma de Ica</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad del Istmo de Panamá</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

Autorización Nro. GADIPMC-DTCP-2022-001-M  
Cayambe, 31 de enero de 2022

## AUTORIZACIÓN

En atención al Oficio S/N, de fecha 31 de enero del 2022, en mi calidad de Director de Turismo, Cultura y Patrimonio, **AUTORIZO** al Sr. Marlon Adrián Bejarano Chancosi, estudiante del último semestre de Ingeniería en Tecnologías de la Información de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, realice el Proyecto de titulación “**APLICACIÓN EN REALIDAD VIRTUAL PARA LA EXPOSICIÓN DE LAS OBRAS ARTÍSTICAS DEL MUSEO ARQUEOLÓGICO DE LA CIUDAD DE CAYAMBE**”, a partir del 1 de abril hasta el 31 de julio del 2022, en el Museo Arqueológico de Cayambe.

Atentamente



Lcdo. Jimmy Polivio Salgado Pérez  
**DIRECTOR DE TURISMO, CULTURA Y PATRIMONIO**



**DIRECCIÓN DE TURISMO, CULTURA Y PATRIMONIO  
JEFATURA DE DESARROLLO TURÍSTICO**

**CERTIFICA A:**

**MARLON ADRIÁN BEJARANO CHANCOSI**

Por desarrollar la: **Aplicación en realidad virtual para la exposición de las obras artísticas del museo arqueológico de la ciudad de Cayambe**, la realidad virtual crea mundos nuevos e inexistentes en la vida real, una vez validada por la **DIRECCIÓN DE TURISMO CULTURA Y PATRIMONIO**, el uso de esta aplicación cumple con todos los requerimientos de las TIC's, permitiendo conocer el contenido de las exhibiciones y crear experiencias interactivas que generen un mayor impacto para el museo.

Se otorga el presente certificado para los fines que el interesado considere conveniente.

*Cayambe, 15 de agosto del 2022*

*Atentamente,*



JIMMY POLIVIO  
SALGADO PEREZ



Lcdo. Jimmy Salgado  
**DIRECTOR DE TURISMO, CULTURA Y PATRIMONIO DEL GADIP MC**

**DIRECCIÓN DE TURISMO, CULTURA Y PATRIMONIO  
JEFATURA DE DESARROLLO TURÍSTICO**

Cayambe, 15 de agosto del 2022

**ACTA DE RECIBO**

<b>Entrega:</b>	15 Agosto 2022
<b>Recibe:</b>	15 Agosto 2022
<b>Objeto:</b>	Visor VR BOX
<b>Valor:</b>	\$ 20,00.
<b>Estado Actual:</b>	Buena.

El Sr. **Marlon Adrián Bejarano Chancosi** portador de C.I. 172796107 realiza la entrega de un visor, como parte del proyecto de titulación: **Aplicación en realidad virtual para la exposición de las obras artísticas del museo arqueológico de la ciudad de Cayambe**, los museos virtuales constituyen contextos poderosos para aprender, permiten la construcción activa de conocimientos en el marco de situaciones reales y amplían los límites de la educación generando espacios para construir narrativas y relatos sobre diferentes sitios, hechos históricos, artísticos, etc.

Por lo tanto, este material facilitará la posibilidad de ahorrar costes, eliminar el problema de la falta de espacio físico para una exhibición, aumentar la posibilidad de distribución de exposiciones y abrirlas al mundo digital, además de generar una experiencia diferente antes de visitar el museo con un visor 3D.

Atentamente,



Lcdo. Jimmy Salgado

**DIRECTOR DE TURISMO, CULTURA Y PATRIMONIO DEL GADIP MC**



Sr. Marlon Adrián Bejarano Chancosi  
**ESTUDIANTE**