



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
*La Universidad Católica de Loja*

**ÁREA TÉCNICA**

**INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS Y  
COMPUTACIÓN**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Libro Interactivo con RA sobre pueblos  
y nacionalidades del Ecuador

**Autor (es):** Fuertes Cevallos, Enrique Alejandro

Román Bustos, Norman Andrés

**Director (a):** Mgtr. Martha Agila Palacios

LOJA - ECUADOR  
2021



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2021

## **Aprobación del director del Trabajo de Titulación**

Loja, 23 de noviembre de 2021

Mgtr.

Fernanda Maricela Soto Guerrero

**Coordinadora de Titulación**

Ciudad.-

De mi consideración:

El presente Trabajo de Titulación denominado: Libro Interactivo con RA sobre pueblos y nacionalidades del Ecuador realizado por Enrique Alejandro Fuertes Cevallos y Norman Andrés Román Bustos, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo. Así mismo, doy fe que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado por la herramienta antiplagio institucional.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Martha Agila Palacios

C.I.: 1103646764

### **Declaración de autoría y cesión de derechos**

“Nosotros, Fuertes Cevallos Enrique Alejandro y Román Bustos Norman Andrés, declaramos y aceptamos en forma expresa lo siguiente:

- Ser autores del Trabajo de Titulación denominado: Libro Interactivo con RA sobre pueblos y nacionalidades del Ecuador, de la Titulación Ingeniería en Sistemas Informáticos y Computación, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Capítulo 1. Estado del arte, Capítulo 2. Análisis de la problemática y diseño de la solución, Capítulo 3. Desarrollo de la solución, Capítulo 4. Evaluación del libro interactivo, Capítulo 5. Implementación del libro interactivo, Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones, Capítulo 7. Referencias, siendo Palacios Agila Martha Vanessa, director (a) del presente trabajo; y, en tal virtud, eximimos expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual. Además, ratificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de nuestra exclusiva responsabilidad.
- Que nuestra obra, producto de nuestras actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.
- Autorizamos a la Universidad Técnica Particular de Loja para que pueda hacer uso de nuestra obra con fines netamente académicos, ya sea de forma impresa, digital y/o electrónica o por cualquier medio conocido o por conocerse, sirviendo el presente instrumento como la fe de nuestro completo consentimiento; y, para que sea ingresada al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su

difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Autor: Fuertes Cevallos Enrique Alejandro

C.I.: 1150033494

Firma:

Autor: Román Bustos Norman Andrés

C.I.: 1103761266

### **Dedicatoria**

Este trabajo es dedicado a mi madre Fanny Cevallos, por su coraje, sabiduría y guía brindada en mi vida y estudios. A mi padre Enrique Fuertes, por sus consejos y apoyo incondicional para llegar hoy a este momento. A mis hermanas Ivanova, Brigitte y Doménica Fuertes Cevallos, que con su cariño, motivación y apoyo han hecho de esta etapa universitaria una etapa agradable y sumamente corta.

Finalmente, me lo dedico a mí, por motivarme siempre a seguir a delante, por no desmayar en el intento, por luchar ante las dificultades encontradas, por siempre dar el máximo esfuerzo para conseguir mis propósitos.

Gracias a todos, los llevaré en mi corazón por siempre.

**Enrique Alejandro Fuertes Cevallos**

Le dedico este trabajo principalmente a mi madre, Paola Bustos, por haberme dado todo su apoyo incondicional durante todo mi proceso de aprendizaje y ayudarme a no bajar la cabeza ni darme por vencido en ningún momento.

Agradezco a mi padre, Norman Román, por su esfuerzo y compromiso para conmigo, sirviendo como ejemplo de superación.

A mi abuela, Marina Bustos, por ser quién confió en mí en todo momento y por haberme apoyado de manera incondicional.

A mi hermano, Javier Román, por darme su extenso cariño día a día, haciendo más fuerte la unión familiar.

**Norman Andrés Román Bustos**

## **Agradecimiento**

Nuestro agradecimiento sincero y cariñoso a la Mgtr. Dunia Inés Jara Roa, tutora principal, que empezó esta aventura con nosotros hace un año, y que por circunstancias personales tuvo que retirarse del proyecto. A la Mgtr. Martha Agila Palacios, por asumir la dirección de este trabajo de titulación. A la Mgtr. Jennifer Samaniego, por su constancia, dedicación y apoyo, por abrirnos horizontes y hacernos ver que podemos hacer más. A nuestros amigos y compañeros que durante estos años de universidad estuvieron siempre con nosotros, esperando lo mejor y motivándonos a culminar exitosamente esta etapa. Finalmente, a los integrantes del Club de Realidad Virtual y miembros del Departamento de Tecnologías de la Educación, por todo su apoyo para ver cristalizado este proyecto.

A todos les decimos gracias por estar con nosotros, por ser parte de nuestra vida en la etapa que consideramos la mejor; les otorgamos una mención especial, les decimos que siempre estarán presente en nuestra memoria, que su trabajo, tiempo compartido y ayuda, siempre será recordada.

Enrique Alejandro Fuertes Cevallos

Norman Andrés Román Bustos

## Índice de Contenido

Carátula.....	I
Aprobación del director del Trabajo de Titulación.....	II
Declaración de autoría y cesión de derechos .....	III
Dedicatoria .....	V
Agradecimiento .....	VI
Índice de Contenido .....	VII
Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
Capítulo uno.....	5
Estado del arte .....	5
<b>1.1 Realidades Inmersivas</b> .....	5
1.1.1 <i>Realidad Aumentada</i> .....	6
1.1.2 <i>Realidad Virtual</i> .....	8
1.1.3 <i>Realidad Mixta</i> .....	9
1.1.4 <i>Ventajas y Desventajas de Realidad Inmersiva en la educación</i> .....	10
<b>1.2 Contenido Digital</b> .....	12
1.2.1 <i>Contenido interactivo</i> .....	13
1.2.2 <i>Libro interactivo</i> .....	14
<b>1.3 Software para desarrollo de aplicaciones con Realidad Inmersiva</b> .....	17
1.3.1 <i>Ambientes de desarrollo</i> .....	17
1.3.2 <i>Modelado 3D</i> .....	18
1.3.3 <i>Realidad Aumentada</i> .....	20
<b>1.4 Arquitectura de aplicaciones</b> .....	22
1.4.1 <i>Introducción</i> .....	22
1.4.2 <i>Tipos de arquitecturas</i> .....	22
<b>1.5 Metodologías de desarrollo</b> .....	25
1.5.1 <i>Metodología de desarrollo de software</i> .....	25
1.5.2 <i>Metodología de desarrollo de modelos 3D</i> .....	33
Capítulo dos .....	36
Análisis de la problemática y diseño de la solución .....	36
<b>2.1 Análisis del negocio</b> .....	36
2.1.1 <i>Definición de requerimientos</i> .....	37
2.1.2 <i>Casos de Uso</i> .....	40
2.1.3 <i>Arquitectura del aplicativo</i> .....	41
2.1.4 <i>Diagrama de flujo del aplicativo</i> .....	42
<b>2.2 Planificación e identificación de herramientas</b> .....	44
2.2.1 <i>Metodología mixta de desarrollo establecida</i> .....	44

Capítulo tres .....	52
Desarrollo y ensamblaje de componentes .....	52
3.1 <b>Desarrollo de software</b> .....	52
3.1.1 <i>Configuración del entorno de desarrollo y herramientas externas</i> .....	52
3.1.2 <i>Configuración en Firebase</i> .....	53
3.1.3 <i>Configuración de Vuforia</i> .....	55
3.1.4 <i>Módulo de gestión de usuario</i> .....	59
3.1.5 <i>Módulo de gestión de auditoría</i> .....	65
3.1.6 <i>Módulo de gestión de contenido</i> .....	70
3.2 <b>Desarrollo de modelos 3D</b> .....	85
Capítulo cuatro.....	89
Evaluación del libro interactivo .....	89
4.1 <b>Pruebas de aceptación de usuario</b> .....	89
4.2 <b>Resultados y documentación de pruebas</b> .....	103
Capítulo cinco .....	104
Implementación del libro interactivo .....	104
5.1 <b>Despliegue en tiendas de aplicaciones</b> .....	104
5.1.1 <i>Despliegue en Android</i> .....	104
5.1.2 <i>Despliegue en iOS</i> .....	105
5.2 <b>Despliegue de libro físico</b> .....	106
Conclusiones.....	107
Recomendaciones .....	109
Referencias.....	111

### Índice de Tablas

Tabla 1 Funcionalidades de Vuforia .....	20
Tabla 2 Funcionalidades de AR Foundation .....	21
Tabla 3 Fusión de metodologías .....	32
Tabla 4 Tipo de información que se presenta en las escenas del aplicativo .....	71
Tabla 5 Requisitos para futuros modelos 3D .....	87
Tabla 6 Registro de objetos 3D de pueblos y nacionalidades.....	88

### Índice de Figuras

Figura 1 Cuadro comparativo de realidades inmersivas.....	6
Figura 2 Arquitectura de aplicación móvil de tres capas .....	25

Figura 3	Ciclo de vida de SCRUM.....	29
Figura 4	Módulos del aplicativo “Libro interactivo con RA”.....	38
Figura 5	Diagrama de casos de uso del aplicativo .....	41
Figura 6	Arquitectura del aplicativo .....	41
Figura 7	Diagrama de flujo del aplicativo .....	42
Figura 8	Metodología de desarrollo de OVA.....	45
Figura 9	Flujo de trabajo para metodología de desarrollo 3D .....	50
Figura 10	Evolución en el modelado 3D .....	50
Figura 11	Captura de pantalla de configuración de SDK de Google Firebase para Android.....	53
Figura 12	Captura de pantalla de configuración de SDK de Google Firebase para iOS.....	54
Figura 13	Importación de paquetes de Google Firebase al proyecto.....	55
Figura 14	Importación de paquete de Vuforia 8.5.9 al proyecto de Unity .....	56
Figura 15	Configuración de clave de licencia de desarrollo en el portal de desarrollador de Vuforia .....	57
Figura 16	Licencia generada en el portal de desarrollador para nuestro aplicativo .....	58
Figura 17	Incorporación de licencia de desarrollador en Unity.....	58
Figura 18	Interfaces de registro de usuario e inicio de sesión .....	59
Figura 19	Lista de usuarios registrados en el aplicativo con corte 15/07/2021 .....	60
Figura 20	Corrutina ejecutada cuando el usuario inicia sesión .....	61
Figura 21	Captura de pantalla de la primera parte del método de registro de usuario.....	62
Figura 22	Captura de pantalla de la segunda parte del método de registro de usuario.....	63
Figura 23	Código para verificar sesión activa del usuario .....	64
Figura 24	Código para enviar los datos del usuario a la base de datos .....	65
Figura 25	Captura de pantalla de la base de datos no relacional del aplicativo en donde se almacena la información de los usuarios .....	65
Figura 26	Proyecto en Firebase con aplicaciones de Android e iOS .....	67
Figura 27	Dashboard de Google Analytics para Firebase .....	68
Figura 28	Codificación de LogEvent para Firebase Analytics .....	69
Figura 29	Debug View de Analytics.....	70

Figura 30	Captura de pantalla de los componentes de la interfaz del aplicativo .....	72
Figura 31	Script de comportamiento para manipulación de interfaz .....	73
Figura 32	Captura de pantalla del panel de descripción de vestimenta .....	74
Figura 33	Captura de pantalla del panel de más información .....	75
Figura 34	Marcador diseñado para el pueblo Kisapincha .....	76
Figura 35	Visualización de marcador de pueblo Shuar en portal de desarrollador de Vuforia .....	77
Figura 36	Incorporación de objetos 3D a la escena reconocimiento de imágenes junto a sus marcadores de pueblo o nacionalidad respectivos .....	77
Figura 37	Incorporación de objetos 3D a la escena reconocimiento de imágenes junto a sus marcadores de pueblo o nacionalidad respectivos .....	78
Figura 38	Entorno de trabajo con algunos marcadores y pueblos 3D incorporados .....	79
Figura 39	Incorporación de objetos 3D a la escena de reconocimiento de superficie.....	80
Figura 40	Incorporación de objetos 3D e interfaces a la escena de reconocimiento de superficie.....	80
Figura 41	Script para activar y desactivar la manipulación 3D de los objetos virtuales .....	81
Figura 42	Diagrama de flujo del tutorial interactivo.....	83
Figura 43	Mensaje de confirmación para realizar el tutorial .....	84
Figura 44	Panel con instrucción para desarrollar el tutorial.....	84
Figura 45	Resultado de formulario de Google a la pregunta 1 de la encuesta .....	90
Figura 46	Resultado de formulario de Google a la pregunta 2 de la encuesta .....	91
Figura 47	Resultado de formulario de Google a la pregunta 3 de la encuesta .....	91
Figura 48	Resultado de formulario de Google a la pregunta 4 de la encuesta .....	92
Figura 49	Resultado de formulario de Google a la pregunta 5 de la encuesta .....	92
Figura 50	Resultado de formulario de Google a la pregunta 6 de la encuesta .....	93
Figura 51	Resultado de formulario de Google a la pregunta 7 de la encuesta .....	94
Figura 52	Resultado de formulario de Google a la pregunta 8 de la encuesta .....	94
Figura 53	Resultado de formulario de Google a la pregunta 9 de la encuesta .....	95
Figura 54	Resultado de formulario de Google a la pregunta 10 de la encuesta .....	95
Figura 55	Resultado de formulario de Google a la pregunta 11 de la encuesta .....	96

Figura 56	Resultado de formulario de Google a la pregunta 12 de la encuesta .....	96
Figura 57	Resultado de formulario de Google a la pregunta 13 de la encuesta .....	97
Figura 58	Resultado de formulario de Google a la pregunta 14 de la encuesta .....	97
Figura 59	Resultado de formulario de Google a la pregunta 15 de la encuesta .....	98
Figura 60	Resultado de formulario de Google a la pregunta 16 de la encuesta .....	98
Figura 61	Resultado de formulario de Google a la pregunta 17 de la encuesta .....	99
Figura 62	Resultado de formulario de Google a la pregunta 18 de la encuesta .....	100
Figura 63	Resultado de formulario de Google a la pregunta 19 de la encuesta .....	100
Figura 64	Resultado de formulario de Google a la pregunta 20 de la encuesta .....	101
Figura 65	Resultado de formulario de Google a la pregunta 21 de la encuesta .....	102
Figura 66	Resultado de formulario de Google a la pregunta 22 de la encuesta .....	102
Figura 67	Resultado de formulario de Google a la pregunta 23 de la encuesta .....	103

## Resumen

El desconocimiento de la cultura y de las tradiciones ancestrales provoca que el turismo se vea afectado en varios ámbitos, así mismo, los métodos de enseñanza tradicionales no colaboran a la hora de lograr una gran retención en sus alumnos. Las realidades inmersivas ayudan a mejorar las capacidades cognitivas de los usuarios, otorgando una mayor interactividad con el contenido. Para aprovechar esta característica, en el presente trabajo se desarrolla un aplicativo móvil con Realidad Aumentada para dispositivos Android e iOS que muestre la cultura y las tradiciones de los pueblos y nacionalidades aborígenes de Ecuador de un modo más visual e innovador que logre captar la atención del usuario y una mejor retención de esta información. Las pruebas realizadas también muestran una amplia aceptación de este tipo de tecnologías en el ámbito educativo y en el del turismo.

*Palabras claves:* libro interactivo, Ecuador, realidad aumentada.

### **Abstract**

The lack of knowledge of the culture and ancestral traditions affects tourism in several areas, and traditional teaching methods do not help to achieve high retention in their students. Immersive realities help to improve the cognitive abilities of users, providing greater interactivity with the contents. To take advantage of this feature, in this work we developed a mobile application with Augmented Reality for Android and iOS devices that shows the culture and traditions of the aboriginal peoples and nationalities of Ecuador in a more visual and innovative way that captures the user's attention providing better retention of this information. The tests conducted also show a great acceptance of this type of technology in education and tourism.

*Keywords:* interactive book, Ecuador, augmented reality.

## Introducción

En Ecuador existe una amplia diversidad de pueblos y nacionalidades aborígenes, lo que conlleva que nuestra cultura sea muy rica y que las tradiciones también sean muy variadas. Sin embargo, al pasar los años se ha detectado un problema de pérdida de identidad de los pueblos y nacionalidades del Ecuador, ocurrido en gran medida porque en los programas académicos de los niveles básica, media y superior y superior no se contempla temas que permitan conocer la identidad y tradiciones de nuestros pueblos. Por otro lado, la tecnología y sus avances han permitido crear nuevas posibilidades para los métodos de enseñanza que sumergen más a los estudiantes mediante una mayor interactividad, como es el caso de la Realidad Aumentada.

El presente trabajo de titulación muestra el desarrollo de una aplicación de software con Realidad Aumentada que busca despertar la curiosidad en los usuarios sobre nuestros pueblos y nacionalidades, así como aumentar el interés por aprender y afianzar el conocimiento de estos pueblos. Para la realización de este trabajo de titulación, se definieron objetivos como: desarrollo de modelos 3D de hombres y mujeres de pueblos y nacionalidades del Ecuador, recopilar información de pueblos y nacionalidades del Ecuador y diseño de libros interactivos, unificar la primera versión del aplicativo con el desarrollo actual y publicarlo en tiendas de aplicaciones para Android e iOS; finalmente, realizar las pruebas necesarias de funcionamiento del aplicativo. Estos objetivos se logran cumplir de manera exitosa, a excepción de la publicación o despliegue en tiendas de aplicaciones ya que por pedido del sponsor del proyecto, los objetos deben pasar por un proceso de optimización, lo cual está fuera del alcance del trabajo de titulación.

Es así que, en el desarrollo del presente trabajo, en cada uno de los capítulos se presenta:

**Capítulo uno**, estado del arte: engloba la investigación respectiva a realidades inmersivas y su uso en la actualidad, metodologías de desarrollo y demás información necesaria para proceder con el análisis de la solución.

**Capítulo dos**, planificación e identificación de herramientas: define el problema identificado y la solución planteada en conjunto con los componentes que la conforman.

**Capítulo tres**, desarrollo y ensamblaje de componentes: detalla el proceso de desarrollo de software y modelado 3D, hasta la integración de sus componentes.

**Capítulo cuatro**, evaluación del libro interactivo: presenta la evaluación del libro interactivo con pruebas de caja negra y blanca para medir la calidad del aplicativo.

**Capítulo cinco**, implementación del libro interactivo: explica el proceso de publicación de la aplicación en tiendas de dispositivos móviles.

La importancia de este trabajo de investigación radica en el objetivo general del trabajo de titulación, que es “Difundir y rescatar la cultura de los pueblos y nacionalidades aborígenes del Ecuador, a través del diseño y desarrollo de un libro interactivo con Realidad Aumentada.” El objetivo cumplido, brinda un aporte valioso porque permite rescatar la cultura e identidad de los pueblos y nacionalidades de nuestro país.

## **Capítulo uno**

### **Estado del arte**

Dado el continuo avance de la tecnología, el uso de ésta se ha incrementado día a día por personas de todo el mundo. Su grado de usabilidad se ve influenciado en gran parte dado el nivel de satisfacción que presenta el usuario al usar diversas aplicaciones móviles que le permiten realizar tareas específicas de manera ágil e interactiva. El uso de aplicaciones que proveen una experiencia gratificante implica un mayor afianzamiento de conocimiento en los usuarios, lo que permite en temas como educación un mayor aprendizaje, o en temas de turismo una mayor fidelización del turista.

Con este antecedente, se ha investigado la aplicación de nuevas tecnologías o de tecnologías emergentes en diferentes campos de la ciencia, en donde su uso puede influenciar en gran porcentaje a mejorar la capacidad de retención de información o de afiliación hacia algo o alguien por parte de los usuarios de estas tecnologías.

#### **1.1 Realidades Inmersivas**

La Realidad Inmersiva (RI), es una rama de la Inteligencia Artificial (IA) que se destaca por activar diferentes emociones en el usuario dada la forma visual de presentar información. De igual manera, es necesario hablar sobre cada subrama que la componen, dada su importancia e implementación en cada rama en la que se aplica. Se conoce algunos de los resultados de usar herramientas digitales en ciertas ramas para mejorar la capacidad de retención de información en el caso de estudiantes y/o mejorar el nivel de fidelización del cliente en el caso de turismo, pero es tiempo de hablar específicamente de cada tipo de realidad inmersiva que existe y cómo afecta a los usuarios de cada campo; se hablará entonces de Realidad Aumentada (RA), Realidad Virtual (RV) y Realidad Mixta (RM), previo a la explicación de una tabla comparativa entre los tipos de realidades inmersivas.

Figura 1

Cuadro comparativo de realidades inmersivas

REALIDAD AUMENTADA	REALIDAD MIXTA	REALIDAD VIRTUAL
		
 Entorno natural visible	 Entorno natural visible	 Entorno natural visible
 Objetos virtuales visibles	 Objetos virtuales visibles	 Objetos virtuales visibles
 Interacción con entorno natural	 Interacción con entorno natural	 Interacción con entorno natural
 Disponible para el público	 Disponible para el público	 Disponible para el público

Tanto en la RA como en la RM el entorno físico real es visible al momento de disfrutar de la experiencia inmersiva, caso contrario a la RV que presenta un entorno completamente virtual en donde el entorno físico real no es admirable por el usuario.

### 1.1.1 Realidad Aumentada

La RA ha causado en usuarios de diversos tipos de aplicaciones de todo el mundo un impacto positivo, recreando de manera virtual contenido que tradicionalmente se lo representada de forma monótona y aburrida. Como lo expresan (Dunleavy y Dede, 2017 citado por Abu-Arqoub et al., 2020) la RA es una variación de la RV donde los participantes interactúan con la información digital incrustada en el entorno físico real. Por lo tanto, la RA permite la interacción entre el usuario y los elementos digitales presentes en una aplicativo de RA, ofreciendo una experiencia enriquecedora al usuario, proporcionando un grado de satisfacción mayor al usar ciertas aplicaciones con RA que usando aplicaciones o contenido estático.

### **1.1.1.1 Realidad Aumentada en el turismo**

Los métodos de enseñanza han ido evolucionando y tomando cada vez más protagonismo al convertirse en métodos digitalizados de enseñanza. Es aquí donde la RA toma un papel fundamental debido a características intrínsecas que la destacan de otras formas de enseñanza, gracias a la facilidad de acceso, uso y gran nivel de comprensión que otorga. Con el rápido auge de la interacción en los sistemas educativos, la futura demanda de los consumidores por la interactividad irá en aumento, aquí resalta el uso de la RA puesto que permite que coexistan el entorno real con objetos modelados en 3D, los cuales otorgan una nueva experiencia.

La RA facilita que el aprendizaje sea muy efectivo e interesante en tiempo real, también ayuda a comprender algunos de los temas complejos de una manera más lúcida e intuitiva. El uso de RA en comparación con material tradicional proporciona mayor entretenimiento al momento de realizar la lectura, añadiendo audios y videos, reduciendo así la fatiga que provoca y mejora el conocimiento (Pingxuan, 2020). Se puede observar que el uso de herramientas digitales ayuda a mejorar la capacidad de retención de estudiantes, siendo esta una alternativa educativa que se puede implementar para mejorar la calidad educativa en centros de formación.

### **1.1.1.2 Realidad Aumentada en la educación**

El turismo se ha realizado durante muchos años de la forma tradicional; sin embargo, este proceso ha traído consecuencias negativas en los sitios turísticos donde se realizan este tipo de actividades. El deterioro de atracciones naturales, monumentos, infraestructura, artefactos y medio ambiente es el resultado de una serie de factores humanos y fuerzas naturales, incluida la actividad turística, eventos climáticos y políticas, planificación y gestión inadecuadas, malestar político, entre otros (Bauer A., 2015 citado por Bec et al., 2021). Esto se ha vuelto un problema mundial que trae consecuencias a corto, mediano y largo plazo para los gobiernos ya que cada vez, requerirán de mayor cantidad de recursos para preservar la integridad de estos sitios.

El uso de herramientas o contenidos digitales ayuda de gran manera a realizar actividades turísticas de una nueva forma, un tanto futurista. La introducción de tecnologías (RA) mejora la satisfacción y el compromiso de los visitantes. De hecho, una visita con RA complementa la curiosidad de las personas, mejorando la satisfacción de los visitantes (Serravalle et al., 2019). Por ejemplo, la RA en turismo ha permitido que turistas realicen cierto tipo de actividades sin ocasionar daños colaterales o daños directos en monumentos o sitios turísticos que visitan.

Es así como el proyecto DACIT (Digital and Statistical Ancient History and Archaeology) tiene como propósito el promover la cultura y tradiciones de la civilización Dacia provenientes de las montañas Orăștiei. Para cumplir este propósito se imprimió un catálogo con información de esta civilización y conjuntamente se escanearon 560 objetos que se implementaron en una aplicación que funciona de la mano con el catálogo, presentando elementos multimedia que normalmente no se puede visualizar en un catálogo común. Los cuales pueden ser observados y manipulados una vez que el usuario enfoque con el dispositivo el catálogo y se presenta un modelo en 3D específico. Con esto, se mejora la forma de realizar turismo, preservando la calidad e integridad de elementos patrimoniales al no ser manipulados por turistas.

### **1.1.2 Realidad Virtual**

Al igual que la RA la RV se encarga de crear una experiencia de usuario acogedora. Pero su forma de uso cambia ligeramente, lo cual implica en la mayoría de los casos una inversión adicional en algún periférico para hacer uso de esta. La RV presenta la simulación de mundos virtuales tridimensionales recreados por ordenador en los que los usuarios pueden interactuar en tiempo real haciendo uso de dispositivos electrónicos diseñados expresamente para ello (Miguélez-Juan et al., 2019). Esta tecnología permite presentar contenido de una manera más agradable para el usuario, existiendo así una gran diferencia al momento de presentar información, dado que comparado con el método tradicional en dónde el contenido se representa únicamente en dos dimensiones ahora se

puede interactuar con todos los elementos virtuales tridimensionales, creando así un entorno inmersivo que envuelve a quien lo usa.

#### **1.1.2.1 Realidad Virtual en el turismo**

El deterioro de monumentos o sitios turísticos por el turismo y las condiciones climáticas, son solo un factor por el que se ha optado por usar herramientas digitales para desarrollar actividades turísticas. Otro factor primordial sería las capacidades especiales con las que cuentan ciertos turistas que asisten a sitios turísticos o a aquellos que no lo pueden hacer por sus capacidades físicas, mentales, visuales o auditivas. La RV y la RA son importantes ya que acercan al usuario a entornos multisensoriales e inmersivos, desarrollando sentidos como tacto, visión y audición; brindando una posible solución a personas con diferentes discapacidades que no pueden visitar sitios turísticos (Jefferson et al., 2020). Esto permite incluir en la sociedad a las personas con capacidades diferentes.

#### **1.1.2.2 Realidad Virtual en la educación**

Durante muchos años la educación se ha llevado de la manera tradicional, es decir, usando recursos educativos sencillos como: libros, cuadernos, videos, imágenes, audios, etc. Si bien estos recursos fueron el método de enseñanza por excelencia, con el pasar de los años se han vuelto obsoletos reduciendo la eficacia que tenían, esto dado el avance de la tecnología y la innovación en cuanto a recursos educativos se refiere.

#### **1.1.3 Realidad Mixta**

La RM persigue el objetivo de presentar un mundo mucho más inmersivo que la RV y la RA. La RM permite a una persona observar el mundo físico real y los objetos, pero también observar los objetos virtuales creíbles e incluso sensibles (Brigham, 2017). La RM intenta combinar las mejores características de la RV y la RA para crear un entorno inmersivo para el usuario. Por ejemplo, si se usa un dispositivo de RM no se puede observar un objeto virtual que se encuentre tras otro objeto real, hasta que el usuario se dirija a ese punto o se localice en algún lugar donde el objeto real no obstaculice la visión del objeto virtual, esto le da al usuario una sensación de realismo.

### **1.1.3.1 Realidad Mixta en el turismo**

Existe cierto paradigma sobre el impacto de la RM en el turismo, es por esto que se toma de ejemplo los resultados de la investigación realizada en el museo Ara Pacis en Roma, Italia, para evidenciar el impacto esta tecnología. Investigación que bajo un modelo conceptual novedoso captura el efecto de la RM en la experiencia y satisfacción de los visitantes del museo (Trunfio & Campana, 2020). Una vez revisada la investigación en el museo se destaca la importancia del contenido virtual que se presenta al usuario, teniendo este aspecto una calificación muy alta en la investigación realizada, ya que influyó directamente en la inmersión del usuario al usar esta tecnología. Como resultado de la investigación se abstraieron resultados medios y altos en nivel de satisfacción, confirmando la efectividad e innovación de RM en el museo (Trunfio & Campana, 2020).

### **1.1.3.2 Realidad Mixta en la educación**

Existen muchas aplicaciones educativas con RM, sin embargo, se realizará un enfoque en una en específico denominada VSI (Virtual Surgery Intelligence), la cual es una aplicación ejecutada en gafas las de RM HoloLens. VSI permite ver proyecciones de resonancias magnéticas y Tomografías Asistidas por Computadora (TAC) a través de un HoloLens desde cualquier perspectiva ajustable. Debido a la tridimensionalidad, los cirujanos pueden planificar operaciones e intervenciones de una manera visualmente más imaginable (House et al., 2020).

### **1.1.4 *Ventajas y Desventajas de Realidad Inmersiva en la educación***

Como se mencionó en anteriores apartados, la enseñanza ha ido evolucionando conforme al avance de la nueva tecnología y a su implementación en este contexto, es aquí donde se destaca el uso de la RA o la RV mediante la aplicación de las nuevas herramientas digitales y de contenido digital emergente y utilizable en la educación. Todo esto nos hace imaginar nuevas experiencias en cuanto a la enseñanza y al desarrollo del aprendizaje o la creatividad.

Uno de los principales potenciales que tiene el uso de la RA en la educación es la motivación que causa en los estudiantes el uso de nuevas tecnologías que estimulan el aprendizaje y además hacen que se sientan más atraídos hacia nuevas enseñanzas que tal vez veían como aburridas o tediosas. En un estudio realizado por (Kuang & Bai, 2019) sobre niños de edad preescolar, el uso de RV es beneficiosa y ayuda al fortalecimiento del aprendizaje haciendo que los procesos de enseñanza se vean ampliamente estimulados y otorgando un entusiasmo por el aprendizaje a los alumnos, los cuales se ven más felices en la enseñanza mediante estos métodos. Otro estudio mostrado por (Ardiny & Khanmirza, 2019) menciona que el uso de RA o RV es bastante beneficioso en la educación, ayudando a los estudiantes a mejorar sus habilidades y su conocimiento, aumentando también su motivación e interés en el tema tratado. Otro estudio sobre el desempeño de la RA en la educación realizado por (Akçayır & Akçayır, 2017) muestra que el nivel de interés por este tipo de tecnologías está incrementando rápidamente y que el dispositivo más utilizado para su implementación es el dispositivo móvil o celular.

Sin embargo, existen barreras y desafíos a la hora de implementar las tecnologías de RA y RV en la educación, como mencionan (Ardiny & Khanmirza, 2019), el principal problema es el coste de implementación de estos sistemas ya que los dispositivos utilizados por este tipo de tecnologías aún son relativamente costosos para ser llevados a las aulas. El segundo punto que se menciona es la falta de realismo que otorgan estas simulaciones, esto provoca que la experiencia visual no sea lo más cómodo para el usuario. Otro problema para tener en cuenta es que, en el ámbito de la salud, tanto física como mental, se desconocen aún los posibles efectos a largo plazo que puede tener la implementación de sistemas de RV o RA en la educación, dejando un vacío que todavía no se ha completado. La tecnología actual aún presenta errores y limitaciones en cuanto a desempeño, por lo tanto, esto es otra desventaja ya que la experiencia del usuario puede resultar negativa o incluso frustrante debido a problemas, debidos tanto a hardware como a software. Otro error que puede resultar desfavorable para el uso de la RA según (Akçayır

& Akçayır, 2017) es la dificultad de su uso, esto se puede deber a interfaces mal diseñadas o dificultades en la interacción entre el usuario y el software.

Como se puede observar en la historia reciente, el avance de la tecnología se da de manera rápida y cambia nuestro estilo de vida diaria. El avance que existe en la RV y RA como una tecnología emergente hace que se pueda implementar en varios campos, como la educación o el turismo, mostrando aptitudes que ayudan a superar antiguas barreras y a tener nuevas experiencias, sin embargo, estas tecnologías aún están en desarrollo y se debe ser precavido en sus implementaciones.

## 1.2 Contenido Digital

El contenido digital hace referencia a toda clase de información que puede ser digitalizada, distribuida o accedida mediante una herramienta digital. Por otro lado, una herramienta digital según (Steils & Hanine, 2019) es un dispositivo electrónico que está especializado en alguna tecnología computarizada, como lo puede ser una calculadora para realizar operaciones aritméticas o un proyector de imágenes para visualizar diapositivas. También puede hacer referencia a programas informáticos, aplicaciones o plataformas que estén ligados a las Tecnologías de la Información (TI) y que proporcionen un instrumento o un recurso que permita la difusión, creación o procesamiento de datos electrónicos o información. Las herramientas digitales pueden ser implementadas en muchos contextos, tales como la educación, la economía, el turismo.

Hoy en día vivimos en una era digital donde se resalta el uso de la computadora, los dispositivos móviles y las redes sociales, los cuales están cambiando de manera constante las relaciones que tenemos entre nosotros mismos y con nuestro entorno. Un uso adecuado que se les puede dar a estos dispositivos es emplearlos en la educación como herramientas digitales que ayuden tanto a profesores en la difusión de su experiencia, como a los alumnos en la adquisición de conocimientos o habilidades.

### **1.2.1 Contenido interactivo**

El internet ha facilitado de una manera muy significativa la divulgación de información, es así que existen distintos métodos para hacer llegar dicha información a un usuario, el cual tiene acceso a una infinidad de contenido, ya sea de pago o gratuito. Un contenido interactivo, según (Higuerey, 2020) es todo aquel que exige alguna acción al usuario, dicha acción es un recurso que brinda una experiencia que se diferencia de otro tipo de contenido, logrando así captar más la atención del usuario y dando un valor agregado a lo que se busca. El contenido interactivo busca establecer una conexión con el usuario para que sienta que está siendo parte del contenido al interactuar con él, llegando incluso a brindar más información de la que se puede brindar con otro tipo de contenido.

#### **1.2.1.1 Descripción**

Según lo descrito anteriormente y de acuerdo con lo expuesto por (Higuerey, 2020), se puede definir un contenido interactivo como todo aquel que requiere una acción del usuario, esta acción puede ser dar un clic a una parte específica, arrastrar un objeto o incluso ver un video. Las acciones deben ser intuitivas para el usuario y no buscar una complejidad excesiva que provoque un difícil manejo ya que el fin del contenido interactivo es mostrar información de una manera más sencilla.

#### **1.2.1.2 Funcionamiento**

Según un estudio estructurado se puede conceptualizar la interactividad del contenido como las técnicas de interacción con una pantalla (Xu & Sundar, 2016), como pueden ser la acción de arrastrar un objeto con el ratón, hacerle clic para mostrar más información o simplemente pasar por encima. El funcionamiento del contenido interactivo depende del tipo de contenido que se vaya a mostrar ya que no es lo mismo visualizar un video que interactuar con un objeto en 3D.

#### **1.2.1.3 Tipos de contenido interactivo**

El contenido interactivo tiene una gama muy amplia, sin embargo, según (Higuerey, 2020) se pueden distinguir los siguientes tipos de este contenido principales:

- Videos interactivos: estos videos se reproducen a petición del usuario y tienen la finalidad de ampliar la información que por texto o fotografías no se puede observar.
- E-book: este tipo de libros combina los videos, imágenes y animaciones con el texto para que la experiencia resulte más interesante para el lector y le otorga una mayor atracción visual.
- Formularios: este tipo de contenido brinda una interacción más seria con la finalidad de conocer información acerca del usuario para solucionar un problema o mejorar un servicio.
- Libro interactivo: es un libro acompañado de contenido interactivo, este contenido se desarrollará de una manera más amplia en el siguiente apartado.
- Buscador de soluciones interactivo: presenta un formulario que va guiando al cliente para que encuentre la solución a su problema.
- Quiz interactivo: es un cuestionario, enfocado principalmente en la educación, que buscan una interactividad con el usuario que responde.
- Mapas interactivos: permiten encontrar una ubicación brindando una mayor experiencia en la navegación.

### 1.2.2 ***Libro interactivo***

Los libros permiten al lector sumergirse en un nuevo mundo o le otorgan un mayor grado de entendimiento sobre un determinado tema, a lo largo de la historia han servido como un medio de difusión de conocimiento y con el avance de la tecnología se han ido implementando nuevas características, como por ejemplo el acompañamiento de un disco con audios que otorgaban al lector narraciones o instrucciones. Según (Setyaningsih, 2019) la utilización de las nuevas tecnologías ha influido en los métodos de enseñanza y su desarrollo, otro ejemplo de tecnología unida a un libro es la implementación de sonidos mediante el uso de botones para libros dirigidos a niños con la finalidad de que aprendan la fonética de una letra o una palabra.

### **1.2.2.1 Descripción**

Un libro interactivo, según (Borges, 2020), es un modelo de e-book que pretende que el lector tenga una interacción durante su lectura para que esta se vea estimulada y se amplíe la información que el libro está tratando. Dicha información no es presentada únicamente con texto, sino que se añade fotografías, objetos 3D o incluso vídeos para complementar una aclaración.

En este caso, el libro interactivo es un dispositivo que, mediante el uso de Realidad Aumentada, permite al lector interactuar con el libro mediante objetos modelados en 3D o la reproducción de audios.

### **1.2.2.2 Funcionamiento**

La interacción es el pilar fundamental y distintivo de un libro normal a un libro interactivo. En estos últimos se busca que el lector realice acciones con el contenido del libro con la finalidad de ampliar la información que se puede mostrar con el texto, por ejemplo, un modelo en 3D que el lector pueda girar con la intención de observar directamente el objeto y así no quedarse únicamente con la descripción de este. La interacción se puede hacer con distintos tipos de contenido, ya sea un objeto, como lo mencionado anteriormente; con la reproducción de un video o mediante la escucha un audio.

### **1.2.2.3 Tipos de libros interactivos**

Los libros interactivos pueden diferenciarse principalmente según el contenido digital que muestren, teniendo en cuenta lo descrito por (Borges, 2020) se pueden ver como ejemplos principales los siguientes:

- Reproducción de audio: este tipo de libros interactivos contienen pistas de audio para complementar la información del libro o para realizar la lectura de cualquiera de sus partes.
- Reproducción de video: los videos son hoy en día la principal fuente de tráfico de internet, esto según un estudio realizado por Cisco Visual Networking Index (VNI) en

2017 donde se pronosticaba que para 2021 el 80% de contenido que se mueva por internet serán videos. Este tipo de libros interactivos muestra videos que complementan la lectura y otorgan un contenido más visual que simplemente un texto.

- **Objetos 3D:** este tipo de libros muestran objetos modelados en 3D en tiempo real mediante la ayuda de la realidad aumentada con los que el lector puede interactuar. Para tener accesos a estos objetos se suele necesitar de marcadores a los que se enfoca con una cámara.

#### **1.2.2.4 Marcadores**

Según (Boonbrahm et al., 2020) los marcadores, en el ámbito de la realidad aumentada, son los que permiten que un objeto virtual se muestre en el ambiente real, esta tecnología se conoce como RA basada en un marcador. Este tipo de tecnología está compuesta por una imagen física que tiene un patrón determinado el cual será enfocado por la cámara para que el objeto 3D aparezca, el principal inconveniente de este tipo de tecnología es que se ve muy afectado por el ángulo de enfoque que tenga la cámara y el rastreo del marcador que ésta haga.

Por otro lado, y siguiendo con lo expuesto por (Boonbrahm et al., 2020), también existe la RA sin marcador, donde no se necesita marcador físico, sino que se utiliza una superficie del mundo real como marcador para que el objeto 3D se pueda visualizar en el dispositivo.

#### **1.2.2.5 Periféricos**

Los periféricos hacen referencia a los dispositivos externos que se utilizan para poder visualizar algún tipo de contenido digital, entre estos destacan:

- **Gafas de RV:** dispositivos que permiten a la persona que lo lleva puesto ver un tipo de información digital en una pantalla pequeña que otorga la sensación de profundidad.
- **Dispositivo móvil:** es el encargado de enfocar los marcadores con su cámara y poder mostrar un objeto 3D mediante Realidad Aumentada.

- Pantallas virtuales: se puede destacar la computadora Magic Leap, la cual muestra imágenes 3D en el ojo del usuario para dar la sensación de una visión computarizada.

#### **1.2.2.6 Estructura**

Principalmente, un libro interactivo puede dividirse en dos partes: la parte estática y la parte interactiva. La estructura de los libros interactivos también se ve influenciada por la herramienta que se use para diseñarlo, según (Guzmán et al., 2018) la mayoría de estos materiales usan archivos en formato LaTeX o incluso PDF para la parte estática del texto o las imágenes. Sin embargo, la parte interactiva posee un número amplio de herramientas utilizadas para su desarrollo, incluso existen herramientas para realizar el testeado de esta parte, como Sysquake.

### **1.3 Software para desarrollo de aplicaciones con Realidad Inmersiva**

Para empezar este apartado es necesario una definición de Kit de Desarrollo de Software (Software Development Kit o SDK, en inglés). Un Kit de Desarrollo de Software es un grupo de herramientas de desarrollo de software o sistemas informáticos que permite a un desarrollador desplegar una aplicación informática para resolver un problema o requerimiento específico.

#### **1.3.1 Ambientes de desarrollo**

Un ambiente de desarrollo es un sistema de software que le permite a un usuario programar o codificar una aplicación gracias a los componentes propios del ambiente que son específicos para cada plataforma. Se presenta entonces, algunos sistemas que nos permiten desarrollar aplicaciones con RI.

##### **1.3.1.1 Unity**

La herramienta de Unity se desarrolló principalmente para realizar videojuegos, la cual puede utilizarse en conjunto con otras herramientas como son Blender, 3ds Max, Maya, Softimage, Modo, ZBrush, Cinema 4D, Cheetah3D, Adobe Photoshop, entre otras. El motor de videojuegos de Unity al trabajar sobre el paradigma de Programación Orientada a Objetos facilita una plataforma de desarrollo que, mediante instancias a objetos y scripts de programación, permite otorgar a los objetos animaciones,

interactividad con otros objetos e interfaces para el usuario. Unity también permite crear aplicaciones tanto en 2D como en 3D.

De igual forma, utiliza una función de scripting, la cual se realiza a través de Mono, el cual corresponde a la implementación de código abierto de .NET Framework. Los desarrolladores pueden utilizar UnityScript, el cual es un lenguaje personalizado inspirado en la sintaxis ECMAScript, la cual tiene una sintaxis basada en Python. Unity a partir de su versión 3.0 añade una versión de MonoDevelop la cual sirve para la depuración de scripts.

### **1.3.1.2 Unreal Engine**

Unreal Engine es una plataforma de creación muy completa con herramientas de desarrollo para cualquiera que trabaje con tecnología en tiempo real. Unreal Engine otorga la oportunidad a desarrolladores de todas las industrias libertad y control para crear y entregar entretenimiento de vanguardia, visualizaciones atractivas y mundos virtuales inmersivos.

Algunos de las características de Unreal Engine son:

- Integración de pipelines
- Animación
- Simulación y efectos
- Soporte multimedia integrado
- Contenido
- Construcción de mundos
- Jugabilidad
- Renderizado, iluminación y materiales
- Producción virtual
- Herramientas de desarrolladores para ajustar nuestros proyectos a nuestras necesidades.

### **1.3.2 Modelado 3D**

Los programas de modelado 3D son herramientas de desarrollo que permiten modelar objetos tridimensionales a partir de la nada, estos programas o sistemas ayudan

tanto en la creación de objetos 3D como texturas, animaciones, físicas, etc. Lo cual agrega un valor al diseño final ya que si se va agrupando todos estos componentes se puede llegar a un nivel de realismo muy alto. A continuación, se describirán algunos ambientes de desarrollo que permiten el modelado de estos objetos.

#### **1.3.2.1 Blender**

Blender es una herramienta que sirve para el desarrollo de personajes en 3D, estos personajes por lo general son desarrollados para su importación a videojuegos, en donde se utiliza Blender para crear el modelo, así como recrear los diseños de ropa y dar movimiento a dichos modelos. Además, se puede dar a los personajes características como: iluminación, renderizado, animación y creación de gráficos tridimensionales; además de composición digital utilizando la técnica procesal de nodos, edición de vídeo, escultura y pintura digital. Blender permite realizar el renderizado mediante su motor gráfico para poder observar cómo será el resultado del modelo en 3D y tener una idea general de cómo será la posterior exportación hacia una plataforma de programación, cómo puede ser Unity.

#### **1.3.2.2 3DS Max**

3DS Max es un software de modelado y de renderización que se puede utilizar para visualizar diseños o crear animaciones, además ofrece un conjunto completo de herramientas que permiten crear mundos masivos para videojuegos, visualizar renderizaciones de planos arquitectónicos en alta calidad, modelar objetos con gran detalle o dar vida a personajes o elementos mediante efectos visuales. El punto fuerte de este software son los diseños de arquitectura, ingeniería o construcción, debido a que tiene un amplio repertorio de funciones para modelado 3D que se adaptan a estas especialidades. El punto restrictivo es que su licencia de software tiene costo y se encuentra distribuida por Autodesk, además no cuenta con funciones que puedan ayudar con la realización de animaciones.

### 1.3.3 Realidad Aumentada

Para implementar RA en una aplicación es necesario un ambiente de desarrollo y librerías, paquetes o Frameworks que añadan esta característica a nuestros aplicativos, por lo que se presenta a continuación algunas opciones para realizar este proceso.

#### 1.3.3.1 Vuforia

Vuforia es un Kit de desarrollo de los más usados a nivel mundial para desarrollar aplicaciones con RA que cuenta con soporte para dispositivos móviles y gafas de RV. Que usa tecnología de visión por computadora para reconocer y rastrear imágenes planas y objetos 3D en tiempo real. Lo que permite al desarrollador colocar ciertos objetos virtuales de su preferencia en el mundo real a través de la cámara de un dispositivo móvil.

Vuforia trabaja en conjunto con el kit de desarrollo para Android ARCore e iOS ARKit, lo que permite desarrollar aplicaciones para ambos sistemas operativos. Dado el alcance de este proyecto, considerar herramientas que cumplan esta característica es sumamente importante para cumplir el requisito no funcional de portabilidad.

**Tabla 1**

*Funcionalidades de Vuforia*

Funcionalidad	ARCore	ArKit
Detección de superficie	X	X
Detección de imagen 2D	X	X

*Nota.* Esta tabla permite identificar componentes importantes de Vuforia de importancia para este proyecto.

#### 1.3.3.2 AR Foundation

AR Foundation permite trabajar con plataformas de RA de forma multiplataforma dentro de Unity, es decir, que dentro de Unity podremos desarrollar aplicaciones de RA para diversos sistemas operativos. Este paquete presenta una interfaz para que la utilicen los desarrolladores de Unity, pero no implementa ninguna característica de AR en sí. Para usar AR Foundation en un dispositivo de destino, también se necesita paquetes separados para las plataformas de destino oficialmente admitidas por Unity, las cuales son:

- ARCore XR Plugin, para Android
- ARKit XR Plugin, para iOS
- Magic Leap XR Plugin, para gafas de RA Magic Leap
- Windows XR Plugin, para gafas de RA HoloLens

AR Foundation nos brinda algunas características primordiales para el desarrollo del aplicativo, entre las cuales destacamos:

**Tabla 2**

*Funcionalidades de AR Foundation*

<b>Funcionalidad</b>	<b>ARCore</b>	<b>ArKit</b>	<b>Magic Leap</b>	<b>HoloLens</b>
Seguimiento de dispositivo	X	X	X	X
Detección de superficie	X	X	X	
Detección de imagen 2D	X	X	X	

*Nota.* Esta tabla permite identificar componentes importantes de AR Foundation importantes en este proyecto.

Para el desarrollo de nuestra solución es sumamente importante contar con dos aspectos fundamentales como son la detección de superficie y la detección de imágenes 2D, a partir de las cuales se mostrarán los objetos virtuales en el espacio físico real mediante el dispositivo móvil.

A continuación, se expondrá dos de las características mencionadas que se deben implementar en el aplicativo:

**Reconocimiento de superficie:** esta característica permite identificar mediante la cámara del dispositivo superficies planas horizontales y verticales del entorno físico real, sin embargo, para nuestro aplicativo se usará únicamente el reconocimiento de superficies horizontales, sobre las cuales se desplegará un objeto virtual.

**Reconocimiento de imágenes 2D:** otorga la posibilidad de identificar diferentes imágenes para presentar objetos virtuales específicos para cada imagen identificada.

## 1.4 **Arquitectura de aplicaciones**

En cada desarrollo de un sistema o una aplicación se debe seguir un proceso de ingeniería de software mediante las herramientas y métodos que se considere pertinente, aquí sobresale la implementación de la arquitectura de la aplicación. Dicha ingeniería ayuda en la producción de cualquier software mediante el desarrollo de modelos prácticos durante todas las fases de desarrollo del producto, tales como la especificación, el desarrollo, la validación y la evolución.

### 1.4.1 **Introducción**

Según (Sommerville, 2011) el diseño y los requerimientos pueden ser modelados, dando lugar a un conjunto de componentes y relaciones entre esos componentes que pueden ser ilustrados como un modelo arquitectónico del sistema mediante un gráfico, dicho gráfico ayuda a que los interesados sepan cómo va a ser, de manera muy general, la organización del sistema y como se puede dividir en subsistemas y las conexiones que éstos tendrán, posteriormente, los subsistemas son integrados para formar un sistema general, todo este proceso se conoce como diseño arquitectónico y da paso a la descripción de la arquitectura del software.

Por lo tanto, la arquitectura de una aplicación son las técnicas y los patrones que se pueden utilizar durante el desarrollo de la aplicación, otorgando también estrategias a seguir durante el diseño o incluso dando una estructuración adecuada para construir dicho software. Esta estructura otorgada por la arquitectura sirve también como punto de partida y posteriormente como guía en el diseño de la aplicación, basándose en los objetivos que se buscan cumplir durante el desarrollo.

### 1.4.2 **Tipos de arquitecturas**

Los estilos tradicionales más utilizados según (Sommerville, 2011) son: el repositorio de datos, el cliente-servidor y modelo de capas.

#### **1.4.2.1 Repositorio de datos**

El primer estilo, el modelo de repositorio, tiene como principal función el intercambio de información y su efectividad, para ello se crea una base de datos central, conocida como repositorio, a la que todos los subsistemas puedan acceder pero que también cada uno de ellos tenga su propia base de datos y puedan intercambiar información entre ellos. Este tipo de arquitectura es eficiente cuando se comparte una gran cantidad de datos, sin embargo, no posee una gran escalabilidad.

#### **1.4.2.2 Cliente servidor**

El segundo estilo mencionado por (Sommerville, 2011) es el de cliente-servidor, en este modelo existen dos figuras muy diferenciadas, el que ofrece un conjunto de servicios y los que acceden a dichos servicios. La conexión entre ambas figuras se da a través de una red que conecta al cliente con el servidor, dando así lugar a un sistema distribuido donde resulta fácil añadir un servicio más o trabajar sobre un solo servicio con el fin de actualizarlo.

#### **1.4.2.3 Modelo de capas**

(Sommerville, 2011) define a este modelo como una arquitectura donde cada capa proporciona un conjunto de diferentes servicios. Esto facilita que el desarrollo del programa, o de la aplicación en este caso, se vaya haciendo de manera incremental, lo que provoca que el usuario pueda utilizar una capa cuando el desarrollo de la misma esté terminado. Un ejemplo que se menciona es el modelo OSI para los protocolos de red.

Otra facilidad que otorga este modelo es que, al ser capas independientes, el reemplazo o eliminación de una capa no debe afectar a la funcionalidad de otra capa, siendo las demás capas capaces de ofrecer sus servicios de manera individual. Dicha facilidad es aplicable cuando se estructuran las capas según el nivel de servicio que ofrezcan, siendo los servicios más básicos los que quedarán como capas internas del sistema para que la estructuración final no conlleve problemas.

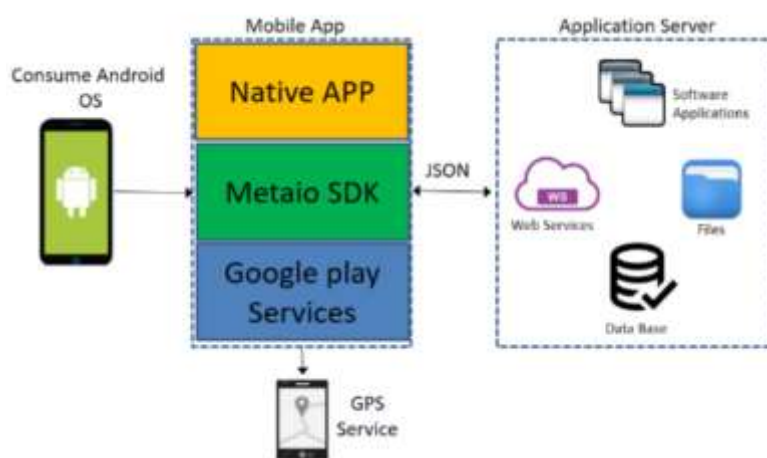
La arquitectura más utilizada para desarrollar aplicaciones con RA es la arquitectura por capas, específicamente la arquitectura de tres capas (Capa de interfaz, Capa de negocio y Capa de datos). Este tipo de arquitectura es muy utilizada en muchas aplicaciones de distintos tipos, por lo que creemos conveniente explicar su desglose:

- Capa de interfaz: agrupa los elementos visuales que se presentan al usuario, esta debe ser amigable y sencilla de utilizar para un mejor uso de la aplicación. Así mismo, esta capa hace una breve verificación de datos que ingresa el usuario, datos que se procesarán y se enviarán a la capa siguiente que es la capa de negocio.
- Capa de negocio: esta capa también es conocida como capa de lógica, dado que en esta capa se realizan las operaciones para que el aplicativo funcione correctamente y cumpla con el objetivo de satisfacer las necesidades del usuario y cumplir con las expectativas y reglas del negocio. Esta capa se comunica con la capa de datos a través de sentencias JSON.
- Capa de datos: la capa de datos es la encargada de almacenar y gestionar la información del aplicativo, en esta capa se realizan conexiones a gestores de bases de datos con los que se intercambian sentencias CRUD para Crear, Leer, Actualizar y Eliminar datos de la base de datos (del inglés Create, Read, Update, Delete), necesarias para el intercambio de datos entre el aplicativo y la base de datos.

En el trabajo “Implementación del marco para la educación del patrimonio apoyado en realidad aumentada” realizado por (Mendoza et al., 2019) se desarrolló una aplicación con la arquitectura de tres capas en donde el apartado “Consume Android OS” se refiere a la capa de interfaz, la parte de “Mobile App” se refiere a la capa de negocio, y finalmente la parte de “Application Server” es la capa de datos.

**Figura 2**

*Arquitectura de aplicación móvil de tres capas*



*Nota.* Adaptado de *Implementación del Marco para la Educación del Patrimonio apoyado en Realidad Aumentada* [Ilustración], por Mendoza et al., 2019.

## 1.5 Metodologías de desarrollo

Para un correcto desarrollo de un sistema es de vital importancia contar con una metodología que permita gestionar el proceso de desarrollo de un sistema de software, estas metodologías se encargan de gestionar el proceso de desarrollo de proyecto y producto para elevar la eficacia y eficiencia de este.

### 1.5.1 Metodología de desarrollo de software

Durante años se han desarrollado diferentes metodologías de desarrollo que cubren ciertos aspectos fundamentales de proyectos, por lo cual ciertas metodologías se adaptan de mejor manera a diversos proyectos. Actualmente, existen diversos tipos de metodologías que se han agrupado en dos categorías, las metodologías tradicionales y las metodologías mixtas de las cuales se hablará a continuación.

#### 1.5.1.1 Metodologías tradicionales

Las metodologías de desarrollo tradicionales son metodologías muy poco flexibles y presentan un gran problema de ejecución ante la presencia de obstáculos, errores de estimación, cambios de requerimientos, riesgos, etc. Es por ello que estas metodologías han ido perdiendo espacio frente a las nuevas metodologías ágiles que se desenvuelven

de mejor manera en este aspecto, sin embargo, estas siguen siendo usadas por muchas empresas de desarrollo de software por todo el mundo gracias a sus prestaciones individuales. A continuación, se presentan algunas de ellas.

#### **1.5.1.1.1 Cascada**

El modelo de cascada fue uno de los primeros en ser relevantes para el diseño de software y su primera propuesta se remonta al año 1970. Según (González et al., 2019), la característica distintiva de esta metodología es el seguimiento de una secuencia lineal que permite identificar etapas específicas que se deben cumplir en orden. Los procesos que componen esta metodología son:

1. Definición de requerimientos: se plantean los requisitos de la solución para determinar la asignación de funciones que tendrá.
2. Análisis y diseño de software: se estructuran los datos con la arquitectura del software y se definen las interfaces y procedimientos.
3. Implementación y prueba de unidades: se codifica la solución planteada según los diseños establecidos.
4. Integración y prueba del sistema: se procede a realizar pruebas del sistema para comprobar que la solución genere los resultados esperados.
5. Operación y mantenimiento: se gestionan posibles errores o adaptaciones del sistema, así como ajustes que existan de los requerimientos del sistema.

Dentro de esta metodología existen tres variantes: cascada clásica, cascada con retroalimentación donde se puede volver a cualquiera de los procesos una vez llegado al último y volver a seguir la cascada; y cascada con prototipado donde añade un aspecto de prototipo funcional para volver a los tres primeros procesos. Todas las variantes siguen un modelo rígido y lineal que ayuda en el seguimiento de la información.

#### **1.5.1.1.2 Incremental**

Las metodologías incrementales buscan generar un nuevo añadido por cada fase y en cada incremento se desarrolla una funcionalidad y se valida el resultado obtenido. Esto

se puede ver como una secuencia de pasos que generan iteraciones al término de cada secuencia, dando como resultado un producto que se puede utilizar e incluir como una iteración o incremento en el sistema. Una vez que se ha terminado una iteración el usuario es capaz de usar el resultado y el componente obtenido ya no se vuelve a trabajar, es decir, ya está probado y validado así que la iteración queda finalizada y no se repite, a menos que se encuentren fallos.

Según (Tinoco Gómez et al., 2010) el objetivo principal de esta metodología está centrado en la reducción de tiempos de desarrollo al realizar la división del proyecto en varios intervalos incrementales.

### **1.5.1.2 Metodologías ágiles**

Las metodologías de desarrollo ágiles otorgan flexibilidad y gran respuesta al cambio y/o riesgos en un proyecto. Estas metodologías representan la evolución y/o combinación de los mejores conceptos de las metodologías tradicionales, para brindar así una gestión de proyecto eficaz y eficiente. Algunas de las metodologías ágiles son:

#### **1.5.1.2.1 SCRUM**

Scrum es un marco de trabajo para el desarrollo y el mantenimiento de productos complejos (Schwaber & Sutherland, 2016). Scrum es un marco de trabajo dentro del que se pueden emplear procesos o técnicas para gestionar el desarrollo de procesos. El funcionamiento de scrum es repetitivo y un concepto fundamental dentro de Scrum es el trabajo en equipo y sus roles.

El equipo Scrum consiste o agrupa a tres componentes principales.

- Dueño del producto (Product Owner): el dueño del producto es el responsable de proveer y gestionar el Product Backlog (Pila del producto) que es la lista general de todas las necesidades del proyecto.
- Equipo de desarrollo (Development Team): es un grupo de profesionales especializados en una rama específica que se encargan de entregar un incremento del producto.

- Scrum Master: es un profesional capacitado en Scrum, cuya función es asegurarse de que el equipo de desarrollo comprenda el marco de trabajo y de que Scrum se entienda y adapte al proyecto para que el equipo de desarrollo trabaje ajustándose a la teoría, prácticas y reglas de dicha metodología.

Dentro del marco de trabajo Scrum existen diversos tipos de eventos predefinidos que se aseguran de optimizar las reuniones de Scrum.

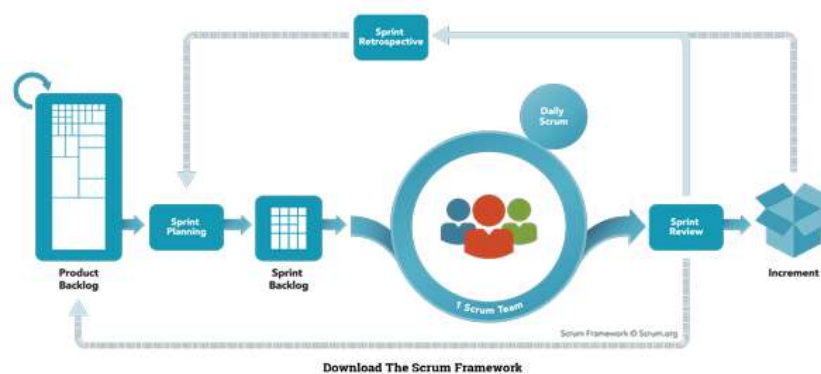
- Sprint: es la parte principal de Scrum, es un periodo de tiempo en el cual se desarrollan los incrementos del producto.
- Planificación del Sprint (Sprint Planning): en esta fase se planifican las actividades a desarrollar durante el Sprint.
- Objetivo del Sprint (Sprint Goal): presenta al equipo de desarrollo la meta del Sprint, es decir, por qué se desarrolla el Sprint.
- Scrum Diario (Daily Scrum): es una reunión diaria de no más de 15 minutos, en donde el equipo de desarrollo sincroniza sus actividades y crea un plan de trabajo para el siguiente día.
- Revisión del Sprint (Sprint Review): es una reunión que se realiza al finalizar el Sprint en donde se inspecciona el incremento desarrollado y se lo adapta de ser necesario a la Pila del Producto.
- Retrospectiva del Sprint (Sprint Retrospective): es una reunión que se realiza después de la revisión del Sprint y antes de la siguiente planificación del Sprint, con el objetivo de realizar una autoevaluación y crear un plan de mejoras para el desarrollo del siguiente Sprint.

Dentro del marco de trabajo Scrum existen diversos artefactos o componentes indispensables para el desarrollo de los sprints. Los artefactos están diseñados para maximizar la transparencia de la información y su comprensión por parte del equipo de desarrollo. Existen tres artefactos:

- Pila del producto (Product backlog): es una lista de requerimientos entregados por el Product Owner.
- Pila del sprint (Sprint backlog): es una lista pequeña de los requerimientos de los usuarios que han de ser desarrollados durante el sprint.
- Incremento (Increment): un incremento es el resultado del sprint. Contiene las tareas, casos de uso o historias de usuario que han sido desarrolladas durante el Sprint y que están listas para ser añadidas al producto final.

**Figura 3**

*Ciclo de vida de SCRUM*



*Nota.* Adaptado de *¿Qué es Scrum?* [Ilustración], por Organización de SCRUM, AÑO, Scrum (<https://www.scrum.org/resources/blog/que-es-scrum>).

El ciclo de Scrum:

El dueño del Producto provee la pila del Producto, en la reunión de planificación se seleccionan las necesidades de la pila del producto que van a ser desarrolladas en el sprint. Durante el sprint se desarrollan las necesidades del Sprint backlog y se realiza una reunión semanal para socializar el avance o posibles problemas que han surgido durante el desarrollo.

Al finalizar el sprint se realiza el Sprint Review, reunión en dónde se verifica el incremento desarrollado para verificar si cumple con las expectativas del dueño del producto o si se debe corregir, mejorar o desechar. Si es aceptado se añade a la lista de

incrementos terminados y si no se rechaza y se regresa el componente a la planificación para su corrección.

Después del Sprint Review se realiza el Sprint Retrospective para evaluar el equipo y plantear un plan de mejoras, una vez se termina esta reunión nos dirigimos a la reunión de Planificación y se repite el ciclo.

#### **1.5.1.2.2 Kanban**

Kanban es un método de gestión de trabajo que surge a finales de los años 40, viene de una palabra japonesa cuyo significado literal significa señal visual. En este proceso se destaca el uso de tres columnas para el desarrollo de un proceso: Por hacer, Haciendo y Hecho. En la columna “Por hacer” se listan las actividades que no han sido iniciadas aún, por otra parte, como su nombre lo indica la columna “Haciendo” contiene las actividades que han sido empezadas a desarrollarse y la columna final de “Hecho” alberga las actividades que han sido completadas al 100%.

Si se aplica bien este método de trabajo se podrá identificar cuellos de botella en el flujo normal del desarrollo para posteriormente mitigar o controlar este suceso. Una ventaja de Kanban es la implementación de un tablero digital Kanban, el cual es usado por empresas de todo el mundo en donde la barrera de la distancia imposibilita el uso de un tablero físico, de esta manera muchas empresas pueden seguir el desarrollo de sus procesos de forma remota.

#### **1.5.1.3 Metodologías de desarrollo de aplicaciones con Realidad Aumentada**

Los aplicativos con realidad aumentada pueden ser usados de diversas formas y su enfoque puede llevar a un aplicativo a cumplir un estándar educativo, informativo, de gamificación o juego serio. Estos aplicativos que cumplen características de gamificación o juegos serios también son considerados como Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA), los cuales tienen la característica de impregnar de información al usuario de forma inconsciente, por lo que se considera entonces al Libro Interactivo con RA como un OVA.

Como fruto de esta investigación se encontró una metodología mixta usada para desarrollar este tipo de aplicativos, la cual se detalla a continuación.

#### **1.5.1.4 Metodología mixta para el desarrollo de Objetos Virtuales de Aprendizaje**

El libro interactivo con RA se define como un objeto virtual de aprendizaje (OVA), el cual puede ser entendido como un objeto virtual y mediador pedagógico, diseñado intencionalmente para un propósito de aprendizaje (Callejas et al., 2011 citado por Alvarez-Marin et al., 2017). Es así como existen diferentes metodologías para el desarrollo de aplicativos con RA. Una es la mixta, formada por la metodología de desarrollo OVA AODDEI (llamada así por las etapas que la componen: Análisis, Obtención, Diseño, Desarrollo, Evaluación, Implementación) y la ingeniería de software basada en componentes ISBC (Tovar et al., 2014 citado por Alvarez-Marin et al., 2017). La metodología de desarrollo de OVA AODDEI se descompone en 4 fases:

- Fase 1, análisis: en esta fase el equipo se reúne para definir los objetivos del OVA, la problemática a la que se dará solución, la solución propuesta y las características de estos OVA.
- Fase 2, obtención: es la fase de planificación del OVA, en esta se define la estructura del OVA.
- Fase 3, diseño y desarrollo: la fase 3 comprende el desarrollo de los marcadores de RA, el desarrollo de la aplicación, modelado de objetos 3D que se usarán en el OVA, así también, comprende la selección de herramientas que se utilizarán para el modelado de dichos objetos y la integración del contenido que se haya previsto incorporar en el aplicativo en la fase 1. Esta fase será detallada más adelante al hablar sobre la metodología seguida para el desarrollo de objetos 3D.
- Fase 4, evaluación e implementación: es la fase final de desarrollo en dónde se evalúan los OVA, pudiendo realizar encuestas o un método de evaluación diferente, en dónde el objetivo es validar si el OVA cumple con los objetivos planteados, satisface las necesidades de los interesados y soluciona la problemática planteada.

Respecto a la segunda metodología que se usa para el desarrollo de OVA (ISBC) consta de 5 fases que son:

- Fase 1, comunicación con el cliente: durante esta fase se definen los requerimientos o necesidades del cliente.
- Fase 2, planificación: como su nombre lo indica, la segunda fase es usada explícitamente para planificar el trabajo que se realizará durante el proceso de desarrollo de software.
- Fase 3, análisis de riesgos: en esta fase se define los riesgos de proyecto y a la vez un plan de contingencia para cada uno de estos.
- Fase 4, construcción y adaptación de los componentes de ingeniería: durante la ejecución de esta fase se desarrollan los componentes del sistema, así también, su ensamblaje para presentar un producto final.
- Fase 5, evaluación del cliente: consiste en una evaluación del sistema para verificar su correcto funcionamiento y en caso de ser correcto su aprobación.

Estas dos metodologías se unen para así formar una metodología mixta para el desarrollo de OVA con RA, en dónde se seleccionan las fases de estas para crear un solo flujo de desarrollo que permita alcanzar los objetivos del proyecto y solucionar la problemática planteada. En la siguiente tabla se explica cómo se fusionan las metodologías para dar paso a la metodología mixta de desarrollo para OVA con RA.

**Tabla 3**

*Fusión de metodologías*

	<b>AODDEI</b>	<b>ISBC</b>	<b>MIXTA</b>
<b>Fases</b>	Análisis	Comunicación con el cliente	Análisis de negocio
	Obtención	Planificación Análisis de riesgos	Planificación e identificación de herramientas
	Diseño y desarrollo	Construcción y adaptación	Desarrollo y ensamblaje de componentes

Evaluación e implementación	Evaluación del cliente	Evaluación e implementación
-----------------------------	------------------------	-----------------------------

*Nota.* Esta tabla contiene la información para comprender la fusión entre las metodologías AODDEI e ISBC para crear una metodología de desarrollo de OVA's.

Se establece así la metodología mixta para el desarrollo de OVA con RA.

- Fase 1: análisis de negocio.
- Fase 2: planificación e identificación de herramientas.
- Fase 3: desarrollo y ensamblaje de componentes.
- Fase 4: evaluación e implementación.

### **1.5.2 Metodología de desarrollo de modelos 3D**

El diseño de objetos 3D se puede definir como la creación compleja de modelos poligonales usando diferentes programas de modelado (como Blender o Maya), según (Masoodian et al., 2015). El modelado de objetos en tres dimensiones tiene sus orígenes en 1990 y en la actualidad se utiliza en campos como la arquitectura, los videojuegos o el diseño de interiores. El uso de la RA se enfoca también en el diseño de objetos en 3D ya que, según (Zhparov M. K. & Nassen Y., 2016), otorga la habilidad de recorrer distintos lugares o ver sitios famosos, en el caso de este trabajo de titulación se busca mostrar personajes modelados en 3D que enseñen las características más descriptivas de una determinada vestimenta.

Sin embargo, existen algunas dificultades que, sobre todo, afectan al tiempo de diseño como la identificación y selección de objetos o el reconocimiento de distancias debido a las limitaciones del desarrollo en pantallas que solo son de dos dimensiones. Para minimizar estos inconvenientes existen programas de modelado como Blender, herramienta escogida para este trabajo, que facilitan el desarrollo de objetos en tres dimensiones.

Según (Aguinaga, 2021), la metodología de desarrollo 3D debe basarse en dos factores importantes: la temática del juego o aplicación que se quiere crear y la plataforma a la que se orienta. En el último punto existe más diferenciación entre lo que se escoja, ya que no será lo mismo desarrollar modelos para un dispositivo móvil que tiene menos recursos y más limitaciones técnicas que una computadora. Una de las metodologías más utilizadas es BIM (Building Information Modelling) definida por (Alonso, 2019) como una metodología que permite recrear el proceso real que se da en una construcción, dicha metodología se usa únicamente para el modelado de edificios en 3D.

Por otro lado, las metodologías centradas en el modelado de personajes no siguen protocolos estrictos y según (Alejandro & Ramírez, 2016) no es común que los directores de proyectos que involucran modelado de personajes suelen pedir un sistema específico de construcción al diseñador, pero las metodologías usadas sí siguen tres representaciones que se hacen del personaje: formal, interna y contextual. En la primera se busca identificar los aspectos visuales y físicos que describan las particularidades del personaje, en la segunda se toma en cuenta aspectos relacionados a la personalidad o actitud del personaje y en la última representación se tiene en cuenta temas emocionales y culturales.

Sin embargo, existe una metodología definida por (González Morcillo & Vallejo Fernández, 2009) dado el aumento de la demanda de personal cualificado para el diseño. En esta metodología se establece un ciclo de producción 3D que contiene tres fases principales: pre-producción, producción y post-producción. Durante la primera fase se desarrolla la escritura de un guión base que ayudará a establecer la dirección visual y el estilo que tendrá el proyecto para obtener un Storyboard en el que se plasme el guión en imágenes. A continuación, se da paso a la fase de producción que está compuesta por distintas fases según la magnitud de cada proyecto, siendo las principales: modelado, materiales y texturas, iluminación, animación y render. La última fase, post-producción, se

encarga de aplicar filtros o modificadores al resultado obtenido en la anterior fase para generar las imágenes u objetos definitivos que se hayan definido para el proyecto.

Se puede observar que el desarrollo de objetos 3D no sigue una metodología centrada y definida, sino que se adaptan al trabajo que se pretende realizar dando así más importancia a los puntos críticos de cada proyecto. Sin embargo, el proceso de producción si sigue unos pasos comunes como lo son el diseño, el propio modelado mediante rigging, que consiste en elaborar una estructura que permita al personaje moverse o mantener una forma; o la inclusión de animaciones.

## **Capítulo dos**

### **Análisis de la problemática y diseño de la solución**

En el siguiente capítulo expondremos los pasos uno y dos de la metodología mixta de desarrollo de OVA. La primera fase es el análisis de negocio, en donde se evaluará los requerimientos del usuario para conocer los requerimientos y deseos del usuarios respecto al resultado final del trabajo de titulación, por otra parte, en la fase dos se define la metodología a implementar para el desarrollo de software y objetos 3D, además de, la identificación de las herramientas que serán utilizadas para el desarrollo del presente trabajo.

#### **2.1 Análisis del negocio**

Dado el desconocimiento de la cultura y tradiciones de pueblos y nacionalidades aborígenes del Ecuador ya sea por falta de interés o falta de información de fácil acceso y comprensión, el turismo en ciertas zonas del país se ve gravemente afectado. En 2013, el 40.34% de la población que visitó la Amazonía para realizar actividades turísticas decidió ir a parques públicos, mientras que únicamente el 12.28% se inclinaron por visitar áreas protegidas, parques, reservas y asentamientos de pueblos y nacionalidades de dicha región (INEC, 2013).

Así mismo, los métodos tradicionales de enseñanza hacen que el nivel de retención de información en estudiantes de corta edad sea muy bajo, dado el ritmo y la monotonía de las clases sumado a la calidad del contenido educativo con el que se posee actualmente.

La tergiversación de la información que se encuentra en Internet sobre la vestimenta, ubicación, idioma, organización política, tipo de vivienda y población de los pueblos y nacionalidades aborígenes del Ecuador, sumado a los problemas de monotonía

en la enseñanza de ciencias sociales, provocan una pérdida de interés en el conocimiento de la cultura del Ecuador por parte de la sociedad en general.

Otro problema identificado se encuentra en el campo turístico. El deterioro de atracciones naturales, monumentos, infraestructura, artefactos y medio ambiente es el resultado de una serie de factores humanos y fuerzas naturales, incluida la actividad turística, eventos climáticos y políticas, planificación y gestión inadecuadas, malestar político, entre otros (Bec et al., 2021).

Para combatir la problemática encontrada se propone desarrollar una aplicación móvil que permita proporcionar información mediante el uso de herramientas digitales, apoyadas con realidad aumentada, sobre pueblos y nacionalidades aborígenes del Ecuador, basados en una representación visual de la información detallada de cada pueblo y nacionalidad aborígen del Ecuador.

Como se menciona en el apartado de Arquitectura de aplicaciones con RA, se propone el desarrollo de una aplicación de tres capas que permita presentar al usuario información útil de una manera innovadora y que capte la atención del usuario para mejorar la retención de información por parte de este.

### **2.1.1 Definición de requerimientos**

Una vez se conoce la problemática es necesario licitar los requerimientos del usuario o interesado para saber a detalle las características fundamentales que debe implementar el sistema a desarrollar, para lo cual gracias a entrevistas se ha recogido información necesaria para describir el funcionamiento del aplicativo.

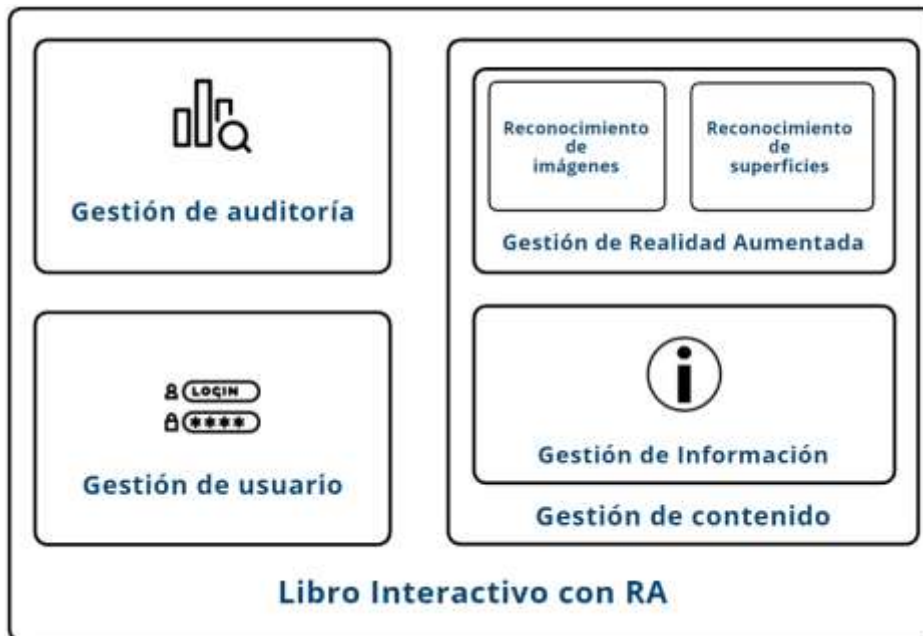
#### **2.1.1.1 Requerimientos funcionales**

Los requerimientos funcionales se caracterizan por su estructura, estos requerimientos se escriben en lenguaje natural, es decir, en el lenguaje común usado por

las personas y describen la necesidad principal del interesado de forma explícita. Gracias a la licitación se han definido los siguientes módulos del aplicativo.

**Figura 4**

*Módulos del aplicativo "Libro interactivo con RA"*



Módulo de gestión de usuario:

- RF\_GU\_001: como usuario del aplicativo deseo crear una cuenta para hacer uso del aplicativo.
- RF\_GU\_002: como usuario del aplicativo deseo iniciar sesión con las credenciales de mi cuenta para hacer uso del aplicativo.

Módulo de gestión de auditoría:

- RF\_GA\_001: como administrador del aplicativo deseo conocer los pueblos o nacionalidades más visitadas por los usuarios del aplicativo.
- RF\_GA\_002: como administrador del aplicativo deseo conocer las acciones más realizadas en cada escena del aplicativo.

Módulo de gestión de contenido:

Submódulo de gestión de información.

- RF\_GI\_001: como usuario del aplicativo deseo visualizar el texto descriptivo de la vestimenta del pueblo o nacionalidad seleccionado.
- RF\_GI\_002: como usuario del aplicativo deseo visualizar la población del pueblo o nacionalidad seleccionado.
- RF\_GI\_003: como usuario del aplicativo deseo visualizar la organización política del pueblo o nacionalidad seleccionado.
- RF\_GI\_004: como usuario del aplicativo deseo escuchar la descripción de la vestimenta del pueblo o nacionalidad seleccionado.
- RF\_GI\_005: como usuario del aplicativo deseo escuchar un audio corto del idioma nativo del pueblo o nacionalidad seleccionado.

Submódulo de gestión de RA.

- RF\_GRA\_001: como administrador del aplicativo deseo presentar un modelo 3D a partir de una imagen referencial en un libro físico.
- RF\_GRA\_002: como usuario del aplicativo deseo intercambiar los modelos 3D de hombre y mujer en la escena del pueblo o nacionalidad seleccionado.
- RF\_GRA\_003: como usuario del aplicativo deseo visualizar todos los pueblos o nacionalidades de forma agrupada, por regiones.
- RF\_GRA\_004: como usuario del aplicativo deseo visualizar un objeto en 3D del pueblo o nacionalidad seleccionado.
- RF\_GRA\_005: como usuario del aplicativo deseo escalar un objeto en 3D del pueblo o nacionalidad seleccionado.
- RF\_GRA\_006: como usuario del aplicativo deseo mover un objeto en 3D del pueblo o nacionalidad seleccionado.
- RF\_GRA\_005: como usuario del aplicativo deseo girar un objeto en 3D del pueblo o nacionalidad seleccionado.

### **2.1.1.2 Requerimientos no funcionales**

Los requerimientos no funcionales nacen una vez licitados los requerimientos funcionales y estos son obtenidos gracias a las entrevistas con el usuario y a la interpretación de la persona que se encarga de licitar los requerimientos.

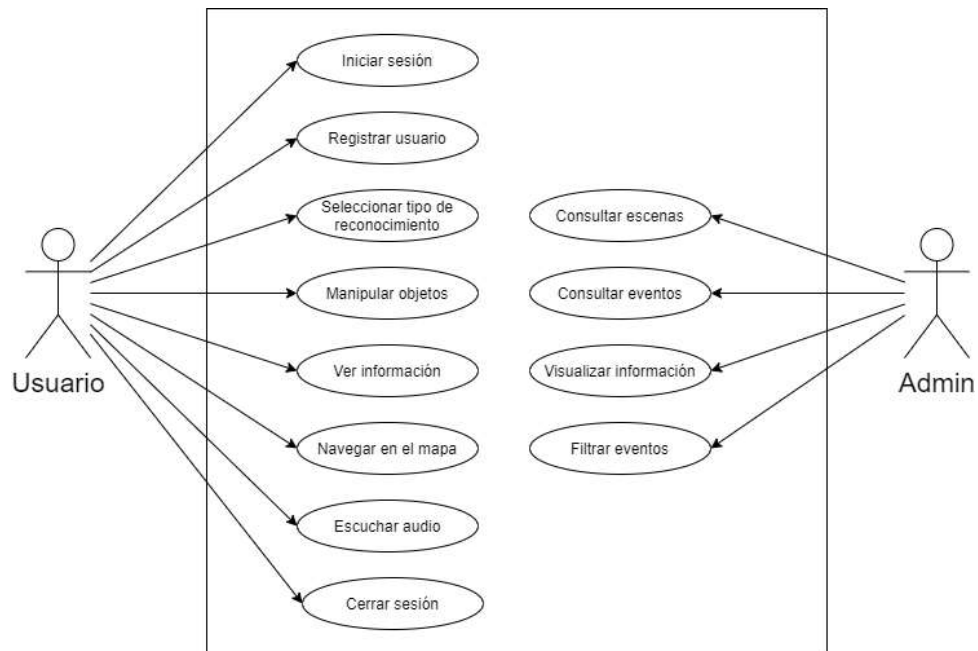
- RNF\_001: el aplicativo debe estar disponible las 24 horas del día los siete días de la semana.
- RNF\_002: el aplicativo debe poder escalar de forma fácil a futuro.
- RNF\_003: el aplicativo debe ser de fácil mantenimiento.
- RNF\_004: el aplicativo debe contar con conexión a internet para poder realizar la verificación de la identidad.

### **2.1.2 Casos de Uso**

Los casos de uso son una representación gráfica de menor granularidad, es decir, detallan específicamente y paso a paso los procedimientos que se deben realizar para desarrollar un requerimiento.

#### **2.1.2.1 Diagrama de casos de uso**

El diagrama de casos de uso permite identificar y representar tanto procesos empresariales como de programación orientada a objetos. A continuación, se presenta el diagrama de casos de uso de este aplicativo.

**Figura 5***Diagrama de casos de uso del aplicativo*

*Nota.* En esta figura se observa el diagrama de casos de uso del aplicativo.

### 2.1.3 **Arquitectura del aplicativo**

La arquitectura elegida posterior a la investigación apunta a la arquitectura de tres capas (capa de interfaz, capa lógica o negocio y capa de datos) como la opción ideal para desarrollar el aplicativo, quedando la arquitectura de la siguiente manera:

**Figura 6***Arquitectura del aplicativo*

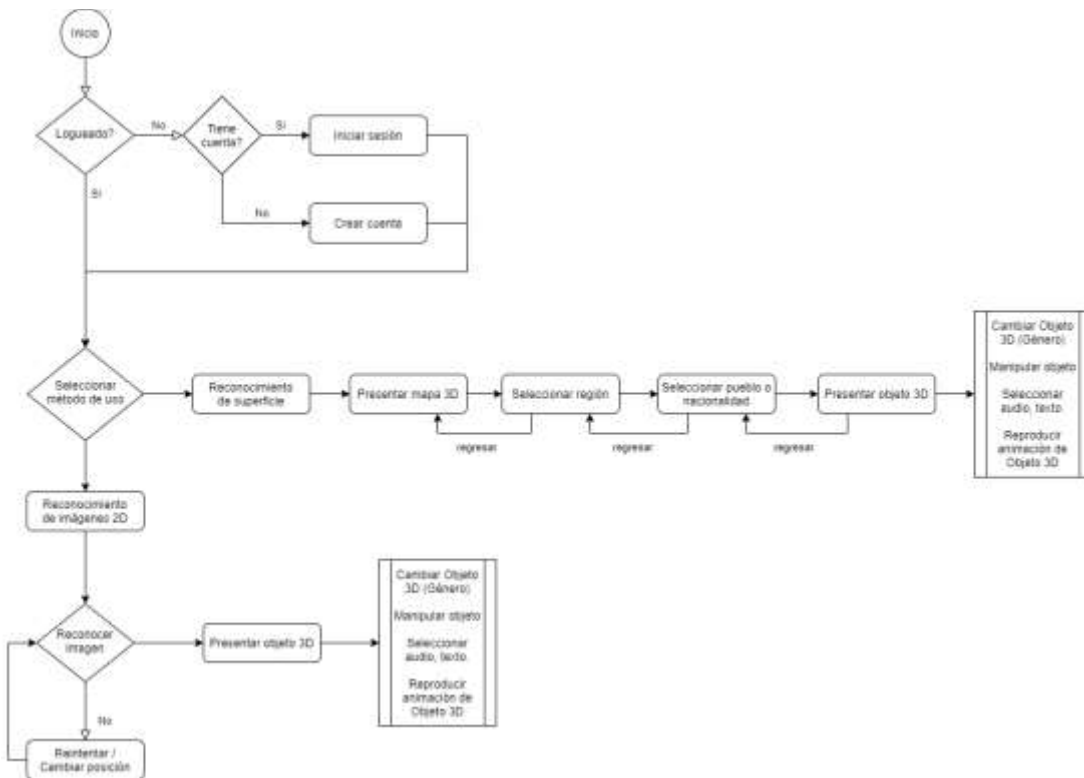
*Nota.* En esta figura se especifica la arquitectura que tendrá el aplicativo en construcción.

### 2.1.4 Diagrama de flujo del aplicativo

Ya que se conoce las funcionalidades del aplicativo, se ha creado un diagrama de flujo que explica el funcionamiento de nuestro sistema.

**Figura 7**

*Diagrama de flujo del aplicativo*



*Nota.* En esta figura se observa el flujo del funcionamiento del aplicativo.

A continuación, se explica el diagrama de flujo:

- El usuario inicia el aplicativo con RA.
- El sistema pide verificar la identidad del usuario, si el usuario ya está logueado en el aplicativo continúa hacia la pantalla inicial, caso contrario el sistema pedirá que se ingresen las credenciales del usuario o que se cree una cuenta dentro del aplicativo para continuar.
- Una vez verificada la identidad del usuario, se presenta la pantalla inicial del aplicativo, en dónde se le pide al usuario seleccionar el método de uso del aplicativo (Reconocimiento de superficie o Reconocimiento de imágenes 2D).

- Si el usuario selecciona la opción reconocimiento de superficie:
  - El aplicativo reconoce la superficie mediante la cámara del dispositivo y presenta el mapa de Ecuador modelado en 3D.
  - El usuario puede manipular este mapa mediante gestos y procede a seleccionar una región: Costa, Sierra y Amazonas.
  - Una vez el usuario selecciona la región, el aplicativo oculta las regiones no seleccionadas y presenta la región seleccionada con unos marcadores que indican la posición para cada pueblo o nacionalidad de esa región.
  - El usuario selecciona el marcador del pueblo o nacionalidad que desea visualizar y el sistema oculta la región seleccionada mostrando el avatar 3D del pueblo o nacionalidad seleccionado.
  - El usuario puede manipular el avatar 3D mediante gestos y puede elegir entre hombre o mujer, así mismo, mediante la interfaz el usuario puede reproducir la animación del avatar seleccionado, mostrar la ubicación en el mapa, visualizar un texto descriptivo, organización política, idioma o escuchar un audio descriptivo del pueblo o nacionalidad seleccionado.
  - Para regresar a la escena o nivel anterior, el usuario deberá hacer clic en un botón de la interfaz que deshace las acciones hechas por el usuario una a una.
- Si el usuario selecciona la opción reconocimiento de imágenes 2D
  - El sistema mediante la cámara del dispositivo verificará la imagen enfocada por el usuario, y en caso de ser una imagen reconocible, es decir, que sea una imagen reconocible por el sistema, desplegará el avatar 3D del pueblo o nacionalidad al que corresponda la imagen enfocada.
  - El usuario puede manipular el avatar 3D mediante gestos, y puede elegir entre hombre o mujer, así mismo, mediante la interfaz el usuario puede reproducir la animación del avatar seleccionado, mostrar la ubicación en el mapa, visualizar un texto descriptivo, organización política, idioma o escuchar un audio descriptivo del pueblo o nacionalidad seleccionado.

- Para poder visualizar otros pueblos y nacionalidades, el usuario deberá enfocar otra imagen 2D con su dispositivo.
- Para salir del aplicativo el usuario debe hacer uso del botón inicio del dispositivo móvil en el que hace uso del aplicativo.

## 2.2 Planificación e identificación de herramientas

En el siguiente subcapítulo de este documento se listará las herramientas y tecnologías seleccionadas para el desarrollo de este aplicativo con RA, así mismo, detallaremos la metodología a utilizar para obtener un flujo continuo y correcto de desarrollo.

### 2.2.1 *Metodología mixta de desarrollo establecida*

Como se mencionó en el capítulo 1.5.1.4, se implementará una metodología de desarrollo mixta que se utiliza en el desarrollo de OVA. Esta metodología permitirá desarrollar y combinar los objetos 3D y el software desarrollado. A continuación, se presenta una ilustración que muestra el flujo de trabajo a seguir al utilizar esta metodología.

**Figura 8**

*Metodología de desarrollo de OVA*



*Nota.* Esta ilustración muestra el proceso de desarrollo de OVA en sus diferentes etapas como: análisis de negocio, planificación e identificación de herramientas, desarrollo y ensamblaje de componentes y finalmente, evaluación e implementación

### 2.2.1.1 Metodología de desarrollo de software a implementar

Para el desarrollo de software se usará la metodología de desarrollo que se mencionó anteriormente, en esta metodología mixta se establecen cuatro fases de desarrollo, las cuales son:

**Análisis de negocio:** en la fase de análisis de negocio se identifica el problema o necesidad del problema que debemos resolver, para esta fase se realizaron entrevistas usando la herramienta ZOOM con los interesados del caso, en donde en reuniones programadas se licitaron y recolectaron los requerimientos funcionales y no funcionales del proyecto.

**Planificación e identificación de herramientas:** gracias a la investigación desarrollada se pudo identificar las herramientas correctas para el desarrollo del sistema. Para el desarrollo de software se hará uso de Unity y Visual Studio, por otra parte, para el desarrollo de modelos 3D se utilizará la herramienta Blender y Mixamo para incorporar

animaciones a los objetos 3D. Además de herramientas como Illustrator para crear los marcadores o Image Target utilizados en el reconocimiento de imágenes, y Microsoft Planner, para controlar las tareas que se realizará durante el proceso de desarrollo.

Desarrollo y ensamblaje de componentes: en esta fase del proyecto se realizarán tareas como el desarrollo de objetos 3D, desarrollo de interfaces y desarrollo de módulos del aplicativo como:

- Módulo de gestión de usuario
- Módulo de gestión de auditoría
- Módulo de gestión de contenido

Evaluación e implementación: durante esta fase se agruparán los módulos desarrollados y una vez se compruebe su funcionalidad por parte de los desarrolladores se procederá a realizar diferentes de tipos de pruebas.

### **2.2.1.2 Metodología de modelado 3D a implementar**

El modelado de los personajes 3D se ha venido realizando desde la creación del primer prototipo del aplicativo en desarrollo, aproximadamente hace dos años. Sin embargo, en los primeros años no se siguió una metodología que ayudase a tener una uniformidad en los modelos 3D diseñados, para dar solución a este inconveniente se planteó una metodología que ayudara a establecer un proceso a seguir para el desarrollo de cada modelo junto con unos patrones que busquen la mejora en el diseño, el modelado y la posterior optimización en la exportación de cada personaje.

Dicha metodología se basa en una adaptación de lo expuesto en el apartado de Metodología de desarrollo de modelos 3D. Se tuvo en cuenta dos de las tres representaciones de los objetos, en el apartado formal se procedió a identificar los aspectos distintivos de cada objeto y en el apartado contextual se identificó temas culturales de cada pueblo y nacionalidad, ambos aspectos ayudaron a completar un guión especificativo para cada modelo. Para el proceso de desarrollo se adaptó la metodología expuesta por (González Morcillo & Vallejo Fernández, 2009) teniendo principalmente en

cuenta la fase de producción y adaptando las distintas etapas de esta fase hacia nuestro proyecto. La fase de post-producción fue intercambiada por una etapa de optimización.

El proceso definido para esta metodología comienza con la fase de referencia mediante la realización de una guía donde se otorgó documentación contrastada de la vestimenta que tiene cada uno de los pueblos y nacionalidades del Ecuador, diferenciada entre hombre y mujer, así como la información complementaria como su vivienda o su organización política. La segunda fase está compuesta por los pasos que se definieron para la producción de los personajes 3D:

**Modelado:** construcción de la geometría 3D de los personajes siguiendo lo establecido por la guía y buscando el mayor detalle posible en cuanto a los aspectos característicos de la vestimenta de cada pueblo y nacionalidad. En este apartado se busca crear una malla para el cuerpo en el modo edición, teniendo en cuenta que la vestimenta de pantalones, camisetas o blusas formará parte de la misma malla para minimizar así el número de polígonos. En este apartado también se crean los accesorios que acompañan a la ropa, como manillas, aretes, ponchos, alpargatas o sombreros; dichos elementos se diseñan por separado del cuerpo como objetos diferentes en la jerarquía ya que no pueden formar parte de la misma malla que compone el cuerpo.

**Esculpido:** pulido de detalles en cuanto a la geometría 3D de cada personaje en el modo esculpido, las herramientas que proporciona Blender en este paso permiten inflar una parte de la malla o mover las caras para que formen una mejor estructura, estas fueron las más utilizadas para la creación de los ponchos característicos de los objetos, sin embargo, también existen herramientas para aplanar una zona o alisar caras.

**Retopología:** creación de objeto con una baja tasa poligonal nuevamente sobre el modo edición, buscando que cada objeto no exceda un total de 50.000 caras con el fin de que su exportación no sea pesada. Una técnica empleada en este paso fue la unión de la ropa al objeto para disminuir el número de caras totales, mencionada en el paso de modelado. Este paso también permite que la malla esté simplificada usando formas de

cuatro vértices por cada cara y así minimizar el número de polígonos de cada objeto sin afectar a su estructura y forma para facilitar la implementación posterior de animaciones a los objetos.

Mapeado UV: consiste en la proyección de texturas en los modelos para otorgar detalles y colores a sus caras. Blender provee de un editor de UVs que permite proyectar las caras del objeto 3D en un mapeado 2D y así poder dar más realismo a los detalles de las texturas. Para este paso se divide en partes el objeto mediante la creación de costuras o “seams” que permitirán dividir la malla de cada parte del objeto. Además, se delimitarán las zonas que necesitan de una textura diferente como, por ejemplo, la parte de los bordes de un poncho donde va a ir un bordado o una línea de la falda que tendrá diferente color. Otro punto importante es marcar los bordes o aristas mediante la opción de “mark sharp” para dar un realce a las zonas donde debe existir un marcado significativo, por ejemplo, en los bordes de una camisa o en los cuellos de un poncho.

Texturizado: se realiza el pintado de cada parte del personaje que fue diferenciada en el paso anterior mediante el uso de un pincel al que se le puede aplicar colores o texturas que se adapten al guion de referencia. En este paso se debe tener en cuenta que el texturizado se debe realizar de manera empaquetada, es decir, se crea un solo archivo de imagen en PNG sobre el que estarán todas las caras texturizadas para que dicho archivo sirva como texturizado para todo el objeto. Sin embargo, para los detalles de bordados se puede trabajar sobre una imagen distinta y así lograr una mejor resolución, pero se debe aplicar solo en partes específicas como ponchos o gorros.

Rigging: se realiza la articulación de los personajes mediante la creación de una armadura formada por huesos simples y unidos que se adapten al cuerpo y sus extremidades, además de la inclusión de ciertos controladores y modificadores, como el Inverse Kinematic o el Bones Constraints, que ayudarán en la posterior animación del personaje. Para este paso se utilizó Mixamo, el cual permite hacer de manera automática el rigging del personaje, sin embargo, aquí no se pueden incluir objetos como ponchos debido a que no se adaptan a la forma del cuerpo de manera natural. Para lograr este

paso únicamente se sube el objeto en formato FBX y Mixamo se encarga de hacer el auto-rigger del cuerpo, pero para los ponchos fue necesario crear huesos que se adaptan a la forma de cada uno y que no dañen la forma del objeto al moverlos. Esto se logra creando huesos en los hombros, en el frente y en la parte de atrás de los ponchos y se unen con la armadura creada en Mixamo, se debe tener en cuenta que el peso de cada hueso no afecte a la malla.

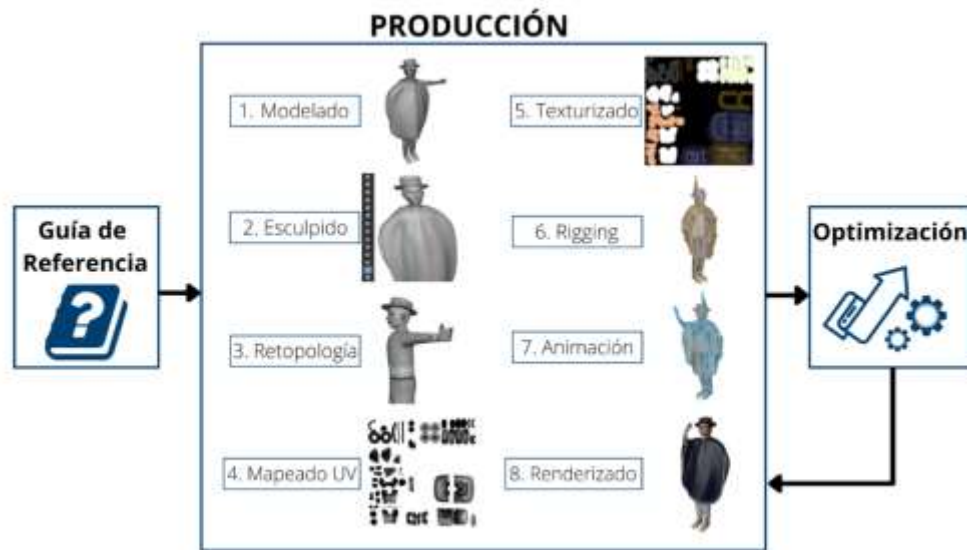
Animación: aplicación de movimientos que realizará el personaje sobre los huesos creados en el paso anterior estableciendo niveles de rotación, traslado y escalado. En este apartado también se hizo uso de Mixamo, el cual proporciona animaciones a los modelos subidos en el paso anterior. La animación escogida para este proyecto fue la de saludo, donde el personaje mueve el brazo derecho y saluda a los usuarios del aplicativo. Al igual que en el paso anterior, fue necesario trabajar los ponchos por separado sobre los huesos que se crearon. A cada hueso se le va dando movimiento por cada frame que sea necesario con el fin de que se adapte al movimiento creado por Mixamo.

Renderizado: procesamiento del personaje ya acabado, preferiblemente en formato de archivo FBX para su posterior colocación en el ambiente de desarrollo de Unity donde se integra el texturizado y la animación creados.

La última fase, la de optimización se realiza de manera iterativa para cada uno de los modelos, teniendo en cuenta qué paso del proceso de producción es necesario repetir aplicando las técnicas definidas por la metodología y volver a validar su correcta optimización.

**Figura 9**

*Flujo de trabajo para metodología de desarrollo 3D*



Si siguiendo la metodología expuesta se ha logrado mejorar el modelado y texturizado de los objetos realizados para los primeros prototipos del aplicativo, además de aumentar la optimización mediante una disminución significativa de polígonos y un mejor texturizado usando el empaquetado de UVs. Esto se ha logrado implementando el proceso expuesto anteriormente, sin embargo, han existido casos de personajes que se han tenido que modelar desde el principio debido a que la metodología no podía implementarse en esas situaciones.

**Figura 10**

*Evolución en el modelado 3D*



Se puede observar la notoria diferencia entre lo que se desarrollaba en un principio sin la correcta implementación de una metodología para el desarrollo de objetos 3D y lo obtenido después, además el peso de los archivos ya exportados disminuye en más de un 70% debido a la correcta optimización que se logra al realizar este paso de manera iterativa. Otro punto destacable es también la disminución de polígonos de los objetos, lo cual también colabora a bajar el peso de los archivos mejorando así el futuro funcionamiento del aplicativo.

## Capítulo tres

### Desarrollo y ensamblaje de componentes

#### 3.1 Desarrollo de software

Este capítulo redacta de manera detallada el proceso y actividades que realizamos para desarrollar el aplicativo.

##### 3.1.1 *Configuración del entorno de desarrollo y herramientas externas*

El primer paso para desarrollar este aplicativo es configurar correctamente las herramientas a utilizar, las cuales han sido listadas en el capítulo dos.

La configuración de herramientas nos permitirá tener un flujo de trabajo alto, con el cual se podrá desarrollar el software sin contratiempos y de manera ordenada. Algunas de las herramientas a configurar son:

- Unity Hub: esta herramienta de Unity nos permite descargar varias versiones de Unity y sus respectivos complementos de forma fácil, rápida y segura, para así trabajar en diferentes proyectos con versiones distintas. Para nuestro proyecto utilizaremos la versión de Unity 2019.4.13f1.
- Unity 2019.4.13f1: una vez descargada la versión de Unity a utilizar, es necesario configurar la plataforma de desarrollo objetivo, en este caso Android e iOS (este proceso se debe repetir al momento de exportar el aplicativo para cada sistema operativo).
- Visual Studio 2019: para facilitar el proceso de escritura y compilación de código, se añadirá librerías de C# y Unity al editor seleccionado para obtener funciones de compilación, autocompletado, entre otros.
- Vuforia: para configurar esta herramienta es necesario registrar nuestra aplicación en la página web de Vuforia (específicamente en el portal de desarrolladores de Vuforia), en donde se realiza ciertas configuraciones que se mencionan en el siguiente capítulo.

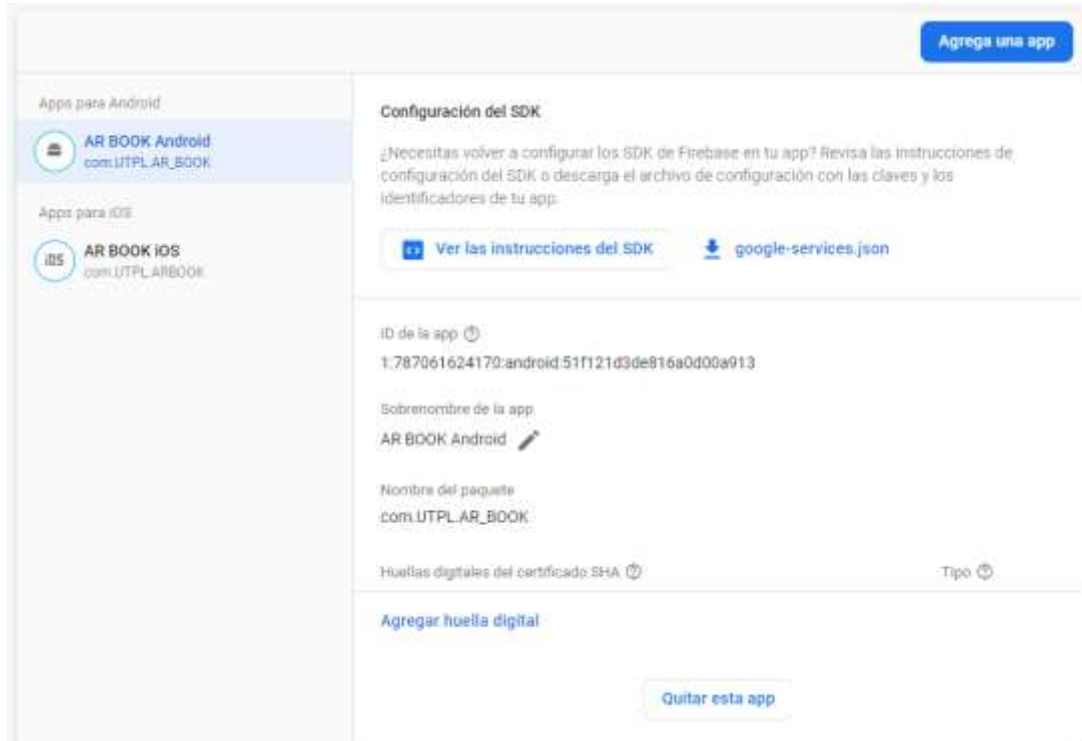
- Firebase: al igual que Vuforia es necesario realizar ciertas configuraciones directamente en la página web de la herramienta previo al desarrollo del aplicativo, las cuales igualmente se explicarán en el siguiente capítulo.

### 3.1.2 Configuración en Firebase

Para poder utilizar los servicios de Google Firebase en nuestro aplicativo es necesario registrar la aplicación (tanto Android e iOS) en la consola de Firebase, una vez se ha registrado la aplicación se debe descargar un paquete de Unity que se genera en la consola de Firebase con información específica del aplicativo y Firebase para que se puedan conectar a futuro. Además, se descarga un archivo .json para Android y un archivo .plist para iOS que se deben incorporar en el proyecto para conectar el aplicativo con el servicio web de Firebase.

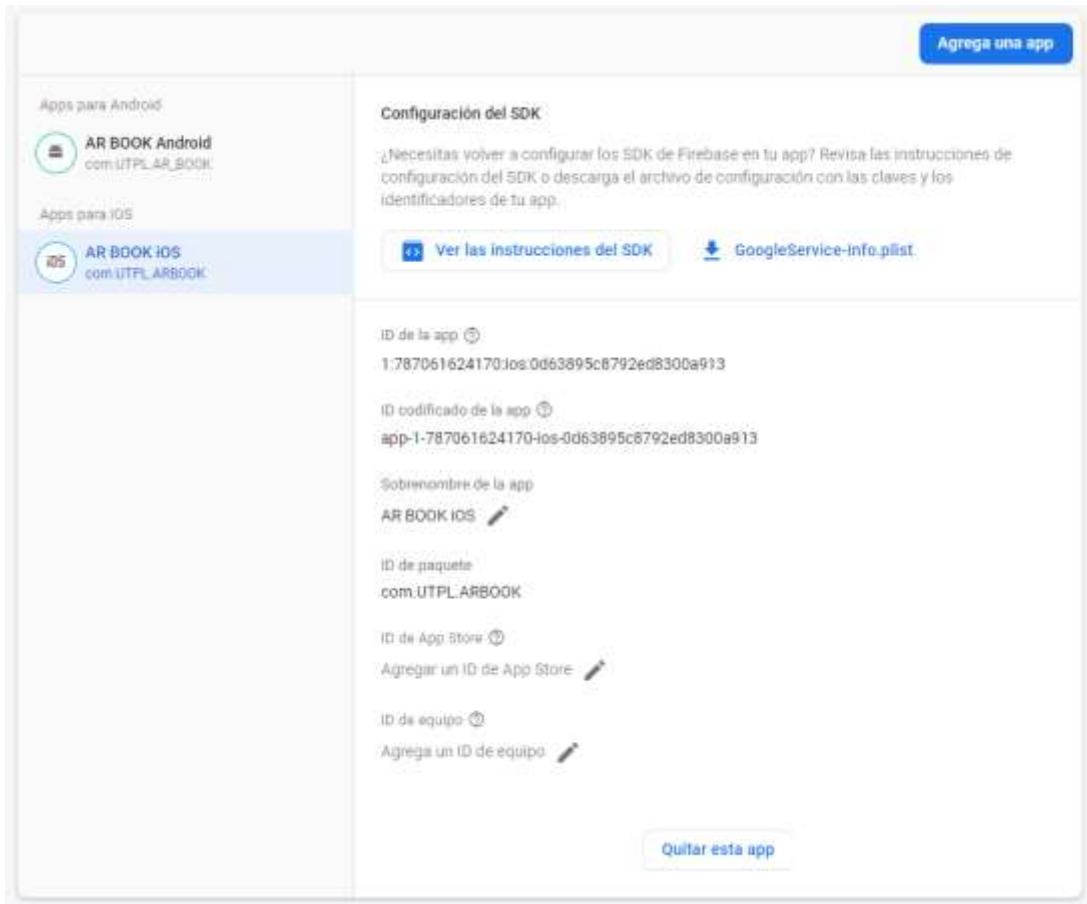
**Figura 11**

*Captura de pantalla de configuración de SDK de Google Firebase para Android*



**Figura 12**

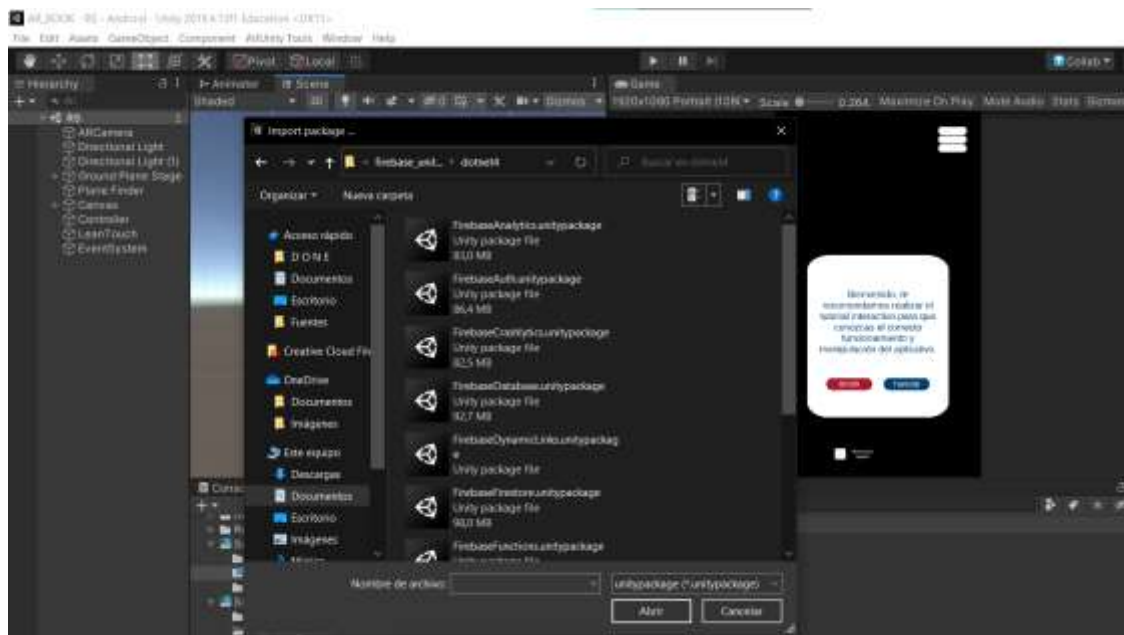
*Captura de pantalla de configuración de SDK de Google Firebase para iOS*



En las figuras 11 y 12 se puede ver la consola de Firebase, en donde ya se ha registrado nuestro aplicativo para Android e iOS con Unity y permite descargar nuevamente los paquetes para configuración en caso de necesitarlos nuevamente.

Figura 13

*Importación de paquetes de Google Firebase al proyecto*



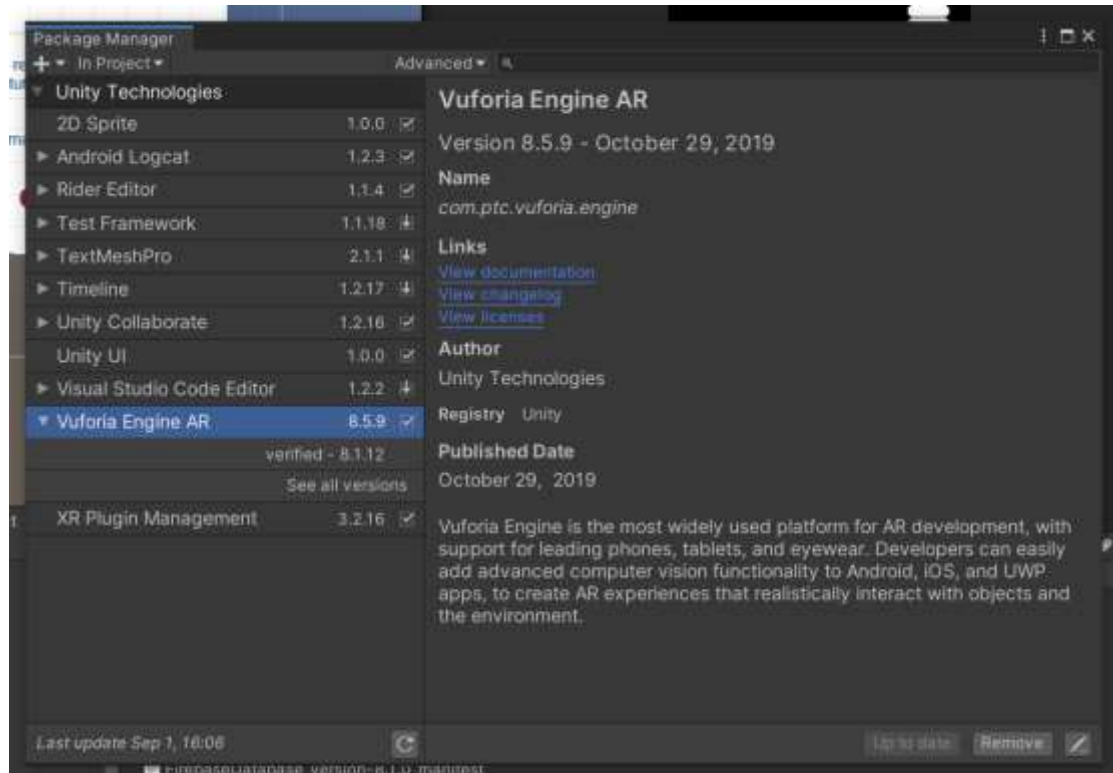
Una vez descargados los archivos mencionados, se incorpora los paquetes de Firebase que se van a utilizar (Authentication, Analytics y Realtime Database) y estará todo listo para continuar con el desarrollo de software.

### 3.1.3 Configuración de Vuforia

Para configurar la herramienta externa Vuforia en el entorno de desarrollo se descarga el paquete de instalación directamente desde el Asset Store y se instala, la versión de Vuforia a utilizar es 8.5.9.

**Figura 14**

*Importación de paquete de Vuforia 8.5.9 al proyecto de Unity*

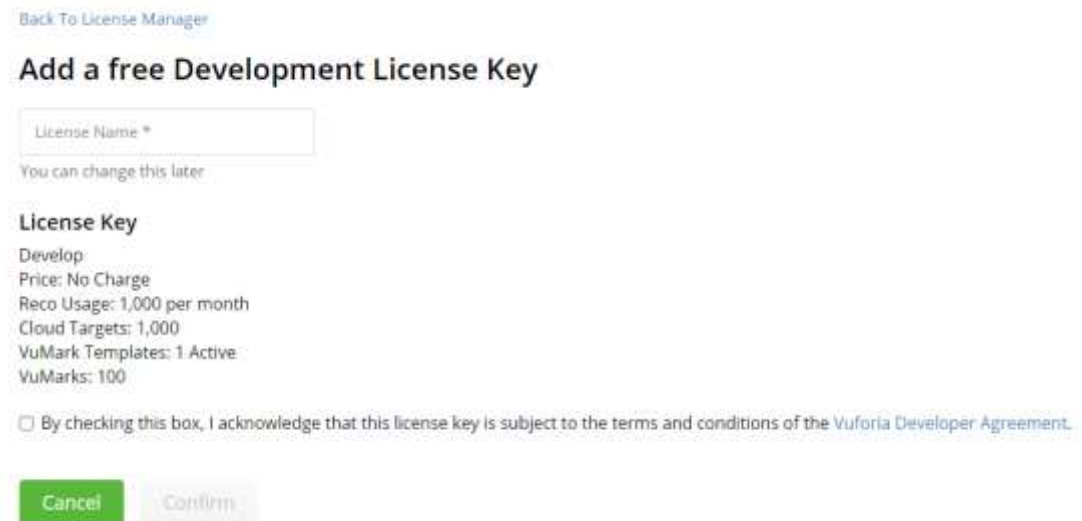


Una vez verificamos que la instalación fue exitosa se registra la aplicación, este proceso se hará en la página web de Vuforia en donde ingresaremos el token (código) del aplicativo para completar la configuración.

Primeramente, se inicia sesión en el portal, obteniendo así una licencia de desarrollo ingresando el nombre de nuestra aplicación.

**Figura 15**

*Configuración de clave de licencia de licencia de desarrollo en el portal de desarrollador de Vuforia*



The screenshot shows a web form titled "Add a free Development License Key". At the top left, there is a link "Back To License Manager". The main heading is "Add a free Development License Key". Below this is a text input field labeled "License Name \*". Underneath the input field, it says "You can change this later".

Below the input field, there is a section titled "License Key" with the following details:

- Develop
- Price: No Charge
- Reco Usage: 1,000 per month
- Cloud Targets: 1,000
- VuMark Templates: 1 Active
- VuMarks: 100

At the bottom of the form, there is a checkbox with the text: "By checking this box, I acknowledge that this license key is subject to the terms and conditions of the Vuforia Developer Agreement." Below the checkbox are two buttons: "Cancel" (in green) and "Confirm" (in grey).

En la figura 15 se puede ver la interfaz del portal en donde se ingresa el nombre de nuestra aplicación y Vuforia nos devolverá un token o código para ingresarlo posteriormente en Unity y culminar la configuración. Aquí, Vuforia explica directamente el límite de imágenes o marcadores que serán reconocibles por mes (1000) de manera gratuita, en caso de sobrepasar este número se deberá pagar para que el aplicativo reconozca más imágenes.

**Figura 16**

*Licencia generada en el portal de desarrollador para nuestro aplicativo*

License Manager > AR\_Book

**AR\_Book** [Edit Name](#) [Delete License Key](#)

[License Key](#) [Usage](#)

Please copy the license key below into your app

```
AQbeCgR////////AAAEmavZFPmMpOEPUaSi7+e7mMqFieGnLr/Jw2AsoLDmr4xN8Ab7imYUJDAKqmSOWECoEiHoCbWVLCa4dhLS1/LkQhr
eQxxS0CpDhAXRNDb+9YQvM0sgH2dob9WvCL6J5v7IFYxdAyMrf78q/6HOED+wlAY2RYbqduLHsNRcxLJ0jcuYTVoIsF+oXqCeGo97N
bNRVFXImQq682h66goLOH/eCKYnag1GotnRHRcK4ZFBsHXL2ev21+X5su4S9NWChXkAGZHSIDe+s3ZEd+oFc954fMDhZLz52/6jz7LV
C/OxSnXIGartr7AVpoaG3dxiTMc5MW05PCaB5Elaty82BBhXoCrqEd4W05cK+5HxR19UV3Xw
```

**Plan Type:** Develop  
**Status:** Active  
**Created:** Jul 16, 2021 00:06  
**License UUID:** 11d18e8e2aea460782c2bb10bb8aa6e5

**Permissions:**

- Advanced Camera
- External Camera
- Model Targets
- Watermark

**History:**  
 License Created - Jul 16, 2021 00:06

Una vez completado el registro se copia el código de la licencia de Vuforia que se genera y se lo introduce en Unity para finalizar la configuración.

**Figura 17**

*Incorporación de licencia de desarrollador en Unity*



En la figura 17 se puede observar el último paso de configuración de Vuforia en Unity.

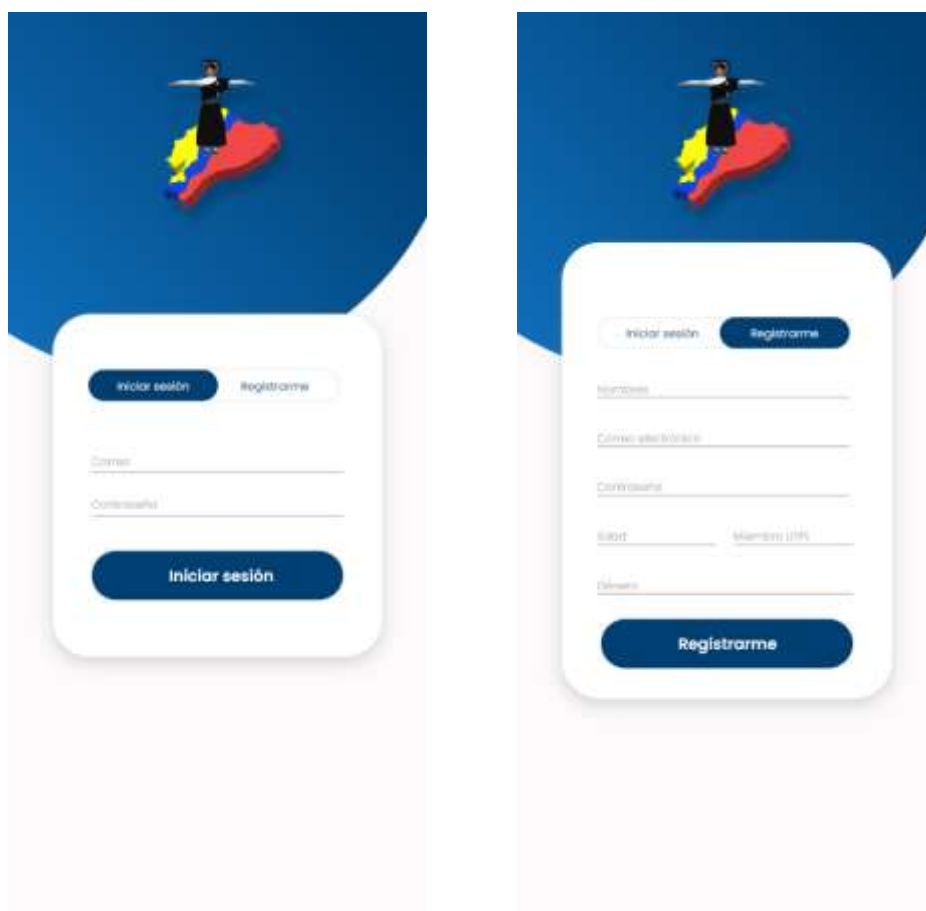
### 3.1.4 Módulo de gestión de usuario

El módulo de gestión de usuario permite controlar el acceso al aplicativo, este módulo se encarga directamente de verificar la información de los usuarios para que, con acciones de auditoría, el administrador del aplicativo conozca el comportamiento de los usuarios dentro del sistema.

A continuación, se presenta las interfaces de inicio de sesión y registro de usuario del aplicativo móvil que han sido desarrolladas para Android e iOS.

**Figura 18**

*Interfaces de registro de usuario e inicio de sesión*



Para poder hacer uso del aplicativo, el usuario deberá registrarse, para lo cual deberá llenar los campos que se pueden ver en la imagen 18. Una vez el usuario complete el ingreso de datos, el sistema validará que los campos hayan sido llenados correctamente. En caso de que los campos no se hayan llenado correctamente se alertará

al usuario mediante un mensaje para que corrija los datos mal ingresados y continuar el registro, si los datos son correctos el sistema registrará este nuevo usuario, así como los datos en la base de datos y le dará acceso al módulo de RA predefinido (reconocimiento de superficie).

Para desarrollar este módulo del aplicativo se usará dos servicios de Google Firebase: Authentication y Realtime Database, los cuales nos permitirán autenticar usuarios, registrar usuarios y almacenar su información; acompañado de una interfaz simple, intuitiva y fácil de usar para brindar una gran experiencia de usuario.

Authentication proporciona métodos para que los usuarios puedan registrarse e iniciar sesión en aplicativos que usen este servicio, algunos de los métodos más populares son: registro e inicio de sesión mediante correo electrónico, Facebook, Instagram, entre otros. Sin embargo, para los fines de este aplicativo únicamente se usará el método de registro e inicio de sesión con correo electrónico.

### Figura 19

*Lista de usuarios registrados en el aplicativo con corte 15/07/2021*



Identificador	Proveedores	Fecha de creación	Fecha de acceso	UID de usuario
pedrinca@gmail.com		27 jul. 2021	27 jul. 2021	33d8D0Xc4fQgmwiCQ24YvpFf0fw1
dicabad@utpl.edu.ec		26 jul. 2021	26 jul. 2021	Jtc0oTKTKmeFofdBkPCuQbwmT...
alejofuca@gmail.com		26 jul. 2021	26 jul. 2021	JEvdimibwH2jxkEpz0jC0Xim0B
admin@admin.com		26 jul. 2021		g0i23EjFD4g0i5fh4TTA8jzcVT2

A continuación, se puede observar parte del código que se ejecuta cuando el usuario requiere iniciar sesión.

Figura 20

Corrutina ejecutada cuando el usuario inicia sesión

```

+referencia
private IEnumerator Login(string _email, string _password)
{
    //Call the Firebase auth signin function passing the email and password
    var LoginTask = auth.SignInWithEmailAndPasswordAsync(_email, _password);
    //Wait until the task completes
    yield return new WaitUntil(predicate: () => LoginTask.IsCompleted);

    if (LoginTask.Exception != null)
    {
        //If there are errors handle them
        Debug.LogWarning(message: $"Failed to register task with {LoginTask.Exception}");
        FirebaseException firebaseEx = LoginTask.Exception.GetBaseException() as FirebaseException;
        AuthError errorCode = (AuthError)firebaseEx.ErrorCode;

        string message = "Login Failed!";
        switch (errorCode)
        {
            case AuthError.MissingEmail:
                message = "Missing Email";
                break;
            case AuthError.MissingPassword:
                message = "Missing Password";
                break;
            case AuthError.WrongPassword:
                message = "Wrong Password";
                break;
            case AuthError.InvalidEmail:
                message = "Invalid Email";
                break;
            case AuthError.UserNotFound:
                message = "Account does not exist";
                break;
        }
        warningLoginText.text = message;
    }
    else
    {
        //User is now logged in
        //Now get the result
        User = LoginTask.Result;
        Debug.LogFormat("User signed in successfully: {0} ({1})", User.DisplayName, User.Email);
        warningLoginText.text = "";
        confirmLoginText.text = "Logged In";
        UnitySceneManager.LoadScene(1);
    }
}
}

```

En la figura 20 se puede apreciar la corrutina que se ejecuta cuando el usuario inicia sesión, aquí se verifica si los datos ingresados son correctos (correo y contraseña), si no lo son muestra un mensaje con el error identificado y en caso de ser correctos los datos ingresados el sistema permite al usuario acceder a la escena de reconocimiento de superficie.

El proceso de inicio de sesión cuenta con una función adicional de “recuérdame” la cual se ejecuta al iniciar al aplicativo, esta función se encarga de recuperar los datos de la

sesión anterior y de tal manera brindar el acceso al aplicativo sin necesidad de que el usuario rellene los campos nuevamente.

**Figura 21**

*Captura de pantalla de la primera parte del método de registro de usuario*

```

private IEnumerator Register(string _email, string _password, string _username)
{
    if (_username == "")
    {
        //If the username field is blank show a warning
        warningRegisterText.text = "Missing Username";
    }
    else if (passwordRegisterField.text != passwordRegisterVerifyField.text)
    {
        //If the password does not match show a warning
        warningRegisterText.text = "Password Does Not Match!";
    }
    else
    {
        //Call the Firebase auth signIn function passing the email and password
        var RegisterTask = auth.CreateUserWithEmailAndPasswordAsync(_email, _password);
        //Wait until the task completes
        yield return new WaitUntil(predicate: () => RegisterTask.IsCompleted);

        if (RegisterTask.Exception != null)
        {
            //If there are errors handle them
            Debug.LogWarning(message: $"Failed to register task with {RegisterTask.Exception}");
            FirebaseException firebaseEx = RegisterTask.Exception.GetBaseException() as FirebaseException;
            AuthError errorCode = (AuthError)firebaseEx.ErrorCode;

            string message = "Register Failed!";
            switch (errorCode)
            {
                case AuthError.MissingEmail:
                    message = "Missing Email";
                    break;
                case AuthError.MissingPassword:
                    message = "Missing Password";
                    break;
                case AuthError.WeakPassword:
                    message = "Weak Password";
                    break;
                case AuthError.EmailAlreadyInUse:
                    message = "Email Already In Use";
                    break;
            }
            warningRegisterText.text = message;
        }
    }
}

```

En esta imagen se observa parte del código empleado para registrar un nuevo usuario. Al igual que el método de inicio de sesión, el método de registro de usuario es una corrutina que se ejecuta cuando el usuario rellena el formulario de registro y hace clic en el botón "registrarme". Si los datos son incorrectos, el sistema mostrará un mensaje con el error identificado (correo mal ingresado, correo ya usado, contraseñas incorrectas, campos incompletos, entre otros) y el usuario deberá corregir los datos mal ingresados para

continuar el registro. En la siguiente figura ese explica el resto del método desarrollado para el registro de usuario.

**Figura 22**

*Captura de pantalla de la segunda parte del método de registro de usuario*

```

else
{
    //User has now been created
    //Now get the result
    User = RegisterTask.Result;

    if (User != null)
    {
        //Create a user profile and set the username
        UserProfile profile = new UserProfile { DisplayName = _username };
        //Call the Firebase auth update user profile function passing the profile with the username
        var ProfileTask = User.UpdateUserProfileAsync(profile);
        //Wait until the task completes
        yield return new WaitUntil(predicate: () => ProfileTask.IsCompleted);
        if (ProfileTask.Exception != null)
        {
            //If there are errors handle them
            Debug.LogWarning(message: $"Failed to register task with {ProfileTask.Exception}");
            FirebaseException firebaseEx = ProfileTask.Exception.GetBaseException() as FirebaseException;
            AuthError errorCode = (AuthError)firebaseEx.ErrorCode;
            warningRegisterText.text = "Username Set Failed!";
        }
        else
        {
            // /// ENVIAR DATOS A FIREBASE /// //
            US_Name = usernameRegisterField.text;
            US_Email = emailRegisterField.text;
            US_Age = ageRegisterField.text;
            US_Gender = genderRegisterField.text;
            US_Member = utplMemberRegisterField.text;
            US_ID = User.UserId;
            postToDataBase();
            //Username is now set
            //Now return to login screen
            UIManager.instance.LoginScreen();
            warningRegisterText.text = "";
            emailLoginField.text = emailRegisterField.text;
            passwordLoginField.text = passwordRegisterField.text;
        }
    }
}
}

```

Continuando con el flujo correcto normal, si el usuario ingresa los datos de forma correcta, se usan las funciones de Firebase Authentication para registrar un nuevo usuario y se toman los datos del formulario para registrarlos en la base de datos mediante el método "postToDataBase()". Finalmente, el usuario regresa a la pantalla de inicio de sesión con los campos de esta pantalla previamente rellenos para que el usuario inicie sesión.

Este proceso nos permitirá verificar si el usuario ha iniciado sesión en el aplicativo para que en futuros ingresos a la aplicación no deba rellenar los campos nuevamente, sino

que se verificará como sesión activa y el usuario directamente será redirigido a la escena de reconocimiento de superficie. En la siguiente figura se puede ver el funcionamiento de esta característica del sistema.

**Figura 23**

*Código para verificar sesión activa del usuario*

```
private IEnumerator CheckAutoLogin()
{
    yield return new WaitForEndOfFrame();
    if (User != null)
    {
        var reloadUserTask = User.ReloadAsync();
        yield return new WaitUntil(predicate: () => reloadUserTask.IsCompleted);

        AutoLogin();
        Debug.Log("Hay sesión activa");
    }
    else
    {
        Debug.Log("No hay sesión activa");
    }
}

1 referencia
private void AutoLogin()
{
    if (User != null)
    {
        UnitySceneManager.LoadScene(1);
        Debug.Log("cambiamos de escena xq hay usuario activo");
    }
    else
    {
        UnitySceneManager.LoadScene(0);
        Debug.Log("caragamos pantalla inicio de sesion");
    }
}
```

La corrutina "CheckAutoLogin" se ejecuta al iniciar la aplicación, aquí se verifica si el usuario ha iniciado sesión y no ha cerrado la sesión al salir del aplicativo en el último uso, de ser así será redirigido a la escena de reconocimiento de superficie, caso contrario esperará en la escena de inicio de sesión hasta que el usuario inicie sesión.

Como se mencionó anteriormente, Realtime Database es una base de datos no relacional de Google Firebase, en la cual se puede almacenar información del usuario que ha sido definida en los campos de la pantalla de registro de usuario como: nombres y apellidos, correo electrónico, contraseña, edad, género y si es miembro o no de la UTPL; estos datos son obtenidos del panel de registro de usuario.

**Figura 24**

*Código para enviar los datos del usuario a la base de datos*

```

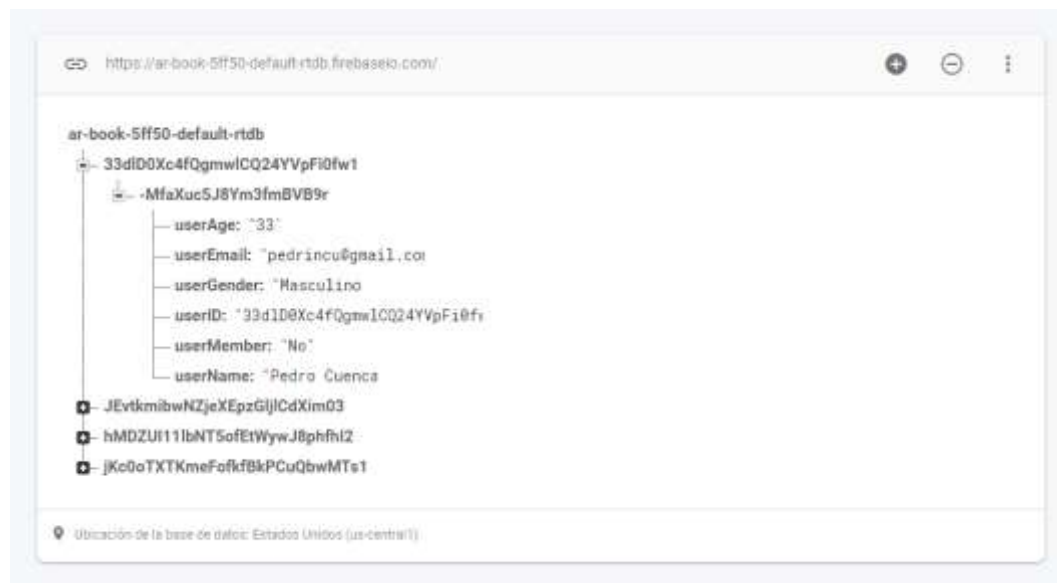
+ referencia
private void postToDataBase()
{
    UserData userData = new UserData();
    RestClient.Post("https://ar-book-5ff50-default-rtdb.firebaseio.com/" + US_ID + ".json", userData);
}

```

Para poder almacenar información en esta base de datos es necesario enviar la información con formato JSON.

**Figura 25**

*Captura de pantalla de la base de datos no relacional del aplicativo en donde se almacena la información de los usuarios*



### 3.1.5 **Módulo de gestión de auditoría**

Para el desarrollo de este módulo se hará uso de Google Analytics para Firebase, esta herramienta nos permite analizar diferentes aspectos de uso que se da en una aplicación y medir diferentes ámbitos estadísticos de la misma. Uno de los puntos importantes de haber escogido esta solución gratuita es que permite la creación de reportes y registros ilimitados sin la preocupación de pagos simplemente instalando su SDK. Algunas de las funciones principales que se obtienen con esta instalación son: estadísticas demográficas de uso, retención de usuarios, tiempo de uso y estadísticas de ingresos en la aplicación.

Por otro lado, esta herramienta nos permite la creación de eventos personalizados para nuestra aplicación con el fin de medir el grado de interacción que tienen los usuarios con cada una de las funcionalidades que se les ofrece, esto se realiza mediante el registro de eventos personalizados según la actividad de los usuarios. Los eventos proporcionan información sobre lo que está pasando en el aplicativo y pueden ser sobre las actividades del usuario o sobre eventos del sistema. Estos eventos se dividen en parámetros y en total se pueden definir hasta 500 eventos con 25 parámetros cada uno, facilitando así el análisis de auditoría que se le va a realizar al aplicativo.

El primer paso para gestionar la herramienta de Google Analytics para Firebase es la importación de su SDK en nuestro proyecto de Unity y habilitar el uso de esta herramienta para que la aplicación vincule las transmisiones de datos asociadas con una propiedad web mediante la consola de Firebase. Dicha herramienta se enfoca en ambos sistemas operativos, Android e iOS, sin necesidad de crear otro proyecto o diferenciar código entre ambos solamente haciendo las importaciones necesarias para estos sistemas operativos que trabajarán en el mismo proyecto de Firebase pero bajo dos aplicaciones. Una vez creado nuestro proyecto y sus aplicaciones se procede a descargar e importar los archivos de datos en formato JSON al directorio de Assets del proyecto de Unity para después descargar y añadir el SDK de Firebase para Unity e importar dicho paquete nuevamente a nuestro proyecto en Unity. Después de haber realizado estos pasos ya podremos observar que el proyecto y sus aplicaciones han sido creados y se muestran en la consola de Firebase.

**Figura 26**

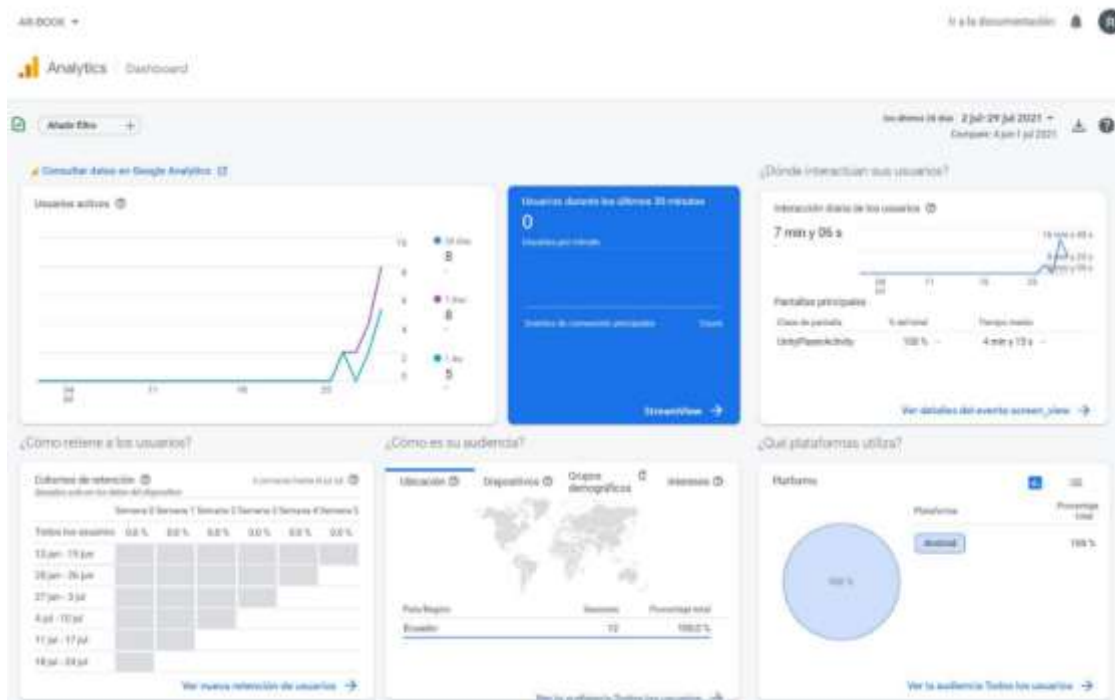
*Proyecto en Firebase con aplicaciones de Android e iOS*



Una vez realizada esta configuración es necesario activar la función de Google Analytics que Firebase ofrece de manera gratuita y ayuda a la medición de la actividad del usuario y del nivel de compromiso hacia nuestro aplicativo. Esta activación se realiza desde la consola de Firebase. Al terminar tanto la importación como la activación se necesita inicializar el servicio de Analytics, en Android se realiza de manera automática al solo ejecutar la aplicación, sin embargo, para iOS es necesario establecer en el código que haga esta inicialización por defecto. Las estadísticas y análisis que Google Analytics ofrece en su panel sin necesidad de programar nada, solamente con su inicialización son: usuarios activos y sus interacciones en los últimos 7 o 30 días, retención de usuarios en las últimas cinco semanas, mapa geográfico de los usuarios y distinción de plataformas de uso (Android o iOS).

Figura 27

Dashboard de Google Analytics para Firebase



Pasando ya a los eventos, Firebase analiza dos que están definidos por defecto: first open y session start. Accediendo a estos eventos se puede ver las estadísticas que tiene cada uno de ellos como, por ejemplo, el número de usuarios que ha activado ese evento o el total de veces que ha ocurrido. Sin embargo, es necesario crear más eventos según el análisis de auditoría que se requiere para esta aplicación y estipulados en los requerimientos funcionales RF\_GA\_001 y RF\_GA\_002, donde se especifica que es necesario conocer los pueblos y nacionalidades más visitados y ver las acciones más realizadas. El registro de eventos personalizados se logra con la codificación mostrada en la figura 28, donde se llama al método LogEvent propio de Firebase Analytics, este método recibirá primeramente el nombre del evento, y después el tipo y el nombre del parámetro. Esta codificación debe integrarse en cada botón que se quiera registrar como evento, teniendo en cuenta que existe un máximo de 25 parámetros por cada evento y la cadena del nombre del evento y el parámetro no deben superar los 40 caracteres, además el límite de eventos por aplicación es de 500.

**Figura 28**

*Codificación de LogEvent para Firebase Analytics*

```
FirebaseAnalytics.LogEvent("Event Name",  
"Parameter Name", "Parameter Value");
```

Teniendo en cuenta estos requerimientos se definió que el registro de eventos se realizará sobre los botones de la interfaz que dan lugar a las actividades de:

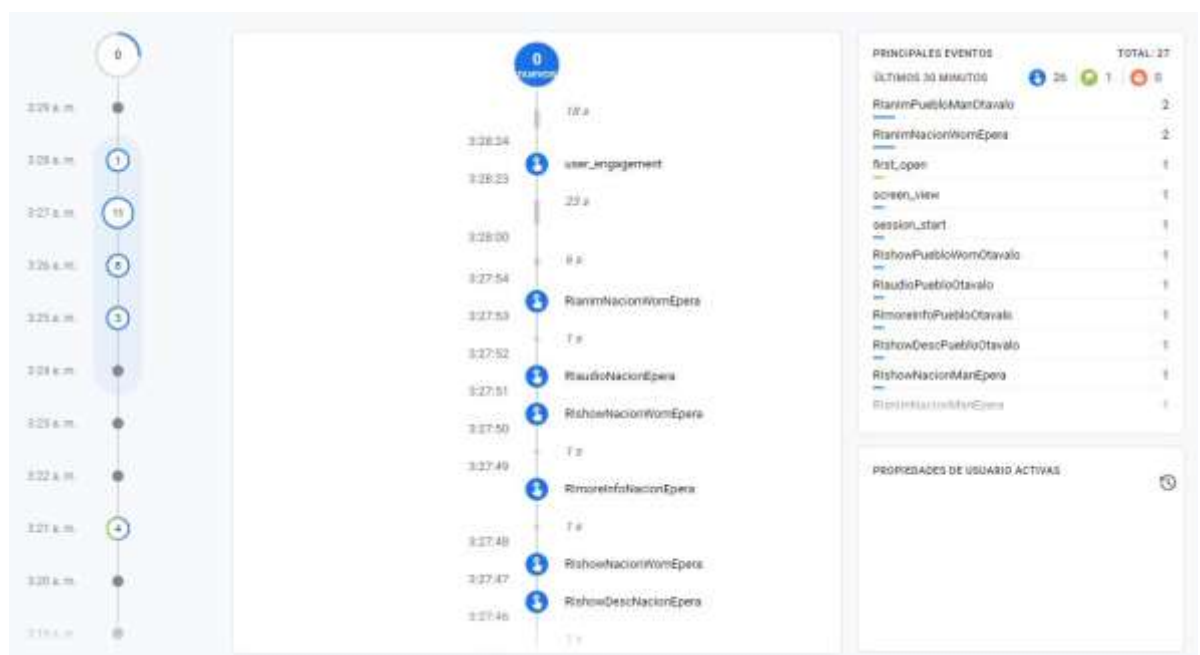
- Mostrar hombre o mujer, para ver a que pueblo o nacionalidad accedió el usuario.
- Animación de hombre y mujer, para conocer la interacción que tienen con el movimiento de los personajes y conocer cuántos usuarios acceden a estas acciones.
- Mostrar descripción, donde se especifican más características propias de cada pueblo y nacionalidad.
- Acceso a más información, en el cual se detallan más aspectos distintivos de los pueblos y las nacionalidades.
- Reproducción de audio, donde se describe la vestimenta que tiene cada pueblo o nacionalidad según su sexo.

Esta lista de eventos se mostrará en la consola de Analytics, pudiendo ser filtrados según SO, y facilita el análisis del uso que hacen los usuarios de la aplicación, pudiendo observar el número total de accesos a cada actividad y la ubicación del usuario que accede al evento. Además de estos eventos personalizados, Analytics ofrece otros predeterminados que indican el primer acceso a la aplicación o cuántos eliminan el aplicativo de su celular. El total de interacciones es de 7 por cada pueblo y nacionalidad, además estos serán divididos según la opción que haya escogido el usuario para obtener los objetos en RA, ya sea reconocimiento de imágenes o reconocimiento de superficies.

Debido a que los eventos se muestran después de 24 horas de haberse dado en el aplicativo, se procedió a comprobar si se están generando de manera correcta mediante la herramienta de Debug View que tiene Analytics. Para realizar esta configuración se necesita instalar el paquete de Unity llamada Android Logcat, la cual mediante unos comandos de terminal permite probar la conectividad con Firebase y el envío de los eventos hacia la herramienta de Google Analytics, una vez instalado este paquete se puede construir el aplicativo y ejecutarlo en un celular para comprobar el funcionamiento. Debug View muestra los eventos en tiempo real mientras ejecutamos nuestra aplicación en una línea de tiempo donde se indica cada evento accionado por el usuario y la hora exacta cuando ocurrió.

**Figura 29**

*Debug View de Analytics*



### 3.1.6 Módulo de gestión de contenido

Este módulo del aplicativo es el módulo principal y uno de los más importantes dada la relevancia de presentar el contenido al usuario. Contiene a su vez dos submódulos que en conjunto se encargan de presentar contenido inmersivo para el usuario.

### 3.1.6.1 Submódulo de gestión de información

El submódulo de gestión de información se encarga de presentar la información de pueblos y nacionalidades al usuario, este submódulo trabaja tanto para reconocimiento de superficies como de imágenes.

La información que se presentará en las escenas de cada tipo de reconocimiento varía, presentando mucha más información en la escena de reconocimiento de imágenes. En la tabla 4 se puede observar la información que se presentará en cada escena.

**Tabla 4**

*Tipo de información que se presenta en las escenas del aplicativo*

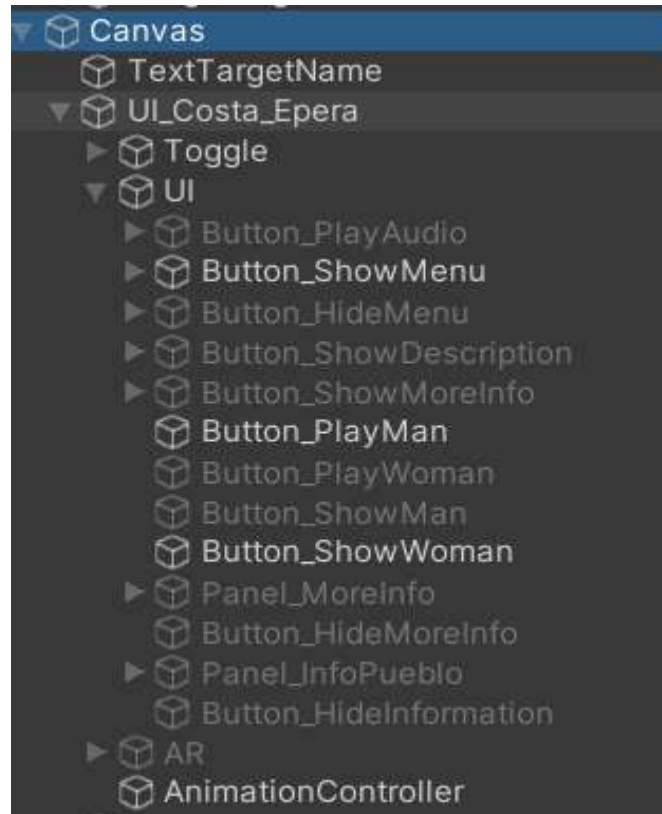
<b>Información</b>	<b>Reconocimiento de imagen</b>	<b>Reconocimiento de superficie</b>
Descripción de vestimenta de hombre y mujer	X	X
Información adicional como: población, idioma y organización política.	X	
Audio descriptivo de la vestimenta	X	X

El método para presentar información funciona de igual manera en los dos tipos de reconocimiento, sin embargo, la manera de llamar o invocar este método es diferente debido al tipo de reconocimiento.

Para presentar la información se necesita un canvas en donde colocar los componentes de la interfaz como botones, paneles y toggles o casilleros. Los cuáles serán modificados mediante codificación para que presenten información específica en el momento indicado por el usuario.

**Figura 30**

*Captura de pantalla de los componentes de la interfaz del aplicativo*



Como se puede ver en la figura 30, el panel pertenece a la interfaz del pueblo Épera, sin embargo, esta configuración del panel es la misma para todos los pueblos y nacionalidades, por lo que al explicar el funcionamiento de un panel se comprenderá el funcionamiento del resto de paneles.

En la figura 30 se aprecia que ciertos componentes se encuentran en color gris o blanco, esto indica que se encuentran desactivados (invisibles para el usuario) y activados (visibles para el usuario) respectivamente. El objetivo de esto es que el usuario pueda interactuar con los menús para activar y desactivar los paneles que desee, esto se logra con un script que funciona para todos los paneles, para desactivar o activar ciertos componentes se usa el siguiente método, que se replica en todo el funcionamiento del canvas con todos los paneles.

**Figura 31**

*Script de comportamiento para manipulación de interfaz*

```

0 referencias
public void ShowDescription()
{
    Btn_ShowMenu.SetActive(false);
    Btn_HideMenu.SetActive(false);
    Btn_PlayAudio.SetActive(false);
    Btn_ShowDescription.SetActive(false);
    Btn_ShowMoreInfo.SetActive(false);
    Panel_ShowInformation.SetActive(true);
    Btn_HideDescription.SetActive(true);
    Btn_ShowMan.SetActive(false);
    Btn_ShowWoman.SetActive(false);
    Btn_PlayMan.SetActive(false);
    Btn_PlayWoman.SetActive(false);
}

```

El método de la figura 31 se indica el comportamiento de los componentes de la interfaz cuando el usuario selecciona una opción del menú, en este caso el método “ShowDescription” desactiva todos los componentes de la interfaz a excepción del panel que contiene la información a presentar (panel de descripción) y el botón para cerrar dicho panel. Este funcionamiento se reitera para cada panel y objetos de la interfaz de todos los pueblos y nacionalidades.

El módulo de reconocimiento de imágenes presenta información adicional que no se encuentra disponible en el reconocimiento de superficie, esta información es:

- Tipo: informa al usuario si se trata de un pueblo o nacionalidad.
- Idioma: presenta al usuario el idioma de un pueblo o nacionalidad.
- Población: comunica al usuario la población de dicho pueblo o nacionalidad.
- Organización política: informa al usuario la estructura organización de cada pueblo o nacionalidad.

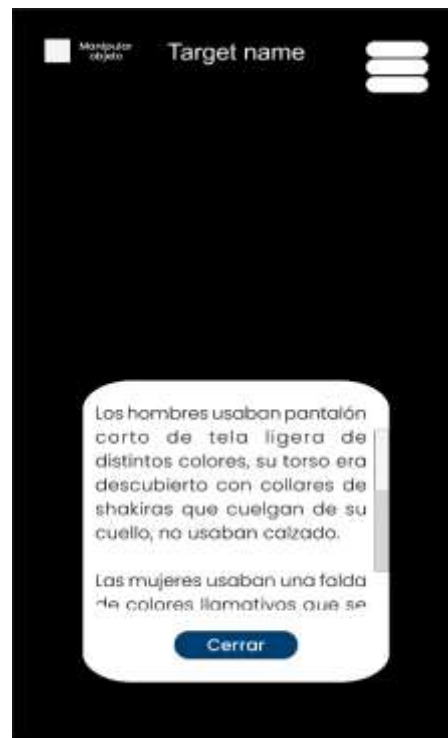
Esta información se presenta mediante un panel adicional que se encuentra únicamente en el módulo de reconocimiento de imágenes y al ser un panel con mucha

información se ha añadido una cualidad al panel para que el usuario pueda deslizarse en el panel y ver toda la información completa.

Para crear un panel deslizable es necesario contar con ciertos componentes como: un panel, una caja de texto y un scrollbar o barra de deslizamiento. Mediante herencia se establece al panel como padre de la caja de texto y el scrollbar, además al panel se le debe incorporar un componente de Unity llamado "Scroll Rect" al cual se le debe asignar el texto sobre el cual nos deslizaremos y la barra de deslizamiento para realizar la acción, la barra de deslizamiento será vertical.

### Figura 32

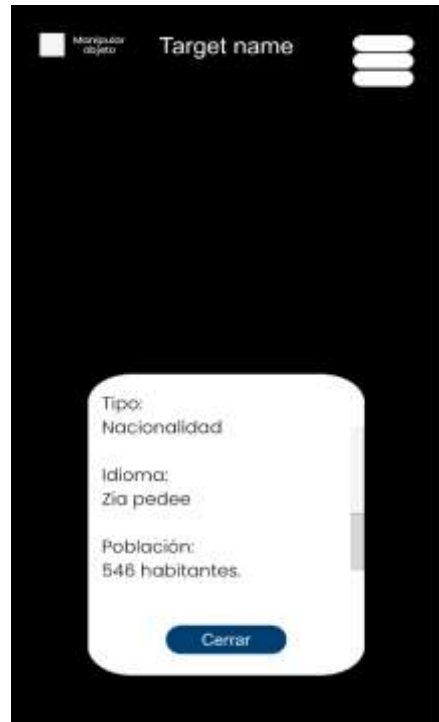
*Captura de pantalla del panel de descripción de vestimenta*



En la figura 32 se puede ver la interfaz del aplicativo con el panel de descripción de vestimenta activado, en este se puede observar los componentes mencionados anteriormente, además de un botón para cerrar el panel, el cual oculta el panel y activa los botones predeterminados de la interfaz como menú y los botones para cambiar el objeto 3D y reproducir la animación de dicho objeto.

**Figura 33**

*Captura de pantalla del panel de más información*



En la figura 33 se puede ver la interfaz de reconocimiento de imágenes con el panel de más información activado, que tiene el mismo funcionamiento del panel de descripción de vestimenta.

### **3.1.6.2 Submódulo de gestión de Realidad Aumentada**

El submódulo de gestión de RA permite presentar información y componentes específicos virtuales en el mundo físico real a los usuarios gracias a los métodos de reconocimiento de superficie y de imagen.

#### **3.1.6.2.1 Submódulo de gestión de reconocimiento de imagen**

En este submódulo el sistema identifica ciertas imágenes y a partir del reconocimiento de imágenes presenta el contenido. Para llegar al resultado final es necesario una gran configuración y codificación, a continuación, se presenta el proceso.

Primeramente, con la herramienta Illustrator se crean imágenes simples y únicas para cada pueblo o nacionalidad que se desee.

**Figura 34**

*Marcador diseñado para el pueblo Kisapincha*



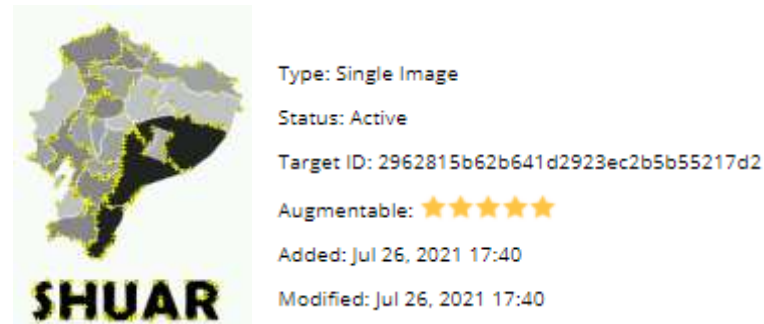
En la figura 34, se puede observar un ejemplo de imagen generada para el pueblo Kisapincha, en donde se agrupa el nombre del pueblo o nacionalidad y su ubicación en el mapa político del Ecuador, mapa que ha sido diseñado desde cero para este proyecto. Para resaltar la ubicación en el mapa se coloca un marcador, además, el marcador también aparece en el apartado de reconocimiento de superficie con el mismo uso, es decir, indicar la ubicación de pueblos y nacionalidades.

Una vez se hayan diseñado los marcadores de todos los pueblos, deben ser subidos al sistema de gestión de marcadores de Vuforia en la herramienta web Vuforia Developer Portal. Aquí se almacenarán los marcadores generados en donde, al subirlos, serán analizados por el sistema para verificar su calidad, es decir, que cumplan con los criterios mínimos. Una vez subidos los marcadores es necesario descargar la base de datos de marcadores como un paquete de Unity para proceder a importarlo en este entorno y desarrollar la solución.

Cabe destacar que todos los marcadores que se desarrollaron tienen una calificación de 5 estrellas, la más alta que los marcadores en Vuforia pueden tener.

**Figura 35**

*Visualización de marcador de pueblo Shuar en portal de desarrollador de Vuforia*



Dentro de la herramienta de Vuforia para la gestión de marcadores se puede validar la calidad de cada marcador de forma individual, en donde es posible ver los puntos de anclaje que tendrán los objetos que se presentarán al identificar este marcador, el tipo de marcador, el estado, su identificador, su calificación (en estrellas), la fecha de modificación y creación.

Una vez se importan los marcadores al entorno de desarrollo, es momento de agregar y asociar los objetos que se presentarán al reconocer la imagen o marcador.

**Figura 36**

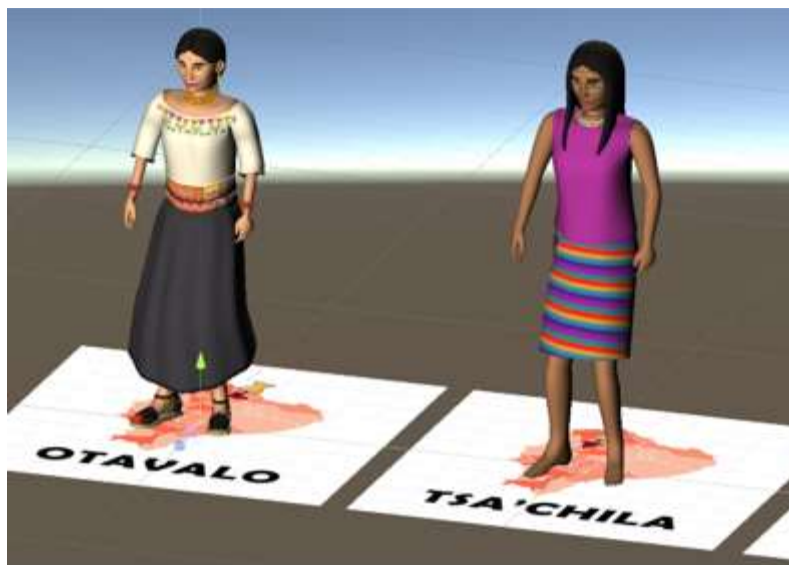
*Incorporación de objetos 3D a la escena reconocimiento de imágenes junto a sus marcadores de pueblo o nacionalidad respectivos*



Como se puede ver en la figura 36, se han añadido los modelos 3D que se presentarán al identificar el marcador, aquí se ubicarán los objetos de cada pueblo tanto hombre como mujer, estando la mujer es estado desactivado, es decir, oculto. El objetivo de esto es que lo objetos no se mezclen y causen conflicto visual al usuario, pudiendo el usuario luego cambiar entre objetos mediante la interfaz.

**Figura 37**

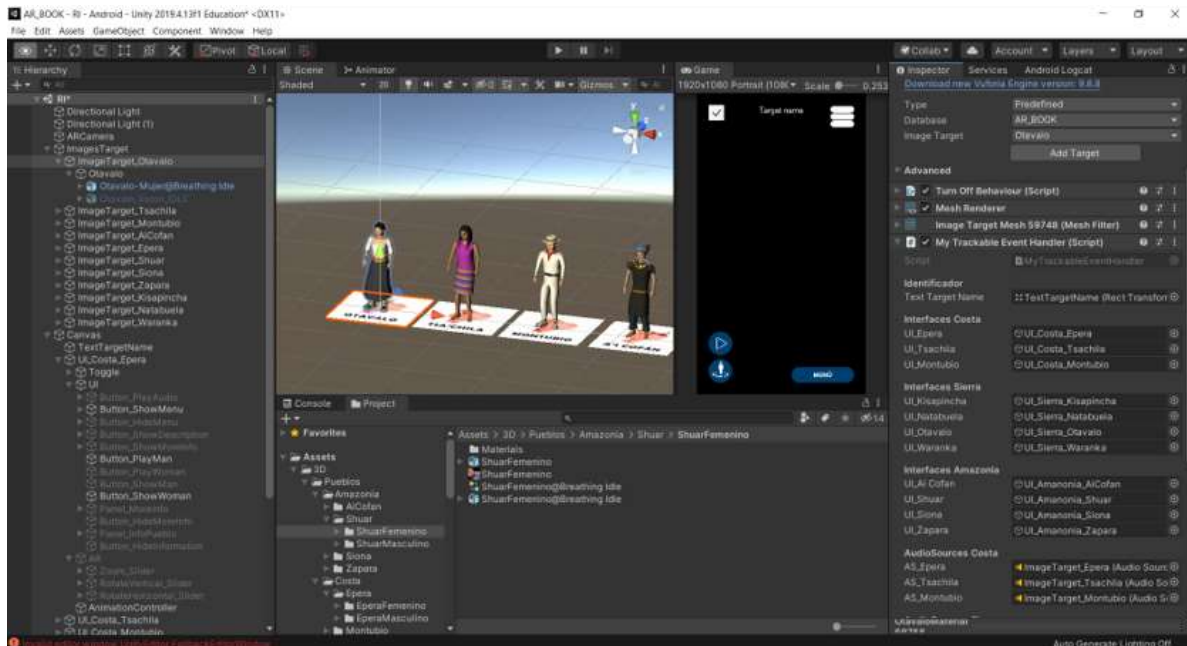
*Incorporación de objetos 3D a la escena reconocimiento de imágenes junto a sus marcadores de pueblo o nacionalidad respectivos*



Una vez añadidos y asignados todos los objetos a sus respectivos marcadores se agregan los scripts de comportamiento para poder manipular los objetos 3D y las interfaces donde se presenta la información.

Figura 38

Entorno de trabajo con algunos marcadores y pueblos 3D incorporados



En la figura 38, se puede observar el entorno de trabajo Unity con algunos de los objetos 3D, marcadores e interfaces en la parte izquierda de la pantalla.

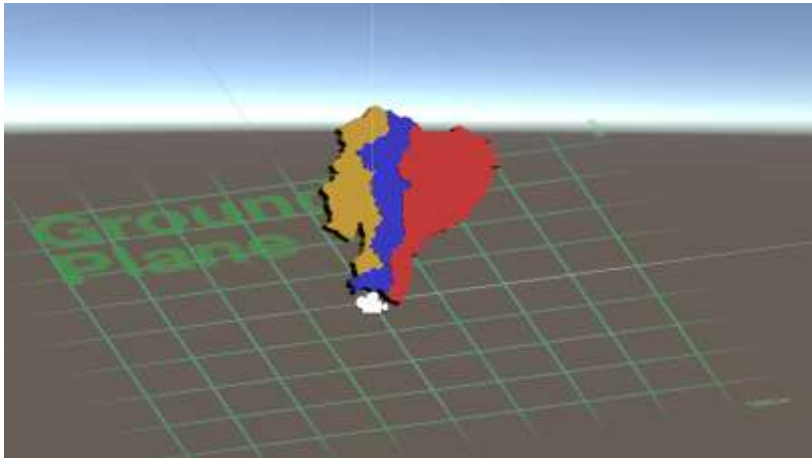
### 3.1.6.2.2 Submódulo de gestión de reconocimiento de superficie

En el submódulo de reconocimiento de superficie enfrentamos un entorno similar respecto a la interfaz, ya que únicamente varía el componente de información adicional que no se debe añadir en el método de reconocimiento de superficie. Por lo tanto, el apartado de la interfaz (diseño y control) es el mismo en el reconocimiento de imagen y superficie.

Para este submódulo ya no se requiere de una base de marcadores sobre los cuales presentar información, sino de un objeto identificador de superficie propio de Vuforia, el cual se añade a la escena desde el paquete de Vuforia.

**Figura 39**

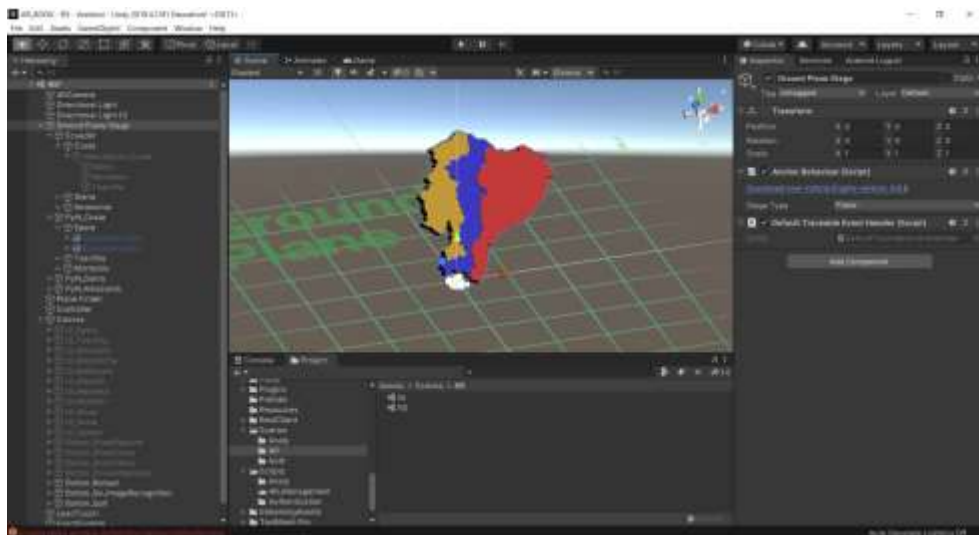
*Incorporación de objetos 3D a la escena de reconocimiento de superficie*



Como se puede ver en la figura 39, dentro del objeto identificador de superficie se ha colocado un indicador de superficie, este objeto permitirá conocer la escala de los objetos 3D que se quieran presentar en el entorno físico real. Este objeto “Ground Plane” es una cuadrícula de 1m x 1m y todos los elementos colocados en el tendrán una escala similar a la establecida en el editor.

**Figura 40**

*Incorporación de objetos 3D e interfaces a la escena de reconocimiento de superficie*



A parte de todos los componentes que se deben insertar en el identificador de superficies, se añade los scripts para controlar el aplicativo. Como se observa en la figura 40, específicamente en la jerarquía del editor, los objetos 3D de pueblos y nacionalidades

se encuentran desactivados para que el usuario pueda navegar entre las regiones del Ecuador hasta llegar a cada pueblo o nacionalidad, en donde podrá visualizar los objetos 3D (hombre y mujer) para admirar los detalles de su vestimenta y gracias a la interfaz de usuario ver la información adicional.

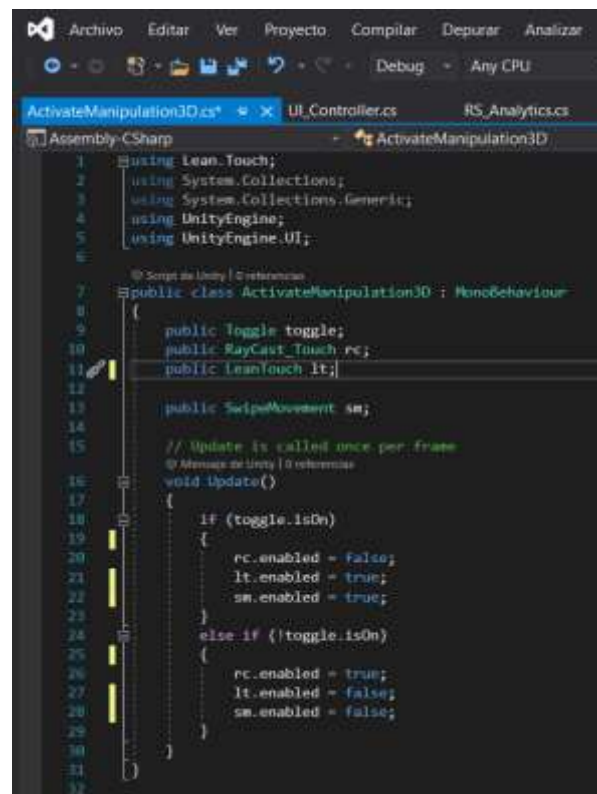
### 3.1.6.2.3 Manipulación de objetos virtuales

Si bien presentar objetos virtuales en el mundo físico real causa impresión en el usuario, manipular los objetos virtuales aumenta la inmersión del usuario en el aplicativo al permitirle visualizar detalles de la vestimenta con gran precisión al poder escalar, mover y rotar el objeto para posicionarlo de la mejor forma posible. Esta manipulación se logra mediante scripts de comportamiento que permiten, mediante gestos, operar los objetos virtuales.

El primer paso es desarrollar un script que permita activar y desactivar la manipulación para evitar interacciones innecesarias con la interfaz y tener un comportamiento extraño en el aplicativo.

**Figura 41**

*Script para activar y desactivar la manipulación 3D de los objetos virtuales*



```

1  using Lean.Touch;
2  using System.Collections;
3  using System.Collections.Generic;
4  using UnityEngine;
5  using UnityEngine.UI;
6
7  public class ActivateManipulation3D : MonoBehaviour
8  {
9      public Toggle toggle;
10     public RayCast_Touch rc;
11     public LeanTouch lt;
12
13     public SwipeMovement sm;
14
15     // Update is called once per frame
16     void Update()
17     {
18         if (toggle.isOn)
19         {
20             rc.enabled = false;
21             lt.enabled = true;
22             sm.enabled = true;
23         }
24         else if (!toggle.isOn)
25         {
26             rc.enabled = true;
27             lt.enabled = false;
28             sm.enabled = false;
29         }
30     }
31 }
32
  
```

En la figura 41 se puede visualizar el script `ActivateManipulation3D`, el cual mediante un Toggle (casillero) activa y desactiva los componentes `LeanTouch` para escalado y movimiento, `RayCast_Touch` para navegación entre pueblos y nacionalidades y `SwipeMovement` para rotación de objeto en ejes X y Y. De tal forma que cuando se desactiva la casilla no se puede manipular el objeto y podemos navegar entre regiones del Ecuador, pueblos y nacionalidades; y cuando se activa la casilla lo contrario.

Gracias a `LeanTouch`, que posee métodos de escalado y movimiento, se adquiere las características mencionadas y para la rotación de estos objetos se usa scripts de comportamiento propio que permiten rotar los objetos en los ejes X y Y para tener una rotación 360 grados y poder visualizar el objeto desde todos los ángulos.

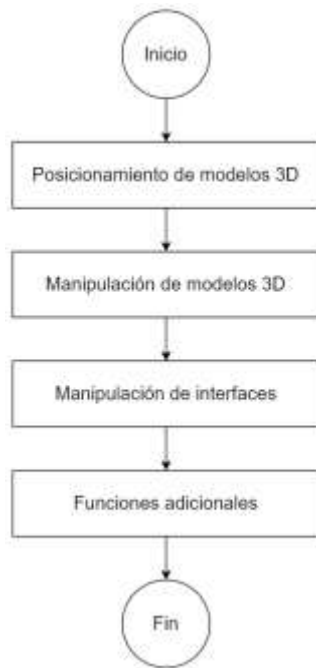
### **3.1.6.3 Submódulo de tutorial interactivo**

Para darle realce al aplicativo e informar al usuario del correcto funcionamiento de los submódulos de RA, se ha desarrollado un tutorial interactivo que se diferencia de los tutoriales tradicionales ya que el usuario deberá realizar las acciones que se le indican para continuar, caso contrario no podrá finalizar el tutorial. Este tipo de tutorial implica que el usuario ponga mayor atención y realice acciones determinadas, con lo que la comprensión aumenta y su capacidad de manipulación de este aplicativo de igual forma.

Al existir dos métodos de reconocimiento (imágenes y superficies) el tutorial se divide en dos partes, sin embargo, comparten el mismo funcionamiento y estructura. La única diferencia recae en el primer paso del tutorial en donde se indica como mostrar el contenido interactivo de acuerdo al tipo de reconocimiento seleccionado.

**Figura 42**

*Diagrama de flujo del tutorial interactivo*



En la figura 42 se puede identificar los pasos a seguir por los usuarios que realicen el tutorial, los cuales son:

- Posicionamiento de modelos 3D: de acuerdo al tipo de reconocimiento.
- Manipulación de objetos 3D: escalar, mover, reproducir animación y rotar objeto.
- Manipulación de interfaces: abrir, cerrar paneles y reproducir audios descriptivos.
- Funciones adicionales: cambiar tipo de reconocimiento, recargar escena, cerrar sesión y acceso a tutorial interactivo.

El proceso y las tareas que se asignan al usuario en el tutorial debe ser fáciles de seguir y de tamaño corto, es decir, acciones cortas que impliquen una acción, no dos o más; esto para asegurar la comprensión del usuario. El proceso que se sigue en el tutorial es un proceso simple y escalonado, en donde primeramente se muestra un panel con una instrucción y se espera que el usuario haga dicha acción para presentar el siguiente panel con la siguiente instrucción y así repetitivamente hasta terminar el tutorial.

**Figura 43**

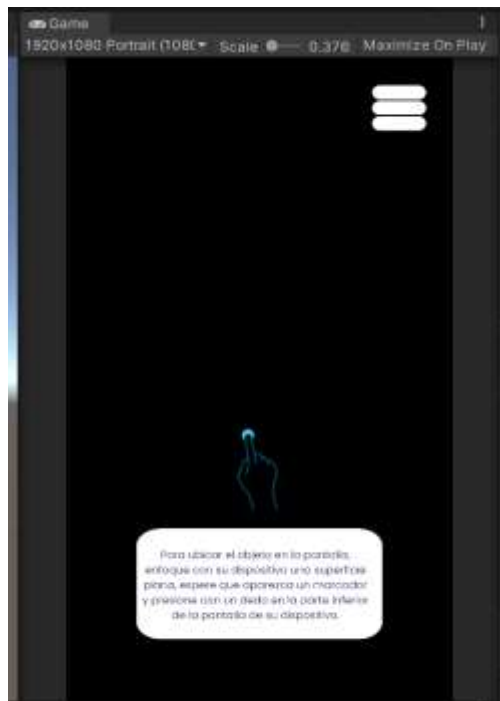
*Mensaje de confirmación para realizar el tutorial*



En la figura 43 se encuentra un mensaje que indica al usuario si desea realizar el tutorial o no. En caso negativo, este hará clic en “Omitir”, caso contrario, hará clic en “Tutorial” dando paso al tutorial interactivo en donde se presentan las instrucciones.

**Figura 44**

*Panel con instrucción para desarrollar el tutorial*



En la figura 44 se puede ver una instrucción de “touch”, para continuar el usuario deberá hacer clic en su pantalla. El tutorial explica a detalle el comportamiento del aplicativo y el correcto uso mediante un mensaje corto en conjunto con una imagen que representa a una mano para facilitar la comprensión.

### 3.2 Desarrollo de modelos 3D

El desarrollo de los modelos 3D se basó en la metodología explicada anteriormente, siguiendo cada uno de los pasos de la fase de producción. Durante la fase de modelado se tomó como referencia una imagen de un cuerpo simple, que no tuviera mucho detalle en su figura ya que se buscaba dar más énfasis a las características de la vestimenta que al propio cuerpo del personaje. La construcción de esta geometría se realizó mediante modificadores de tipo “mirror” que ayudaban a diseñar únicamente la figura por un lado del eje X y así disminuir el tiempo de trabajo. Para el modelado de los complementos y accesorios de cada pueblo y nacionalidad se siguió la guía de referencia para tener una idea general a partir de la descripción y de las imágenes facilitadas, para algunos objetos como zapatos o manillas se tomaron referencias a parte o algunos fueron tomados de páginas donde se puede obtener objetos ya modelados de manera gratuita.

El paso del esculpido no tuvo mucha relevancia al principio, ya que no se conocía los problemas que existiría al aplicar animaciones en ciertos complementos de la vestimenta, sin embargo, se realizó el alisado de ciertas caras o el inflado de algunas otras. Al igual que el paso anterior, la retopología no fue de suma importancia en un principio, pero al visualizar el modelo ya acabado en su forma se tuvo que proceder a revisar la estructura de las caras del objeto para que tengan una forma poligonal de cuatro vértices, lo que facilitaría el proceso de animación de cada parte del objeto.

El proceso de mapeado junto al del texturizado se fue complementando poco a poco y de manera síncrona ya que se trabajaba con varios objetos, por ejemplo, la diferenciación entre el objeto del poncho y el del cuerpo. Así que se procedía primero con

la división de las caras de una parte del objeto mediante la función de “mark seams” y se plasmaba esas caras en el plano 2D, al acabar cada parte del objeto se pasaba al texturizado para pintar las caras con colores o con texturas. Un punto importante en el paso del texturizado fue la búsqueda de texturas para bordados o zonas que requerían más detallado como ponchos o sombreros, para ello se buscó en librerías de texturas gratuitas o se optó por la creación de dichas texturas en programas de diseño como Illustrator.

Para el proceso de rigging no hubo complicaciones a la hora de subir los objetos que no tenían muchos complementos a Mixamo para que realice un auto-rigger, sin embargo, no pasó lo mismo con los objetos que tenían ponchos o complementos que no se adaptaban a la forma natural del cuerpo. Para estas partes se tuvo que crear una armadura con huesos que recorra las partes que se iban a mover, por ejemplo, los bordes y las partes de los hombros de cada poncho. Para verificar si la asignación de estos huesos se adaptaba bien a la forma del objeto se emparentaban los pesos de cada hueso de forma automática al objeto del poncho y se comprobaba el grado de deformación que tenía.

Para el apartado de la animación también se utilizó la herramienta de Mixamo y sucedió algo similar a lo ocurrido con el tema de los huesos, al principio solo se trabajó con el cuerpo sin complementos y se adaptó de manera automática una animación de saludo. Mixamo no adaptaba bien las animaciones a los complementos de algunos objetos, aquí tuvo suma importancia la fase de optimización iterativa, ya que al ver que las animaciones no se estaban adaptando a los complementos se volvió al paso anterior para crear la nueva armadura de huesos que tendrán dichos accesorios. Una vez realizado esto, se pudo insertar movimientos de rotación, localización y escala por cada frame que fuera necesario para cada hueso que tuviera que realizar un movimiento. Otra animación que se realizó fue la de reposo, para no mostrar los objetos de manera estática en el aplicativo,

sino que también de la sensación de que tienen un poco de movimiento al estar de pie. Para esta animación fue más sencillo implementar el movimiento de los huesos, ya que al estar solo en reposo no se mueve mucho y no se necesita insertar movimientos en demasiado frames. Un punto a tener en cuenta para la adaptación correcta de ambas animaciones en el editor de Unity es que tanto la animación de reposo como la de saludo debían ser creadas sobre la misma armadura creada en el proceso de auto-rigger de Mixamo, esto facilita que ambas animaciones se puedan usar sobre un mismo objeto y así disminuir el peso final del aplicativo.

Este proceso se podrá aplicar en los futuros objetos de los demás pueblos y nacionalidades que se irán completando, sin embargo, se debe tener en cuenta los requisitos y especificaciones expuestos en la tabla XX para que puedan ser insertados en el aplicativo de la manera correcta y con la misma estructura de los objetos ya trabajados.

**Tabla 5**

*Requisitos para futuros modelos 3D*

<b>Requisito</b>	<b>Descripción</b>	<b>Especificación</b>
Número de caras	Número de caras de todos los objetos que componen el modelo	No debe superar 50.000
Peso archivo FBX	Archivo terminado y exportado a un formato en extensión FBX	No debe superar los 5MB
Textura encapsulada	Archivo en formato imagen donde estén todas las texturas del modelo	Máximo dos archivos de imagen
Mapeado de normales	Correcto funcionamiento del mapeado que permita ver correctamente las caras	Texturas de normales no invertidas
Animaciones de reposo y saludo	Animación adaptada con los complementos, en caso de existir, y con las diferentes partes del modelo	Ausencia de sobreposición de objetos al moverse

*Nota.* Esta tabla contiene las características y especificaciones que deben cumplir los futuros objetos que sean insertados en el aplicativo.

Teniendo en cuenta estos requisitos se obtiene un total de 15 nacionalidades y 19 pueblos, cada uno de ellos se encuentra en una fase de producción determinada, otros necesitaron un rediseño basándose en la metodología expuesta y, por último, existen otros terminados y algunos que ya se encuentran funcionando con el aplicativo.

**Tabla 6***Registro de objetos 3D de pueblos y nacionalidades*

<b>Pueblo o Nacionalidad</b>	<b>En rediseño</b>	<b>En producción</b>	<b>Completado</b>
Awá			X
Chachis			X
Épera			X
Tsáchila			X
Kichwa Sierra	X		
Achuar	X		
Andoa			X
Aí Cofán			X
Worani		X	
Secoya		X	
Shiwar		X	
Shuar	X		
Siona			X
Zápara			X
Kichwa Amazonía		X	
Afro Ecuatorianos		X	
Montubios			X
Huancavilca		X	
Manta		X	
Chibuleo		X	
Kañari			X
Karanki			X
Kayambi		X	
Kisapincha			X
Kitukara		X	
Natabuela			X
Otavalo			X
Panzaleo		X	
Pastos		X	
Puruha		X	
Salasaka		X	
Saraguro		X	
Tomabela		X	
Waranka			X

## Capítulo cuatro

### Evaluación del libro interactivo

El capítulo cuatro del libro interactivo se encarga de exponer de manera cuantificable el resultado del uso del aplicativo por parte de usuarios y herramientas de prueba de software, este proceso corresponde al paso cuatro de la metodología escogida que conlleva dos fases: evaluación e implementación, las cuales serán expuestas en los capítulos cuatro y cinco respectivamente.

#### 4.1 Pruebas de aceptación de usuario

Durante la fase de pruebas de aceptación de usuario, se ha enviado una copia de nuestro aplicativo a usuarios de Android para que usen el aplicativo y posteriormente resuelvan una encuesta de satisfacción para conocer su sentir al usar la aplicación.

Para usuarios Android se envió un apk (archivo de instalación para Android) la cual se instaló en los dispositivos para su evaluación.

La encuesta a ser resuelta por los usuarios se creó y distribuyó mediante la herramienta Google Forms en donde se han definido seis secciones que se enfocan en puntos diferentes del aplicativo como:

- Tipo de dispositivo: permite identificar cuántos usuarios por sistema operativo han realizado la simulación.
- Autenticación de usuario: se enfoca en verificar si el proceso de registro de cuenta y de inicio de sesión se lleva de forma normal.
- Tutorial interactivo: sirve para comprobar si el tutorial interactivo es eficiente y enseña al usuario a manipular la aplicación.
- Reconocimiento de imágenes y superficie: esta sección se encarga de recibir las respuestas sobre los módulos de RA y verificar si los módulos se comportan de manera correcta.
- Modelado 3D: permite cuantificar la calidad de los modelos 3D desde la perspectiva del usuario.

- Retrospectiva final del aplicativo: permite, en términos generales, analizar si la aplicación cumple con las expectativas de los interesados y la retroalimentación de los usuarios.

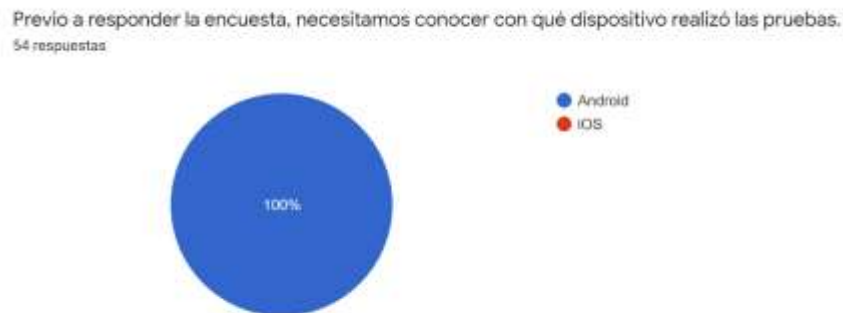
Los resultados de estas pruebas son:

- Tipo de dispositivo:

Con un total de 54 usuarios encuestados, 54 dispositivos funcionaban bajo el sistema operativo Android y 0 dispositivos bajo iOS (iPad y iPhone).

#### Figura 45

*Resultado de formulario de Google a la pregunta 1 de la encuesta*



- Autenticación de usuario:

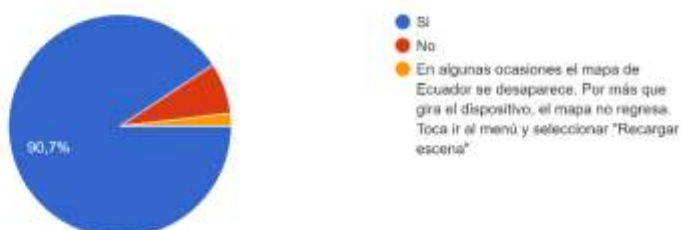
De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 49 usuarios (90,7%) mencionaron que la interfaz del aplicativo se adapta correctamente a la resolución de su dispositivo, mientras que 4 usuarios (7,4%) mencionaron que la interfaz no se adapta, por otra parte 1 usuario (1,79%) respondió que el mapa del Ecuador desaparece, siendo esta respuesta invalidada para el fin de la pregunta en cuestión debido a que el mapa no forma parte de la interfaz de usuario.

**Figura 46**

Resultado de formulario de Google a la pregunta 2 de la encuesta

¿La interfaz de usuario se adaptó a la resolución de su dispositivo móvil? En caso de que haya existido algún comportamiento indebido, insértelo en la opción "otro".

54 respuestas



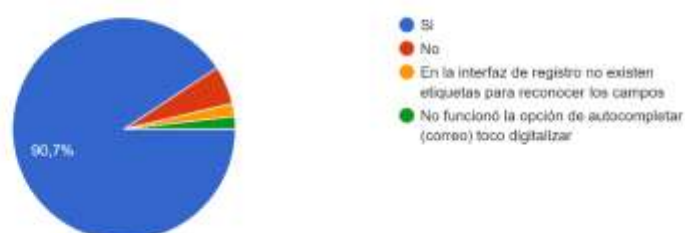
De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 49 usuarios (90,7%) mencionaron que el registro de usuario se llevó de manera correcta, 3 usuarios (5,6%) indicaron que el registro no se llevó de forma correcta, y 2 usuarios (3,8%) mencionaron tener problemas como que en la interfaz no existen etiquetas en los campos y que no existe la opción de autocompletar los campos.

**Figura 47**

Resultado de formulario de Google a la pregunta 3 de la encuesta

¿El registro de usuario se llevó de forma correcta? En caso de que haya existido algún comportamiento indebido, insértelo en la opción "otro".

54 respuestas



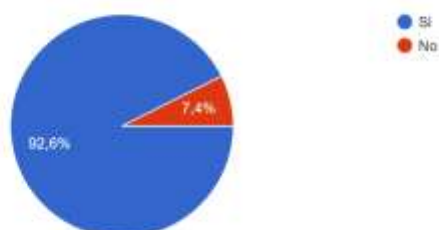
De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 50 usuarios (92,6%) mencionaron que el inicio de sesión automático se realizó de manera correcta, mientras que 4 usuarios (7,4%) mencionaron que este proceso no se llevó de forma automática.

**Figura 48**

Resultado de formulario de Google a la pregunta 4 de la encuesta

Al tener una cuenta ya creada, el aplicativo inicia sesión de forma automática al abrir la aplicación. Con este contexto, ¿El inicio de sesión se llevó de ...ortamiento indebido, insértelo en la opción "otro".

54 respuestas



- Tutorial interactivo:

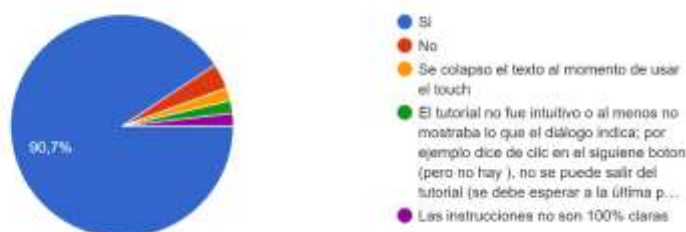
De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 49 usuarios (90,7%) mencionaron que el tutorial interactivo le ayudó a comprender el correcto funcionamiento del aplicativo, 2 usuarios (3,7%) mencionaron que el tutorial interactivo no fue útil, y 3 usuarios (5,7%) mencionan tener algún tipo de problema como: colapso de texto al usar el aplicativo, que el tutorial no fue intuitivo ni claro y que no se podía salir del tutorial hasta la culminación de este.

**Figura 49**

Resultado de formulario de Google a la pregunta 5 de la encuesta

¿El tutorial interactivo le ayudó a comprender el correcto funcionamiento del aplicativo? En caso de tener algún comentario, insértelo en la opción "otro".

54 respuestas



De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 41 usuarios (75,9%) mencionaron que el tutorial interactivo se desarrolló de inicio a fin sin problema, por otra

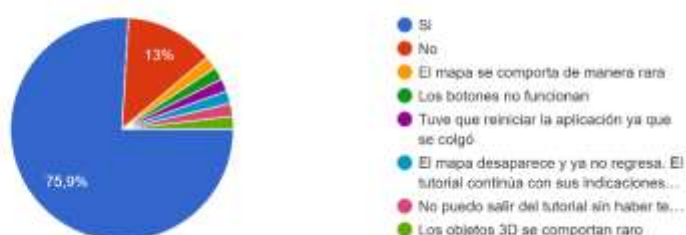
parte 7 usuarios (13%) respondieron que el tutorial no se desarrolló correctamente, y 6 usuarios (11,4%) mencionaron tener algún tipo de problema como: los objetos 3D se comportan de forma extraña, los botones no funcionan, la aplicación se trabó y no hay como salir del tutorial.

### Figura 50

*Resultado de formulario de Google a la pregunta 6 de la encuesta*

¿Cuando utilizó el tutorial interactivo se llevó de manera normal de inicio a fin? En caso de tener algún comentario, insértelo en la opción "otro".

54 respuestas



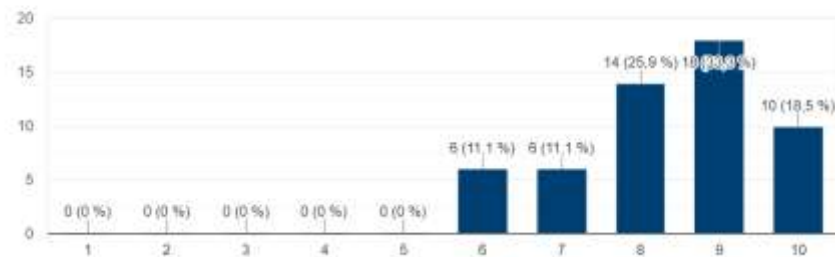
De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta mediante una escala del uno al diez, siendo uno el mínimo (nada claro) y diez el máximo (muy claro), 10 usuarios (18,5%) definieron con 10/10 el nivel de claridad del tutorial, 18 usuarios (33,3%) definieron con 9/10 el nivel de claridad del tutorial, 14 usuarios (25,9%) definieron con 8/10 el nivel de claridad del tutorial, 6 usuarios (11,1%) definieron con 7/10 el nivel de claridad del tutorial y 6 usuarios (11,1%) definieron con 6/10 el nivel de claridad del tutorial.

**Figura 51**

Resultado de formulario de Google a la pregunta 7 de la encuesta

En una escala del uno (1) al diez (10), siendo 1 la mínima y 10 la máxima, defina el nivel de claridad del tutorial.

54 respuestas



- Reconocimiento de imágenes y superficie:

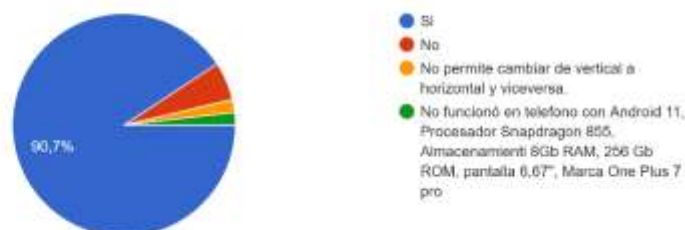
De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 49 usuarios (90,7%) mencionaron que la interfaz del aplicativo se adapta correctamente a la resolución de su dispositivo, 3 usuarios (5,6%) respondieron que la interfaz del aplicativo no se adaptó a su dispositivo y 2 usuarios (3,8%) mencionaron tener algún tipo de problema como: que el dispositivo no se adapta a giros del dispositivo, y que no funcionó en un dispositivo en específico de gama media-alta.

**Figura 52**

Resultado de formulario de Google a la pregunta 8 de la encuesta

¿La interfaz del aplicativo se adaptó a la resolución de su dispositivo? En caso de que haya existido algún comportamiento extraño, insértelo en la opción "Otro".

54 respuestas



De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 49 usuarios (90,7%) mencionaron que las animaciones de la interfaz del aplicativo se despliegan

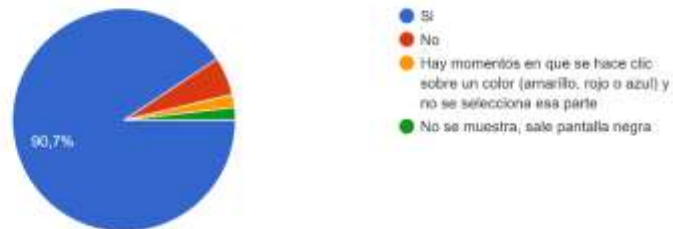
correctamente, mientras que 5 usuarios (9,4%) mencionaron tener algún tipo de problema con las animaciones.

**Figura 53**

*Resultado de formulario de Google a la pregunta 9 de la encuesta*

¿Las animaciones de la interfaz se despliegan correctamente? En caso de que haya existido algún comportamiento extraño, insértelo en la opción "Otro".

54 respuestas



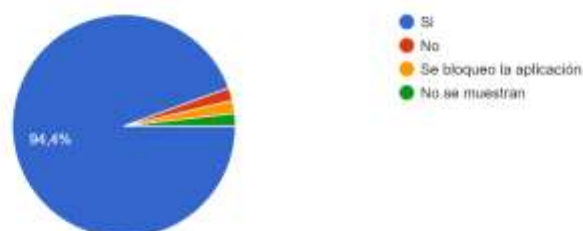
De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 51 usuarios (94,4%) mencionaron que los botones de la interfaz realizan las acciones que describen, mientras que 3 usuarios (5,6%) mencionaron tener algún tipo de problema como: los botones no aparecen y la aplicación se bloquea.

**Figura 54**

*Resultado de formulario de Google a la pregunta 10 de la encuesta*

¿Los botones de la interfaz realizan las acciones que estos describen? En caso de que haya existido algún comportamiento extraño, insértelo en la opción "Otro".

54 respuestas



De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 34 usuarios (63%) mencionaron que la aplicación identifica los marcadores o imágenes rápidamente, por otra parte 18 usuarios (33,3%) mencionaron que la aplicación no identifica rápidamente los

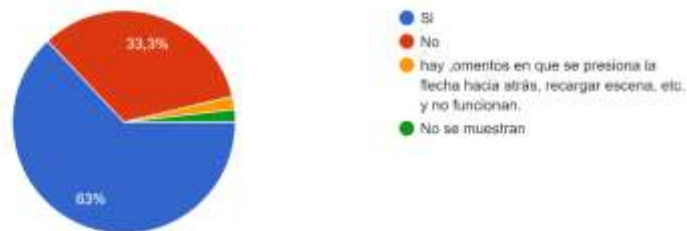
marcadores o imágenes, y 2 usuarios (3,8%) mencionan haber tenido algún problema como: que los botones de la interfaz no funcionan y que no se muestran.

**Figura 55**

*Resultado de formulario de Google a la pregunta 11 de la encuesta*

¿La aplicación identifica las imágenes o "marcadores" rápidamente? En caso de que haya existido algún comportamiento extraño, insértelo en la opción "Otro".

54 respuestas



De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 27 usuarios (50%) mencionaron que la aplicación reacciona al cambio de marcador de forma ágil y muestra el objeto 3D respectivo al nuevo marcador identificado, mientras que 26 usuarios (48,1%) mencionaron que la aplicación no identifica diferentes marcadores de forma ágil, y 1 usuario (1,9%) aclara que no se muestran los objetos.

**Figura 56**

*Resultado de formulario de Google a la pregunta 12 de la encuesta*

¿La aplicación reacciona al cambio de marcador de forma ágil y muestra el objeto 3D respectivo al nuevo marcador identificado? En caso de que haya e...rtamiento extraño, insértelo en la opción "Otro".

54 respuestas



De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 38 usuarios (70,4%) mencionaron que la aplicación identifica las superficies planas rápidamente, mientras que 14 usuarios (25,9%) mencionaron que el reconocimiento de superficies planas no es muy

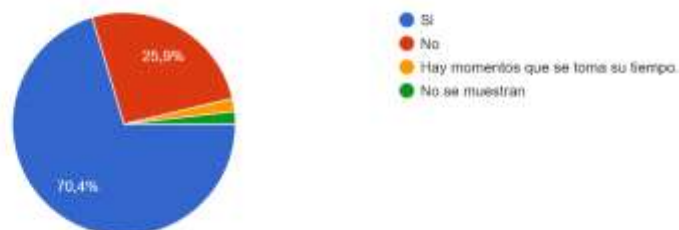
rápido, y 2 usuarios (3,8%) mencionaron haber tenido otro tipo de problema como: que la aplicación se toma su tiempo para identificar la superficie y que no muestra los objetos 3D.

**Figura 57**

*Resultado de formulario de Google a la pregunta 13 de la encuesta*

¿La aplicación identifica las superficies planas de forma rápida? Si tiene algún comentario adicional, insértelo en la opción "Otro".

54 respuestas



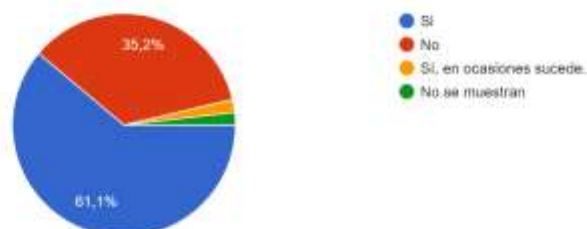
De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 33 usuarios (61,1%) mencionaron que la aplicación pierde el rastreo de superficie al detectar un movimiento brusco por parte del usuario, por otra parte 19 usuarios (35,2%) mencionaron que no se pierde el rastreo con movimientos bruscos del usuario, y 2 usuarios (3,8%) mencionaron tener otro tipo de problema como: que en ocasiones se pierde el rastreo y que no se muestran los objetos 3D.

**Figura 58**

*Resultado de formulario de Google a la pregunta 14 de la encuesta*

¿La aplicación pierde el rastreo de superficie al momento de mover el dispositivo bruscamente? Si tiene algún comentario adicional, insértelo en la opción "Otro".

54 respuestas



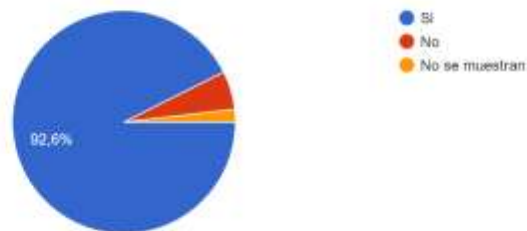
De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 50 usuarios (92,6%) mencionaron que la aplicación reproduce las animaciones de los personajes

correctamente, mientras que 4 usuarios (7,4%) mencionaron que no se reproducen las animaciones.

**Figura 59**

*Resultado de formulario de Google a la pregunta 15 de la encuesta*

¿La aplicación despliega las animaciones de los personajes correctamente? En caso de que haya existido algún comportamiento extraño, insértelo en la opción "Otro".  
54 respuestas

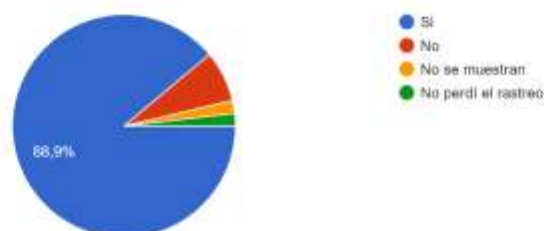


De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 48 usuarios (88,9%) mencionaron que es fácil recargar la escena en caso de perder el rastreo de superficie, 4 usuarios (7,4%) mencionaron que no es fácil encontrar el botón de recargar escena, y 2 usuarios (3,8%) aclaran que no se muestra y que no se perdió el rastreo.

**Figura 60**

*Resultado de formulario de Google a la pregunta 16 de la encuesta*

En caso de que la aplicación pierda el rastreo de superficie ¿Le fue fácil encontrar el botón de reestablecer escena para corregir este error? Si tie...omentarario adicional, insértelo en la opción "Otro".  
54 respuestas



- Modelado 3D:

De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta mediante una escala del uno al diez, siendo uno el mínimo (difícil de manipular) y diez el máximo (fácil de

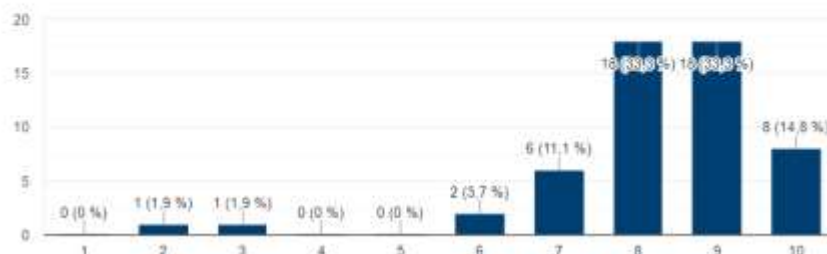
manipular), 8 usuarios (14,8%) definieron con 10/10 sobre la facilidad de manipulación, 18 usuarios (33,3%) definieron con 9/10 sobre la facilidad de manipulación, 18 usuarios (33,3%) definieron con 8/10 sobre la facilidad de manipulación, 6 usuarios (11,1%) definieron con 7/10 sobre la facilidad de manipulación, 2 usuarios (3,7%) definieron con 6/10 sobre la facilidad de manipulación, 1 usuario (1,9%) definió con 3/10 sobre la facilidad de manipulación, y 1 usuario (1,9%) definió con 2/10 sobre la facilidad de manipulación.

**Figura 61**

*Resultado de formulario de Google a la pregunta 17 de la encuesta*

Del uno (1) al diez (10), siendo uno la mínima y diez la máxima. ¿La manipulación de objetos 3D es fácil? Si tiene algún comentario adicional, insértelo en la opción "Otro".

54 respuestas



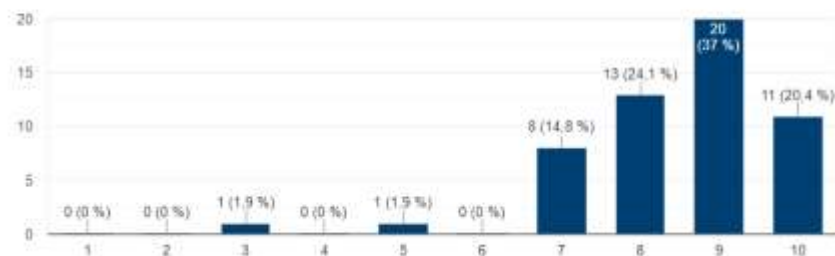
De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta mediante una escala del uno al diez, siendo uno el mínimo (poco ilustrativo) y diez el máximo (muy ilustrativo), 11 usuarios (20,4%) definieron con 10/10 sobre la ilustración de los personajes 3D, 20 usuarios (37%) definieron con 9/10 sobre la ilustración de los personajes 3D, 13 usuarios (24,1%) definieron con 8/10 sobre la ilustración de los personajes 3D, 8 usuarios (14,8%) definieron con 7/10 sobre la ilustración de los personajes 3D, 1 usuario (1,9%) definió con 5/10 sobre la ilustración de los personajes 3D, y 1 usuario (1,9%) definió con 3/10 sobre la ilustración de los personajes 3D.

**Figura 62**

Resultado de formulario de Google a la pregunta 18 de la encuesta

Del uno (1) al diez (10), siendo uno la mínima y diez la máxima. ¿Qué tan ilustrativos considera los modelos 3D para conocer los detalles de la vestimenta de pueblos y nacionalidades?

54 respuestas



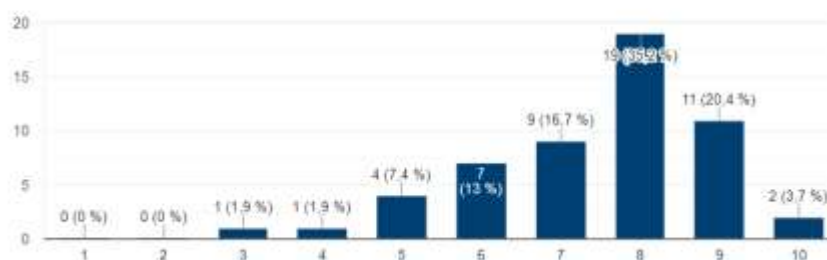
De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta mediante una escala del uno al diez, siendo uno el mínimo (poco realista) y diez el máximo (muy realista), 2 usuarios (3,7%) definieron con 10/10 sobre el realismo de los personajes 3D, 11 usuarios (20,4%) definieron con 9/10 sobre el realismo de los personajes 3D, 19 usuarios (35,2%) definieron con 8/10 sobre el realismo de los personajes 3D, 9 usuarios (16,7%) definieron con 7/10 sobre el realismo de los personajes 3D, 7 usuarios (13%) definieron con 6/10 sobre el realismo de los personajes 3D, 4 usuarios (7,4%) definieron con 5/10 sobre el realismo de los personajes 3D, 1 usuario (1,9%) definió con 4/10 sobre el realismo de los personajes 3D, y 1 usuario (1,9%) definió con 3/10 sobre el realismo de los personajes 3D.

**Figura 63**

Resultado de formulario de Google a la pregunta 19 de la encuesta

Del uno (1) al diez (10), siendo uno la mínima y diez la máxima. ¿Qué tan realista considera los modelos 3D?

54 respuestas



- Retrospectiva final del aplicativo:

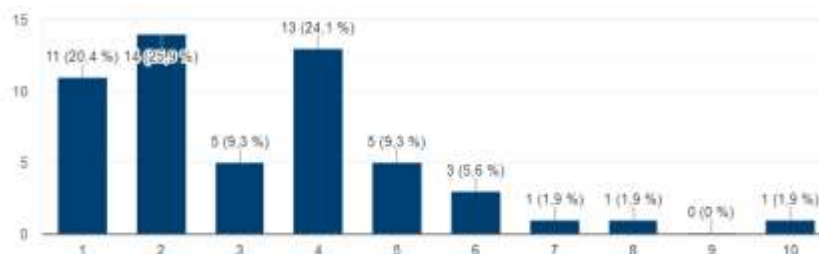
De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta mediante una escala del uno al diez, siendo uno el mínimo (nada difícil) y diez el máximo (muy difícil), 11 usuarios (20,4%) definieron con 1/10 sobre la dificultad de uso del aplicativo, 14 usuarios (25,9%) definieron con 2/10 sobre la dificultad de uso del aplicativo, 5 usuarios (9,3%) definieron con 3/10 sobre la dificultad de uso del aplicativo, 13 usuarios (24,1%) definieron con 4/10 sobre la dificultad de uso del aplicativo, 5 usuarios (9,3%) definieron con 5/10 sobre la dificultad de uso del aplicativo, 3 usuarios (5,6%) definieron con 6/10 sobre la dificultad de uso del aplicativo, 1 usuario (1,9%) definió con 7/10 sobre la dificultad de uso del aplicativo, 1 usuario (1,9%) definió con 8/10 sobre la dificultad de uso del aplicativo, y 1 usuario (1,9%) definió con 10/10 sobre la dificultad de uso del aplicativo.

**Figura 64**

*Resultado de formulario de Google a la pregunta 20 de la encuesta*

Del uno (1) al diez (10), siendo uno la mínima y diez la máxima. ¿Qué tan difícil usted considera el uso del aplicativo?

54 respuestas



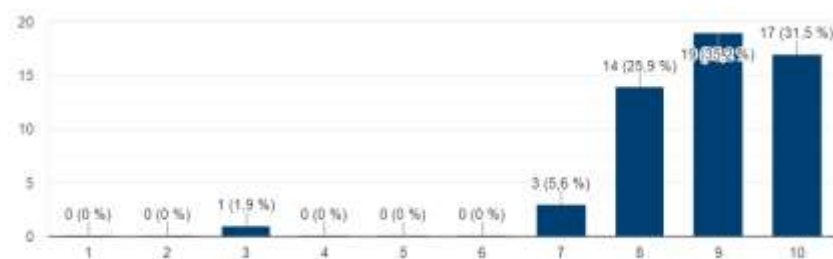
De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta mediante una escala del uno al diez, siendo uno el mínimo (nada innovador) y diez el máximo (muy innovador), 17 usuarios (31,5%) definieron con un 10/10 el nivel de innovación del aplicativo, 19 usuarios (35,2%) definieron con un 9/10 el nivel de innovación del aplicativo, 14 usuarios (25,9%) definieron con un 8/10 el nivel de innovación del aplicativo, 3 usuarios (5,6%) definieron con un 7/10 el nivel de innovación del aplicativo, y 1 usuario (1,9%) definió con un 3/10 el nivel de innovación del aplicativo.

**Figura 65**

Resultado de formulario de Google a la pregunta 21 de la encuesta

Del uno (1) al diez (10), siendo uno la mínima y diez la máxima, ¿Qué tan innovadora y creativa le parece a usted esta forma de presentar contenido?

54 respuestas



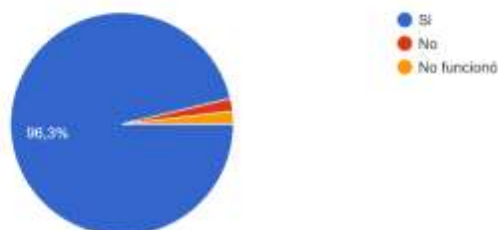
De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 52 (96,3%) mencionaron que esta aplicación complementaría la educación de niños y niñas, mientras que 2 usuarios (3,8%) mencionaron que esta aplicación no.

**Figura 66**

Resultado de formulario de Google a la pregunta 22 de la encuesta

¿Cree usted que esta aplicación complementaría la educación de niños y niñas? Si tiene algún comentario adicional, insértelo en la opción "Otro".

54 respuestas

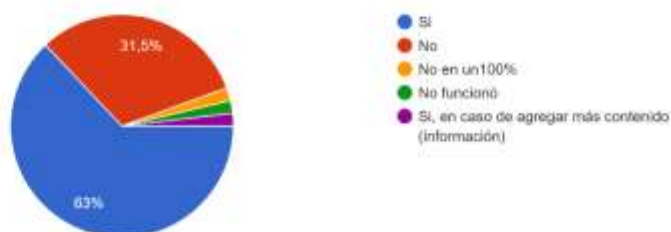


De un total de 54 usuarios que respondieron la encuesta, 34 usuarios (63%) mencionaron que esta aplicación podría reemplazar los métodos tradicionales de enseñanza, mientras que 17 usuarios (31,5%) mencionaron que la aplicación no puede reemplazar los métodos tradicionales de enseñanza, y 3 usuarios (5,7%) mencionaron que no podría reemplazar los métodos tradicionales de enseñanza en un 100%, que si podría reemplazar los métodos de enseñanza en caso de añadir más información y un usuarios mencionó que no funcionó el aplicativo.

**Figura 67**

*Resultado de formulario de Google a la pregunta 23 de la encuesta*

¿Cree usted que esta aplicación puede reemplazar los métodos de enseñanza tradicionales? Los métodos tradicionales son aquellos que presentan c...mentario adicional, insértelo en la opción "Otro".  
54 respuestas



## 4.2 Resultados y documentación de pruebas

Una vez tabulados los resultados de la encuesta podemos afirmar que la aplicación cumple las expectativas y requisitos planteados al inicio del trabajo de titulación. Gracias a la implementación de la librería Vuforia la aplicación es compatible con muchos dispositivos desde gama media-baja hasta gama alta.

Además, el comportamiento de la interfaz del aplicativo es correcto, realizando las acciones preprogramadas de forma acertada sin presentar errores o bugs al usuario, esto es resultado de un trabajo de ingeniería durante la fase de desarrollo, en las respuestas recuperadas de la encuesta un porcentaje de usuarios (3,8%) mencionaron que la interfaz no funciona, sin embargo, al hacer una investigación específica para estos casos se determinó que los usuarios no utilizaron de forma correcta el aplicativo.

Las animaciones de los personajes se desplegaron de forma correcta en la mayoría de los dispositivos de los usuarios que hicieron la prueba, presentando tan solo 3,8% de usuarios (2 usuarios) problemas en este apartado.

## Capítulo cinco

### Implementación del libro interactivo

En el último capítulo de este trabajo de titulación desarrollaremos el paso cuatro de la metodología en su segunda fase, la implementación. Aquí exponemos el proceso que se realiza para publicar el aplicativo móvil en tiendas de aplicaciones, así como, el proceso de despliegue del libro físico.

#### 5.1 Despliegue en tiendas de aplicaciones

Una vez completada la fase de desarrollo y pruebas es tiempo de desplegar el aplicativo en las tiendas de aplicaciones de dispositivos móviles para que los usuarios puedan descargarla. El proceso de despliegue en tiendas de aplicaciones tiene un costo para cada plataforma, estos costos serán financiados por la Universidad Técnica Particular de Loja y se registrará el aplicativo desde sus cuentas en cada plataforma.

Para Android se debe pagar una membresía que tiene un costo de \$00.00, mientras que para iOS se debe pagar una membresía anual de \$99.00.

##### 5.1.1 *Despliegue en Android*

El despliegue en Android se realiza de la siguiente manera:

- Crear una cuenta de desarrollador en Google Play.
- Configurar la cuenta en Play Console.
- En Play Console (consola de Google Play) se crea una aplicación y seleccionamos el idioma predeterminado y el nombre o título de la aplicación.
- Completar la ficha de Play store que contiene la información que verán los usuarios en la tienda de aplicaciones. Esta ficha tiene información como: detalles del producto, recursos gráficos (capturas de pantalla del aplicativo), idioma, categoría, datos de contacto y la política de privacidad del uso del aplicativo.

- Subir la APK generada, esta será la versión final que todos los usuarios utilizarán.
- Definir la clasificación de contenido, este es un cuestionario para identificar el público objetivo de la aplicación.
- Establecer el precio y su distribución, aquí se decide si la aplicación será gratuita o de pago y además se podrá definir los países en los cuales estará disponible la aplicación.
- Finalmente, esperar que la aplicación sea aceptada.

### 5.1.2 **Despliegue en iOS**

El despliegue en iOS es diferente y se debe seguir un proceso distinto, el cual se detalla a continuación:

- Registrarse como desarrollador particular o como empresa, en este caso acceder con las credenciales de la universidad.
- Crear certificados de Apple para la aplicación que se generan a través de la aplicación XCode.
- Registrar un dispositivo móvil de Apple en la cuenta de desarrollador, necesario para hacer pruebas de la aplicación.
- Generar un ID para la aplicación, que es un código para diferenciar la aplicación de otras.
- Generar un perfil de aprovisionamiento que engloba los elementos anteriormente expuestos.
- A continuación, se diseña la página de descripción de la aplicación en la App Store que llevará información como: descripción del contenido en la aplicación, capturas de pantalla, palabras clave y demás.
- Finalmente, se debe esperar que la aplicación sea aprobada, este proceso suele tardar dos días.

## 5.2 Despliegue de libro físico

Para desplegar el libro físico es sumamente importante contar con una estructura definida para distribuir los contenidos y establecer que información se deberá introducir en este, para lo cual la Universidad Técnica Particular de Loja se encargará de este proceso, quedando el diseño, desarrollo, reproducción y distribución del libro interactivo fuera del alcance de este trabajo de titulación.

Sin embargo, como se menciona en el capítulo de reconocimiento de imágenes, existen ciertas imágenes o marcadores que han sido desarrollados para el funcionamiento del aplicativo, las cuales deberán ser ingresados o impresos en el libro físico para que los usuarios que adquieran este libro puedan disfrutar del contenido extra que se obtiene al usar el aplicativo mediante reconocimiento de imágenes. Siendo el desarrollo de las imágenes nuestro aporte al libro físico a implementar.

## Conclusiones

Gracias al despliegue del libro interactivo con RA en tiendas de aplicaciones es posible la divulgación de conocimiento e información verídica a miles de usuarios de internet, logrando un alcance global para difundir y rescatar la cultura de pueblos y nacionalidades del Ecuador.

El desarrollo de objetos 3D queda fuera del alcance de este trabajo de titulación, debido no solo a la cantidad de objetos, sino al proceso de optimización que estos conllevan.

Gracias al trabajo conjunto multidisciplinario del equipo encargado de desarrollar este libro interactivo se logró obtener información verídica de estos pueblos y nacionalidades, además de, lograr un diseño adaptativo y amigable para el usuario.

El libro interactivo ha sido unificado con su primera versión y queda listo para ser publicado en tiendas de aplicaciones tan pronto se termine el modelado 3D y se incorpore este contenido al aplicativo.

El aplicativo satisface de forma muy satisfactoria las necesidades del cliente al aprobar la fase de pruebas sin problema, gracias a su diseño, programación y estructuración definidas específicamente para este libro interactivo.

El despliegue de aplicaciones con RA lleva ventaja respecto al de aplicaciones con RV, ya que los usuarios necesitan únicamente su dispositivo móvil, caso contrario de la RV en donde se deben comprar periféricos específicos para este tipo de aplicaciones.

Las tecnologías inmersivas han llegado para quedarse y complementar el método de enseñanza tradicional, difícilmente por la situación económica del país este tipo de tecnología puede reemplazar el método tradicional, sin embargo, es un aliado estratégico a considerar.

El turismo necesita un cambio urgente en su realización para preservar la integridad de los atractivos turísticos, las tecnologías inmersivas suponen un avance significativo en métodos de visualización de contenido digital, aumentando en gran medida la experiencia de usuario y se obtiene una mayor fidelización del turista.

AR Foundation es un marco de trabajo con un gran potencial para trabajos a futuro, con el cual, si se llega a tener la suficiente documentación y experticia manejando esta herramienta, se pueden crear aplicaciones con una calidad inimaginable.

AR Foundation deja de lado a dispositivos de gama “baja”, caso contrario de Vuforia que brinda soporte a muchos más dispositivos por lo que tendremos más alcance al usar Vuforia.

Contar con marcadores muy similares para el reconocimiento de imágenes dificulta y ralentiza el proceso del módulo reconocimiento de imágenes del aplicativo.

Usar una versión antigua de Vuforia (8.5.9) influye directamente en la calidad del reconocimiento del aplicativo, considerando que es una versión de Vuforia relativamente antigua dado que Vuforia se encuentra actualmente en la versión 10.1.

## Recomendaciones

Realizar una alianza estratégica con organizaciones educativas o medios de comunicación para buscar una forma de distribuir esta aplicación y similares, a estudiantes de todo nivel para mejorar la calidad educativa apoyados en tecnologías inmersivas.

Identificar una metodología de desarrollo de objetos 3D garantiza un proceso de modelado eficaz y eficiente, obteniendo así el mejor desarrollo posible de estos objetos usando la menor cantidad de recursos.

Agrupar profesionales de diversas áreas para crear equipos multidisciplinarios, de tal forma las actividades que se realicen sean resultados de forma correcta por el personal calificado.

Previo a la unificación de prototipos o versiones anteriores a una nueva, validar el software y modelos 3D a implementar, de tal forma que el aplicativo final siga una línea de desarrollo sostenible.

Utilizar e implementar herramientas de terceros para validar acciones específicas del software, implicaría un mayor grado de conocimiento de posibles fallas en el sistema, con lo cual su uso podría evitar este tipo de problemas.

Buscar inversión estatal o externa que ayude a desarrollar aplicaciones con realidades inmersivas para conservar el patrimonio y sitios turísticos que sufren daños por condiciones naturales y sociales.

Para futuras versiones del aplicativo sería recomendable desarrollar marcadores con características diferentes para mejorar el reconocimiento de imágenes del aplicativo.

Gracias al análisis del público objetivo y a la definición de tecnologías se puede identificar las herramientas a utilizar, es por ello que no recomendamos utilizar las versiones más recientes o más desactualizadas, sino que se elijan dichas herramientas

respecto a las necesidades, además, elegir versiones de software de soporte a largo plazo o LTS (Long Term Support), es decir, que tendrán soporte y ayuda por un lapso mayor de tiempo a versiones sin esta característica.

## Referencias

- Abu-Arqoub, M., Issa, G., Banna, A. E., & Saadeh, H. (2020). Interactive Multimedia-Based Educational System for Children Using Interactive Book with Augmented Reality. *Journal of Computer Science*, 15(11), 1648–1658. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2019.1648.1658>
- Aguinaga, Á. (2021). *Metodología de desarrollo de proyectos con Unity en CIPSA*. <https://cipsa.net/metodologia-desarrollo-proyectos-unity-cipsa/>
- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Alejandro, J., & Ramírez, G. (2016). *Una metodología para la creación de personajes desde el diseño de concepto A methodology for creating characters from concept design*. 12, 96–117. <https://doi.org/10.18566/iconofac.v12n18.a06>
- Alonso, S. (2019). *¿Que es BIM? | Metodología constructiva mediante modelos virtuales 3D | bimdesignconsulting.com*. [https://www.bimdesignconsulting.com/blog\\_que\\_es\\_bim/](https://www.bimdesignconsulting.com/blog_que_es_bim/)
- Alvarez-Marin, A., Castillo-Vergara, M., Pizarro-Guerrero, J., & Espinoza-Vera, E. (2017). Realidad aumentada como apoyo a la formación de ingenieros industriales. *Formacion Universitaria*, 10(2), 31–42. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000200005>
- Ardiny, H., & Khanmirza, E. (2019). The Role of AR and VR Technologies in Education Developments: Opportunities and Challenges. *Proceedings of the 6th RSI International Conference on Robotics and Mechatronics, IcRoM 2018*, 482–487. <https://doi.org/10.1109/ICRoM.2018.8657615>
- Bec, A., Moyle, B., Schaffer, V., & Timms, K. (2021). Virtual reality and mixed reality for second chance tourism. *Tourism Management*, 83(October 2020), 104256. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2020.104256>
- Boonbrahm, P., Kaewrat, C., & Boonbrahm, S. (2020). Effective collaborative design of

- large virtual 3D model using multiple AR markers. *Procedia Manufacturing*, 42, 387–392. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.058>
- Borges, C. (2020, March 13). *Libro digital interactivo: 5 herramientas para crear uno*. <https://rockcontent.com/es/blog/libro-digital-interactivo/>
- Brigham, T. J. (2017). Reality Check: Basics of Augmented, Virtual, and Mixed Reality. *Medical Reference Services Quarterly*, 36(2), 171–178. <https://doi.org/10.1080/02763869.2017.1293987>
- González, F., Castañeda, S., & Buitrago, D. (2019). Comparación de las metodologías cascada y ágil para el aumento de la productividad en el desarrollo de software. *Repositorio Institucional - Universidad Santiago de Cali*, 1–11. <https://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/1208>
- González Morcillo, C., & Vallejo Fernández, D. (2009). *Fundamentos de Síntesis de Imagen 3D. Un Enfoque práctico a Blender*. Fundación Parque Científico y Tecnológico de Albacete.
- Guzmán, J. L., Piguet, Y., Dormido, S., Berenguel, M., & Costa-Castelló, R. (2018). New Interactive Books for Control Education\*. *IFAC-PapersOnLine*, 51(4), 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.06.064>
- Higuerey, E. (2020, January 4). *Contenido interactivo: un recurso valioso para las estrategias digitales*. <https://rockcontent.com/es/blog/contenido-interactivo/>
- House, P. M., Pelzl, S., Furrer, S., Lanz, M., Simova, O., Voges, B., Stodieck, S. R. G., & Brückner, K. E. (2020). Use of the mixed reality tool “VSI Patient Education” for more comprehensible and imaginable patient educations before epilepsy surgery and stereotactic implantation of DBS or stereo-EEG electrodes. *Epilepsy Research*, 159(July 2019), 106247. <https://doi.org/10.1016/j.eplepsyres.2019.106247>
- Jefferson, S. R., Jhohana, L. S., & Danilo, C. T. (2020). The augmented reality and virtual reality as a tool to create tourist experiences. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 2020(E31), 87–96.
- Kuang, Y., & Bai, X. (2019). The feasibility study of augmented reality technology in early

- childhood education. *14th International Conference on Computer Science and Education, ICCSE 2019*, 172–175. <https://doi.org/10.1109/ICCSE.2019.8845339>
- Masoodian, M., Yusof, A. B. M., & Rogers, B. (2015). Focus and context awareness visualization techniques for 3D modelling tasks using multi-layered displays. *Proceedings of the International Conference on Information Visualisation, 2015-Septe*, 183–188. <https://doi.org/10.1109/iV.2015.41>
- Mendoza, R., Cabarcas, A., Fabregat, R., & Baldiris, S. (2019). Implementation of the framework to heritage education supported in augmented reality. *Proceedings - 2019 International Conference on Virtual Reality and Visualization, ICVRV 2019, October*, 154–157. <https://doi.org/10.1109/ICVRV47840.2019.00036>
- Miguélez-Juan, B., Gómez, P. N., & Mañas-Viniegra, L. (2019). Immersive Virtual Reality as an educational tool for social transformation: An exploratory study on the perception of students in Post-Compulsory Secondary Education. *Aula Abierta*, 48(2), 157–165. <https://doi.org/10.17811/rifie.48.2.2019.157-166>
- Pingxuan, R. (2020). *AR 3D Magic Book*. *Cipae*, 244–250. <https://doi.org/10.1145/3419635.3419714>
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2016). *La Guía de Scrum TM*. <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-Spanish-SouthAmerican.pdf>
- Serravalle, F., Ferraris, A., Vrontis, D., Thrassou, A., & Christofi, M. (2019). Augmented reality in the tourism industry: A multi-stakeholder analysis of museums. *Tourism Management Perspectives*, 32(July). <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2019.07.002>
- Setyaningsih, R. (2019). *The Boarding University Strategy in Developing E-Learning Based Multimedia Instructional*.
- Sommerville, I. (2011). *SOFTWARE ENGINEERING Ninth Edition*.
- Steils, N., & Hanine, S. (2019). Value-Added Crowdsourcing: Digital Catalysts for Creative Contests. In N. Ray (Ed.), *Managing Diversity, Innovation, and Infrastructure in Digital Business* (pp. 160–178). IGI Global. <https://doi.org/http://doi:10.4018/978-1-5225->

5993-1.ch008

- Tinoco Gómez, I. O., Pedro, I., Rosales López, P., & Salas Bacalla, I. J. (2010). Criterios de selección de metodologías de desarrollo de software. In *Ind. data* (Vol. 13, Issue 2).
- Trunfio, M., & Campana, S. (2020). A visitors' experience model for mixed reality in the museum. *Current Issues in Tourism*, 23(9), 1053–1058. <https://doi.org/10.1080/13683500.2019.1586847>
- Xu, Q., & Sundar, S. S. (2016). Interactivity and memory: Information processing of interactive versus non-interactive content. *Computers in Human Behavior*, 63, 620–629. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.046>
- Zhaparov M. K., & Nassen Y. (2016). 3D modelling based on virtual reality. *2016 6th International Conference - Cloud System and Big Data Engineering (Confluence)*, 399–402. <https://doi.org/10.1109/CONFLUENCE.2016.7508151>