

**Aplicación móvil basada en realidad aumentada como guía para ubicación de  
los estudiantes en la Universidad del Valle sede Tuluá**

**Alejandra Jassel Hernández Hernández**

**Universidad del Valle  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación  
Tuluá  
2022**

**Aplicación móvil basada en realidad aumentada como guía para ubicación de  
los estudiantes en la Universidad del Valle sede Tuluá**

**Alejandra Jassel Hernández Hernández  
Código 1968060  
[hernandez.alejandra@correounivalle.edu.co](mailto:hernandez.alejandra@correounivalle.edu.co)**

**Documento presentado como requisito parcial para la obtención de  
grado de Ingeniero(a) de Sistemas**

Director  
**Msc. Joshua David Triana**  
Profesor de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación  
[joshua.triana@correounivalle.edu.co](mailto:joshua.triana@correounivalle.edu.co)

**Universidad del Valle  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación  
Tuluá  
2022**

Trabajo de grado presentado por  
Alejandra Jassel Hernández Hernández

Como requisito parcial para la obtención del título de Ingeniero(a) de Sistemas

---

Joshua David Triana Madrid  
Director

---

Jurado

---

Jurado

*Agradece*

*A Dios por guiar y bendecir cada esfuerzo y dedicación en mi vida. A mi familia, por estar siempre a mi lado, apoyarme incondicionalmente en las situaciones más difíciles y por motivarme cada día para ser profesional. A mi director de trabajo de grado Joshua David Triana, por su empeño y motivación durante el desarrollo de este proyecto, por brindarme su guía y conocimientos para que este proyecto se realizara lo mejor posible. A la Universidad del Valle y a todos los docentes por sus enseñanzas a lo largo de mi formación académica. Por su puesto a mis amigos y compañeros de carrera que me han ayudado y han hecho de esta etapa una valiosa experiencia.*

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Contexto . . . . .	1
1.2. Descripción del Problema. . . . .	2
1.3. Definición del Problema. . . . .	3
1.4. Formulación del Problema. . . . .	4
1.5. Objetivos . . . . .	4
1.5.1. Objetivo general . . . . .	4
1.5.2. Objetivos específicos . . . . .	4
1.6. Resultados esperados . . . . .	5
1.7. Alcance y Limitaciones . . . . .	6
1.7.1. Alcance . . . . .	6
1.7.2. Limitaciones . . . . .	6
1.8. Metodología . . . . .	7
1.9. Estructura del Documento. . . . .	8
<b>2. Marco Referencial</b>	<b>9</b>
2.1. Marco teórico . . . . .	9
2.2. Marco Conceptual . . . . .	14
2.2.1. Realidad aumentada . . . . .	14
2.2.2. Gamificación . . . . .	14
2.2.3. Unity . . . . .	14
2.2.4. AR Foundation . . . . .	15
2.2.5. Vuforia . . . . .	15
2.3. Revisión de la Literatura . . . . .	16
<b>3. Diseño</b>	<b>21</b>
3.1. Experiencia de Usuario . . . . .	21
3.2. Requerimientos . . . . .	22
3.2.1. Requerimientos Funcionales . . . . .	22
3.2.2. Requerimientos No Funcionales . . . . .	23
3.3. Interfaz de Usuario . . . . .	24
<b>4. Implementación</b>	<b>31</b>
4.1. Introducción al Entorno de Desarrollo . . . . .	31
4.1.1. Unity Hub . . . . .	31

4.1.2. Unity Editor . . . . .	31
4.1.3. Assets . . . . .	32
4.1.4. Packages . . . . .	32
4.1.5. Escenas . . . . .	32
4.1.6. Script . . . . .	33
4.1.7. GameObject . . . . .	33
4.1.8. Componentes . . . . .	33
4.1.9. Prefabs . . . . .	33
4.1.10. Image Target . . . . .	33
4.2. Configuración del Entorno de Desarrollo . . . . .	34
4.2.1. Configuración del Proyecto . . . . .	36
4.2.2. Integración de AR Foundation . . . . .	38
4.2.3. Integración de Vuforia . . . . .	40
4.3. Desarrollo del Proyecto . . . . .	44
4.3.1. Escena Main Menu . . . . .	45
4.3.2. Escena Indoor Nav . . . . .	46
4.3.3. Escena Game . . . . .	49
<b>5. Pruebas y Resultados</b>	<b>52</b>
5.1. Pruebas . . . . .	52
5.2. Resultados . . . . .	54
5.2.1. Métricas Objetivas . . . . .	54
5.2.2. Métricas Subjetivas . . . . .	55
5.2.3. Evaluación de Usabilidad . . . . .	56
<b>6. Conclusiones</b>	<b>57</b>
<b>7. Trabajos Futuros</b>	<b>58</b>
<b>8. Bibliografía</b>	<b>59</b>
<b>Anexos</b>	<b>63</b>
8.1. Anexo 1: Proyecto y Apk . . . . .	63
8.2. Anexo 2: Marcadores . . . . .	64
8.3. Anexo 3: Manual de Usuario . . . . .	66

# **Lista de tablas**

1.1. Entregables . . . . .	5
1.2. Estructura de capítulos . . . . .	8
3.1. Requerimientos Funcionales . . . . .	22
3.1. Requerimientos Funcionales . . . . .	23
3.2. Requerimientos No Funcionales . . . . .	23
4.1. Requisitos del sistema para Unity Editor . . . . .	34
5.1. Métricas Objetivas . . . . .	54
5.2. Métricas Subjetivas . . . . .	55
5.3. Evaluación de Usabilidad . . . . .	56

# Listado de Figuras

1.1. Encuesta . . . . .	3
2.1. Marcador de Realidad Aumentada . . . . .	10
2.2. Código QR . . . . .	11
2.3. Realidad Aumentada con Marcadores . . . . .	11
2.4. Realidad Aumentada sin Marcadores . . . . .	12
2.5. Visión Aumentada . . . . .	12
2.6. Jerarquía de los elementos de gamificación . . . . .	13
2.7. Logo de Unity . . . . .	14
2.8. Logo de Vuforia . . . . .	15
3.1. Escena de bienvenida de Unity . . . . .	24
3.2. Escena de bienvenida de AR Path . . . . .	25
3.3. Menú principal de AR Path . . . . .	26
3.4. Menú panel de opciones . . . . .	27
3.5. Guía modo 1 . . . . .	27
3.6. Guía modo 2 . . . . .	28
3.7. Interfaz de modo 1 . . . . .	28
3.8. Interfaz de modo 2 . . . . .	29
3.9. Interfaz con reconocimiento de imagen . . . . .	30
4.1. Sección Installs en Unity Hub . . . . .	35
4.2. Ventana de añadir modulos . . . . .	36
4.3. Ajustes de Resolución y Presentación . . . . .	37
4.4. Ajustes de Renderización . . . . .	37
4.5. Ajustes de Identificación y Configuración . . . . .	38
4.6. Ventana de Administrador de complementos XR . . . . .	39
4.7. Ventana Administrador de paquetes . . . . .	39
4.8. Ventana Jerarquía con AR Session y AR Session Origin . . . . .	40
4.9. Ventana de importar paquete en Unity . . . . .	41
4.10. Añadir Licencia de Vuforia en Unity . . . . .	42
4.11. Ventana Jerarquía con AR Camera y Image Target . . . . .	42
4.12. Componente Behaviour de Image Target . . . . .	43
4.13. Assets del Proyecto en Unity . . . . .	44
4.14. Escenas del Proyecto en Unity . . . . .	44

4.15. Escena MainMenu . . . . .	45
4.16. Código del Script Botones . . . . .	46
4.17. Escena IndoorNav . . . . .	47
4.18. Scripts de IndoorNav . . . . .	47
4.19. Fragmento de código del Script SetNavigationTarget . . . . .	48
4.20. Fragmento de código del Script QrCodeRecenter . . . . .	48
4.21. Escena Game . . . . .	49
4.22. Prefabs de Preguntas . . . . .	49
4.23. Código del Script DbQuestion . . . . .	50
4.24. Código del Script PersistentScriptableObject . . . . .	51
5.1. Prueba con usuario. Modo 1: navegación interior . . . . .	53
5.2. Prueba con usuario. Modo 2: Juego . . . . .	53
8.1. Logo de División de bibliotecas. Marcador para la biblioteca . . . . .	64
8.2. Logo de Univalle. Marcador para el laboratorio . . . . .	64
8.3. Logo de Univalle. Marcador para la cafetería . . . . .	65
8.4. Logo de AR Path. Marcador para la secretaría académica . . . . .	65
8.5. Icono de AR Path. Marcador para el coliseo . . . . .	65
8.6. Seleccionar Opciones . . . . .	67
8.7. Guía para el Modo de Recorrido 1 . . . . .	68
8.8. Seleccionar Guía modo 2 . . . . .	69
8.9. Guía para el Modo de Recorrido 2 . . . . .	70
8.10. Código QR para AR Path . . . . .	70
8.11. Seleccionar Modo de Recorrido 1 . . . . .	71
8.12. Marcación de Ruta . . . . .	72
8.13. Actualizar Posición . . . . .	73
8.14. Seleccionar Modo de Recorrido 2 . . . . .	74
8.15. Juego de Preguntas . . . . .	75
8.16. Volver a Intentar . . . . .	76
8.17. Obtener Recompensa . . . . .	77
8.18. Siguiente Pista . . . . .	78

# Resumen

En el presente documento se presenta un proyecto que está enfocado a brindar un beneficio a los estudiantes de la Universidad del Valle sede Tuluá, haciendo uso de tecnologías de la información y de la comunicación, con el desarrollo de una aplicación móvil de realidad aumentada y gamificación, que tiene el propósito de hacer más práctico y autónomo la ubicación de salones de clases y demás espacios de la universidad, así mismo, brindar una experiencia lúdica y dinámica.

Con la implementación de esta aplicación móvil se logrará la optimización de información, logrando motivar a los estudiantes a conocer de forma autónoma los diferentes espacios físicos de la sede Villa Campestre, así como la incorporación de tecnologías de la información y la comunicación. Favoreciendo finalmente a la institución en cuanto a su desempeño como universidad frente a otras instituciones.

**Palabras Claves.** Realidad aumentada, Gamificación, Ubicación, Aplicación móvil, TIC.

# Abstract

This document presents a project that aims to provide benefit to the students of the Universidad del Valle Tuluá, using information and communication technologies, with the development of a mobile application of augmented reality and gamification, in order to make more practical and autonomous the location of classrooms and other spaces of the university, as well as a playful and dynamic experience.

With the implementation of this mobile application, the optimization of information will be achieved, motivating students to know autonomously the different physical spaces of the Villa Campestre headquarters, as well as the incorporation of information and communication technologies. Finally favoring the institution in terms of its performance as a university compared to other institutions.

**Keywords.** Augmented reality, Gamification, Location, Mobile application, TIC.

# **Capítulo 1**

## **Introducción**

### **1.1. Contexto**

La realidad educativa y tecnológica en las aulas de los diferentes niveles académicos, en nuestro sistema educativo en la actualidad, viene de la mano de la incorporación de nuevas herramientas que acerquen a los alumnos, de forma sencilla, lúdica y formativa, a los contenidos curriculares. Una de las tecnologías que toman mayor impulso e importancia en la actualidad es la Realidad Aumentada, la cual se ha ido abriendo camino, especialmente en la educación superior. [1]. De la misma manera la gamificación es un término que ha adquirido una enorme popularidad en los últimos años, sobre todo en entornos digitales y educativos. Mientras que la realidad aumentada es una tecnología que ayuda a enriquecer nuestra percepción de la realidad con una nueva lente gracias a la cual la información del mundo real se complementa con la de digital [2], La Gamificación es una técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo-profesional con el fin de conseguir mejores resultados [3].

La realidad aumentada es un recurso tecnológico que consiste en ofrecer experiencias interactivas a usuarios a partir de la combinación y superposición de contenidos gráficos entre la dimensión virtual y la física en tiempo real, con la utilización de dispositivos digitales. Así como la realidad aumentada (AR) nos puede ayudar en beneficio de las marcas, también puede ser de gran ayuda para el sector de la educación, tanto en su forma de vender u ofrecer sus servicios, como para la interacción con los estudiantes que desean aprender algo en particular.

La gamificación (o ludificación) es el uso de estrategias, modelos, dinámicas, mecánicas y elementos propios de los juegos en contextos ajenos a éstos, con el propósito de transmitir un mensaje o unos contenidos o de cambiar un comportamiento, a través de una experiencia lúdica que propicie la motivación, la implicación y la diversión. [4].

La realidad aumentada (AR) incorporada en universidades y programas académicos puede ser el enlace digital entre la universidad, estudiantes y personas en particular, logrando así llamar la atención de los estudiantes y poderles brindar información actualizada, que le permita interactuar con temas de interés y tomar una decisión más acertada. El asunto

en cuestión para este caso es lo importante que es tanto para la universidad como para los estudiantes crear y sentirse en un ambiente ameno, asequible y seguro con relación a la movilización y ubicación dentro de sus instalaciones y espacios, que los estudiantes y personas sepan en qué lugares de la universidad se encuentran, entre otro tipo de información.

## 1.2. Descripción del Problema.

La Universidad del Valle sede Tuluá cuenta con una gran cantidad de estudiantes, de los cuales algunos viven en la ciudad y la otra parte en otras ciudades remotas a Tuluá. Principalmente para los estudiantes nuevos puede resultar un poco difícil el desplazamiento y ubicación en los diferentes espacios y sedes de la universidad, ya que al ser nuevos ingresan poco familiarizados y les cuesta desplazarse con confianza y rápidamente por los espacios e instalaciones de las sedes de Univalle Tuluá, principalmente durante las primeras semanas de clases. Estas situaciones causan impuntualidad en horarios de clases, desorientación, inseguridad e incluso tensión o miedo a preguntar por su condición de estudiante nuevo, además resultar en que el estudiante se pierda parte de la clase o de una explicación importante, causar incertidumbre en el resto del desarrollo de la clase y temas del curso.

A pesar de que la universidad brinda una semana de inducción para los estudiantes nuevos, el tiempo de reconocimiento es limitado, ya que no se garantiza la asistencia de todos a dichas inducciones, aunque ciertamente es deber y responsabilidad de cada estudiante estar al tanto, informarse y conocer los diferentes y cada uno de los espacios de las instalaciones de la universidad, el ejemplo anterior es solo una de las posibles situaciones que pueden presentar los estudiantes, el aspecto que en este momento se debe tener en cuenta es que, son situaciones a las cuales se puede contribuir para mejorar la experiencia, no con el fin de “crear un sujeto cada vez más perezoso” o “sujetos menos intuitivos” sino de brindar la oportunidad de que la experiencia universitaria sea mucho más amena, pensando positivamente en que algo bueno puede salir de ello, y esto también recordando que hoy en día la tecnología tiene mucha más influencia en nuestra vida cotidiana y que precisamente está destinada a mejorar los procesos y las formas en que resolvemos tareas, brindando herramientas, conocimientos entre otras cosas, nos convienen como universidad tomar iniciativas que contribuyan al desarrollo de esta.

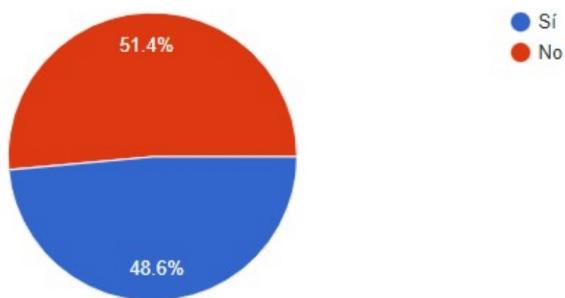
Debido a las dificultades mencionadas previamente, es posible encontrar que para muchos de los estudiantes quienes las padecen, se vean estos hechos reflejados en su rendimiento académico, lo cual puede desencadenar en otros tipos de problemas como emocionales y tasas de deserción incrementadas. Por lo cual vale la pena abordarlo y encontrar una forma de mejorar la situación. Es adecuado estar convencidos, de que solucionar este problema, favorecerá a la buena imagen que la universidad ha mantenido por mucho tiempo, y en el mejor de los casos, contribuirá a su estado frente a otras universidades.

## 1.3. Definición del Problema.

Actualmente estudiantes de la Universidad del Valle Tuluá, presentan dificultades al momento de ubicarse y movilizarse dentro de las instalaciones de la universidad, e incluso por fuera al momento de dirigirse hacia alguna otra de las sedes de Univalle Tuluá.

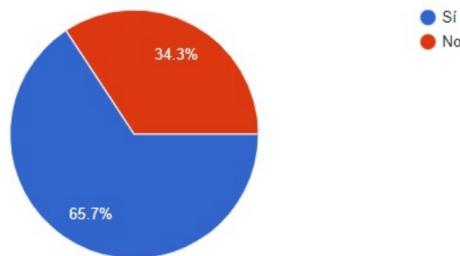
¿Ha llegado tarde a clase u otra actividad, debido a tener dificultad para encontrar un salón?

35 responses



Alguna vez ha tenido dificultad para encontrar dentro de la universidad un lugar donde se llevaría cabo una actividad. (por ejemplo, ha tenido que recorrer varias veces la universidad o preguntar a más de una persona, donde queda un salón u otro lugar)

35 responses



¿Ha dejado de asistir alguna clase o actividad (dentro de la universidad) debido a no haber estado en el lugar correcto? (ej. Haberse quedado afuera de un salón, esperando a que llegaran su profesor y compañeros, tras un tiempo de espera, pensar que la clase fue cancelada, regresar a casa o emprender otra actividad, mientras que la actividad fue llevada a cabo en otro lugar).

35 responses

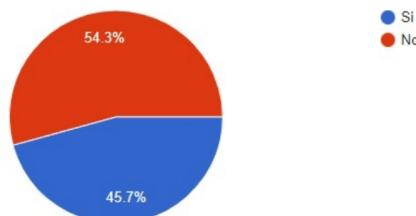


Figura 1.1: Encuesta

Fuente: Elaboración propia.

Se identifica que este problema es debido a que en algunos casos son estudiantes que ingresan nuevos y se encuentran poco familiarizados, además la falta de un sistema de información que apoye a los estudiantes con la ubicación y búsqueda de información, con respecto a los espacios dentro de la universidad.

Mientras que otras universidades, especialmente en países desarrollados cuentan con sistemas que ayudan a sus estudiantes a mantenerse informados de las actividades y también para ubicarse especialmente en complejos universitarios de gran tamaño, la Universidad del Valle no cuenta con estos, a pesar de ser una de las mejores universidades a nivel regional.

## 1.4. Formulación del Problema.

Partiendo de consideraciones previas se plantea una pregunta problematizadora:

¿Qué alternativa tecnológica se puede implementar para los estudiantes que ayude y facilite la ubicación y movilización dentro de las instalaciones y espacios físicos de la Universidad del Valle sede Tuluá?

## 1.5. Objetivos

### 1.5.1. Objetivo general

Desarrollar una aplicación móvil de realidad aumentada como herramienta para facilitar la ubicación y movilización en los espacios físicos de la Universidad del Valle sede Tuluá.

### 1.5.2. Objetivos específicos

1. Examinar los fundamentos de la realidad aumentada aplicada en la ubicación de espacios físicos e interiores.
2. Diseñar la experiencia de usuario teniendo en cuenta la usabilidad y las características de realidad aumentada a implementar.
3. Implementar los diseños realizados previamente para el desarrollo de la aplicación móvil.
4. Analizar los resultados obtenidos y los beneficios de la implementación de realidad aumentada en el ambiente universitario.

## 1.6. Resultados esperados

Como productos esperados se presentan entregables de acuerdo con cada objetivo específico.

Tabla 1.1: Entregables

Objetivos específicos	Entregables
1. Examinar los fundamentos de la realidad aumentada aplicada en la ubicación de espacios físicos e interiores.	Informe documental con las investigaciones e indagaciones sobre realidad aumentada basada en la ubicación de espacios físicos e interiores
2. Diseñar la experiencia de usuario teniendo en cuenta la usabilidad y las características de realidad aumentada a implementar	Bocetos y Diseños se interfaz de la aplicación mostrando su estructura y principales funciones
3. Implementar los diseños realizados previamente para el desarrollo de la aplicación móvil.	Código de la implementación
4. Analizar los resultados obtenidos y los beneficios de la implementación de realidad aumentada en el ambiente universitario	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Informe documental de pruebas realizadas a la aplicación: Pruebas de Interfaz, Pruebas de usabilidad.</li> <li>■ Informe documental con el análisis de los resultados obtenidos.</li> </ul>

## 1.7. Alcance y Limitaciones

### 1.7.1. Alcance

- La aplicación móvil será implementada en la sede Villa Campestre así que solo podrá ser usada por los estudiantes en esta sede.
- La aplicación permitirá visualizar información como ubicación y redirigir a información como horarios, esto a través de la cámara de un teléfono inteligente.
- Con la implementación de este sistema de información se requerirá de elementos físicos en los espacios de la universidad, como marcadores los cuales activan la realidad aumentada. Se utilizarán códigos QR que al escanear actualizara la posición del estudiante.

### 1.7.2. Limitaciones

- La aplicación móvil estará disponible para smartphones con sistema operativo Android 8.0 en adelante y será descargada por medio de un archivo con extensión .apk.
- La aplicación móvil solo estará disponible para smartphones que cuenten con giroscopio.

## 1.8. Metodología

Este proyecto tiene como modelo una investigación aplicada de enfoque tecnológico, ya que se tiene como objetivo encontrar una estrategia tecnológica para abordar un problema específico, además se genera y utiliza conocimientos adquiridos que se pondrán en práctica con el fin de impulsar un efecto positivo en situaciones reales. [5].

Para la metodología de desarrollo se usó el modelo de desarrollo ágil SCRUM, ya que, generalmente un modelo ágil facilita la gestión de proyectos de cualquier tamaño y complejidad, además su base en desarrollo iterativo e incremental contribuye a que los requisitos y soluciones del proyecto mejoren según su necesidad.

SCRUM es un proceso en el que se aplican de manera regular un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente, en equipo, y obtener el mejor resultado posible de un proyecto. Se basa en la experiencia y la iteración como base de conocimiento, predicción y reducción del riesgo para trabajar hacia una entrega en fases exponenciales. [6].

Ya que Scrum está especialmente indicado para proyectos en entornos complejos, donde se necesita obtener resultados pronto, donde los requisitos son cambiantes o poco definidos, donde la innovación, la competitividad, la flexibilidad y la productividad son fundamentales[7], se considera que una metodología que se ajusta a los objetivos del proyecto.

Dentro de las etapas de la metodología SCRUM, se dividió el proyecto en cuatro fases: Investigación, Diseño, Desarrollo y Pruebas.

- **Investigación:** Buscar proyectos relacionados con la realidad aumentada enfocando a la ubicación de espacios físicos y en interiores. Investigar el funcionamiento de realidad aumentada en dispositivos móviles. Evaluar tecnologías y entornos de desarrollo.
- **Diseño:** Diseñar la experiencia de usuario. Establecer requerimientos funcionales y no funcionales para la aplicación. Diseñar los componentes para la interfaz de usuario.
- **Desarrollo:** Estudiar la tecnología y entorno de desarrollo seleccionado. Programar las funcionalidades de la interfaz de usuario.
- **Pruebas:** Realizar pruebas de usuarios y funcionalidad. Evaluar las pruebas de usuario mediante encuesta y entrevistas

## 1.9. Estructura del Documento.

A continuación, se describe brevemente cada uno de los capítulos que contiene el documento con el respectivo objetivo específico que se lleva a cabo.

Tabla 1.2: Estructura de capítulos

Capítulo	Descripción	Objetivo específico
Capítulo 2: Marco Referencial	Se presentan conceptos, aplicaciones y avances de la realidad aumentada, además se describen sistemas y otros proyectos basados en realidad aumentada que se tomaron como referentes para este proyecto.	1
Capítulo 3: Diseño	Se establecen los requerimientos funcionales y no funcionales establecidos y se presenta el diseño de interfaz de usuario de la aplicación móvil.	2
Capítulo 4: Implementación	Se describe el entorno de desarrollo y se implementan los requerimientos planteados en el capítulo de diseño para el desarrollo de la aplicación.	2 y 3
Capítulo 5: Pruebas y Resultados	Se presentan los resultados de las pruebas realizadas con usuarios a la aplicación móvil, basados en métricas de usabilidad.	4
Capítulo 6: Conclusiones	Se presentan las conclusiones finales del proyecto.	Ninguno.
Capítulo 7: Trabajos futuros	Se exponen las ideas de posibles trabajos futuros a realizarse tanto para mejorar esta propuesta de trabajo de grado.	Ninguno.

# Capítulo 2

## Marco Referencial

### 2.1. Marco teórico

La realidad aumentada (RA) es una tecnología que superpone elementos virtuales en el medio real, lo cual a veces es confundido con realidad virtual, aunque no son los mismo, ya que la realidad virtual sumerge completamente al usuario en un entorno sintético, prediseñado con animaciones, gráficos y otros elementos y mientras el usuario está inmerso, este no puede ver el mundo real que lo rodea. En un concepto más preciso, la realidad aumentada es una tecnología que permite a los usuarios percibir objetos virtuales, con algún tipo de información, que se añade o se integra con la realidad observada, utilizando dispositivos tecnológicos como gafas especiales o Smartphone, de tal manera que una persona puede observar el mundo real con ciertos elementos agregados, que aparecen en sus lentes o pantalla a modo de información digital causando la sensación de coexistencia de elementos reales y virtuales, todo esto permite una experiencia novedosa en la manera como se presenta la información, la realidad aumentada complementa la realidad.[8].

El origen de la realidad aumentada se dio en 1901 cuando Frank L. Baum prácticamente predijo su surgimiento, tuvo la idea de inventar un *character maker*, en su novela *The Master Key*. Se trataba de unas gafas electrónicas capaces de superponer información sobre las personas que visualizaban.

La primera implementación tecnológica basada en realidad aumentada llegó en el 1957, por parte de Morton Heiling, un cinematógrafo que proponía en su Sensorama una experiencia multisensorial al usuario, compuesta por elementos visuales, sonoros y olfativos, este fue el inicio de la historia de la realidad aumentada. En el año 1973, el artista informático Myron W. Krueger, creó la primera instalación de realidad aumentada que mezclaba cámaras de video con un sistema de proyección, para crear un entorno interactivo que respondía a los movimientos de los usuarios por medio de sombras y movimiento. [9].

El primer sistema de Realidad Aumentada inmersiva fue construido en 1992 por Louis Rosenberg, Este invento era capaz de dar la ilusión de unos brazos robóticos sobre los brazos del usuario. [10]. Para el año 1997 se empiezan a ver los beneficios de la Realidad Aumentada

en campos como la medicina, la mecánica y el mundo del entretenimiento.

La revolución social y tecnológica que provocaron los smartphones, actuó como catalizador en el crecimiento de la realidad aumentada. Los smartphones y posteriormente también las tabletas, permitían a los usuarios disfrutar de las experiencias de realidad aumentada de forma muy sencilla y en cualquier lugar. Entre el año 2009 y 2010, los smartphones tuvieron la suficiente potencia computacional para ejecutar aplicaciones potentes de realidad aumentada.[9].

Esta tecnología está en auge gracias a los avances e incremento de los Smartphone y el considerable aumento de sensores disponibles, aunque aún queda mucho por avanzar y mejorar, no se puede pasar por alto la gran utilidad y presencia que la realidad aumentada ha conseguido en distintos sectores, aunque las aplicaciones más conocidas para el público son en los videojuegos y el entretenimiento en general, hoy en día existe un mayor conjunto de usos y aplicaciones, como en educación, militar, arquitectura, medicina, turismo, comercio, entre otras, donde se han facilitado nuevas formas de interacción entre lo real y lo virtual.[8].

Principalmente existen dos tipos de realidad aumentada, basada en reconocimiento de patrones y objetos empleando códigos QR o imágenes; este tipo usa marcadores que deben reconocerse para mostrar elementos como imágenes, un objeto en una versión 3D o más información sobre un objeto en específico. El otro tipo es basado en ubicación y orientación utilizando los sensores de los dispositivos móviles, como GPS, brújula digital y acelerómetro, para localizar y superponer la información dependiendo del lugar físico en donde se encuentra una persona en ese momento, sin tener que usar ningún marcador, solo el entorno.



Figura 2.1: Marcador de Realidad Aumentada

Fuente:

<http://www.aumentaty.com/community/es/pin/ficha/realidad-aumentada-21/>

Asimismo, la realidad aumentada se puede clasificar por niveles de acuerdo con su función, parámetro, sistema de seguimiento y técnicas empleadas.[11]

- Nivel 0 – Hiperenlaces en el mundo físico: Se activa a partir de códigos QR y estos solo sirven como hiperenlaces a otros contenidos, de manera que no existe registro de objetos 3D ni seguimiento de marcadores.



Figura 2.2: Código QR

Fuente: Elaborado en <https://es.qr-code-generator.com/>

- Nivel 1 – Realidad Aumentada basada en marcadores: Es la forma más conocida de realidad aumentada, las aplicaciones utilizan marcadores o imágenes que al ser leído se obtiene el reconocimiento de patrones 2D o modelos 3D.

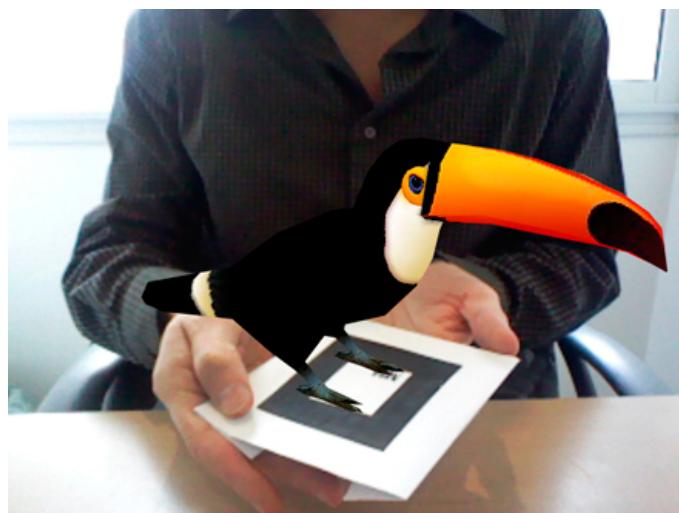


Figura 2.3: Realidad Aumentada con Marcadores

Fuente: <https://realidadaugmentadallit.weebly.com/tipologiacutea.html>

- Nivel 2 – Realidad Aumentada Markerless (sin marcadores): remplaza el uso de marcadores por el GPS y el giroscopio de los dispositivos móviles para superponer puntos de interés sobre las imágenes del mundo real basadas en la localización y orientación del usuario.

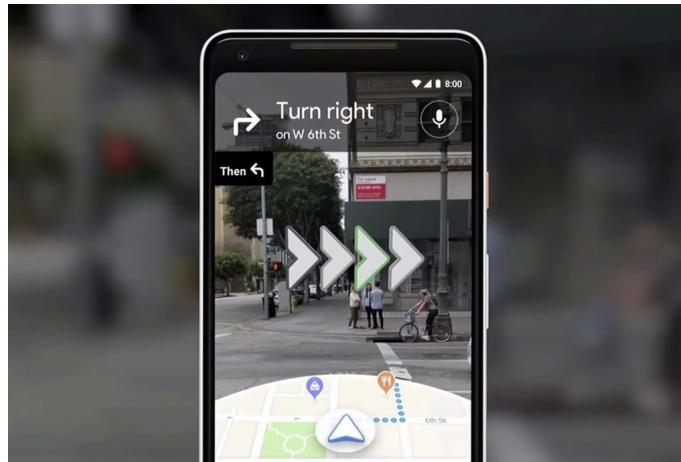


Figura 2.4: Realidad Aumentada sin Marcadores

Fuente: <https://www.xataka.com/aplicaciones/asi-como-navegacion-realidad-aumentada-hace-que-google-maps-sea-util/amp>

- Nivel 3 – Visión aumentada: Estaría representado por dispositivos como Google Glass, lentes de contacto de alta tecnología u otros que, en el futuro, serán capaces de ofrecer una experiencia completamente contextualizada, inmersiva y personal.



Figura 2.5: Visión Aumentada

Fuente: <https://marketing4ecommerce.net/el-futuro-las-gafas-google-glass/>

Una descripción general de la navegación con realidad aumentada es que además se ser una solución innovadora que incorpora las tecnologías anteriores para soluciones de interior y exterior, el objetivo principal de esta tecnología es proporcionar instrucciones a los usuarios sobreuestas en la pantalla sobre entornos reales visualizados a través de la cámara de un dispositivo como un smartphone o tableta. Esto mejora el hecho de tener que comparar el

mundo real con una referencia como un mapa que puede ser más difícil de usar para los usuarios mientras navegan. Por lo tanto, hay dos partes para la navegación con realidad aumentada, la primera es la navegación y la localización reales, y luego la visualización de las direcciones AR como texto, flechas y rutas en la pantalla [12].

El concepto de Gamificación está ganando cada vez más relevancia entre los investigadores. La gamificación no está relacionada con los juegos, sino que consiste en el uso de elementos de juego en una situación no lúdica. Aunque el objetivo principal de estos juegos es el entretenimiento, se está abriendo paso a implementar este concepto en el ámbito educativo. [13]

El término gamificación se originó en la industria digital, inicialmente como una herramienta de marketing que permite incluir dinámicas de juegos en una web, servicios, comunidad o campaña para aumentar la participación de los usuarios al retarlos y ofrecerles recompensas atractivas. Los primeros documentos donde aplican el concepto de Gamificación surgen en el año 2008, sin embargo, el término se adoptó globalmente desde el 2010, momento en donde algunos jugadores de la industria y en conferencias lo hicieron popular. [14]

Los elementos que forman parte de la Gamificación se clasifican en tres categorías [15]

- Componentes: Son implementaciones de las mecánicas y dinámicas, como, por ejemplo: puntos, niveles o escudos. Para la realización de los componentes es necesario considerar la competencia como aspecto fundamental.
- Mecánicas: son los componentes básicos del juego, sus reglas, su motor y su funcionamiento.
- Dinámicas: Son los conceptos que se manejan cuando se desea implementar la gamificación, por ejemplo: emociones, progresión, relaciones, entre otros.

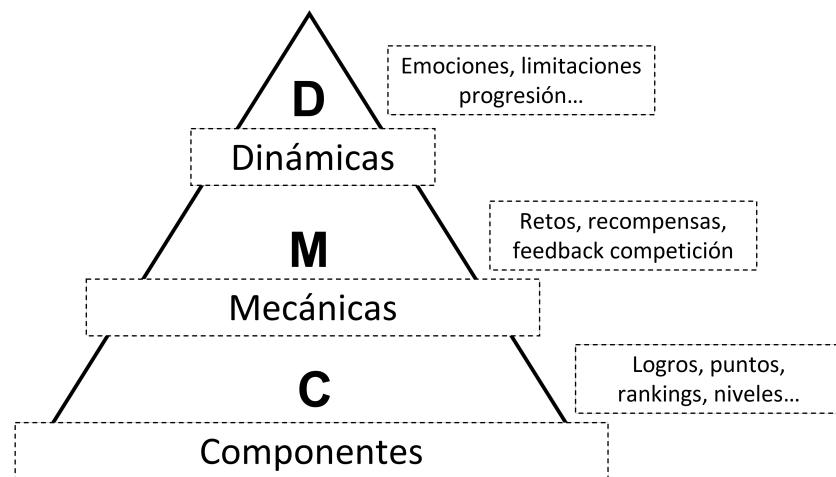


Figura 2.6: Jerarquía de los elementos de gamificación

Fuente: Werbach y Hunter (2012)

## 2.2. Marco Conceptual

Dentro del contexto teórico de este proyecto existen temas de investigación fundamentales para el desarrollo y funcionamiento del proyecto.

### 2.2.1. Realidad aumentada

La Realidad Aumentada es una tecnología que permite al usuario ver el mundo real, con objetos virtuales superpuestos o compuestos en el mismo espacio e interactuar con ellos en tiempo real. A diferencia de la realidad virtual, la Realidad aumentada complementa la realidad, en lugar de sustituirla por completo.[8]

El proceso de combinar datos virtuales con datos del mundo real puede proporcionar a los usuarios acceso a contenidos multimedia ricos y significativos que son contextualmente relevantes y sobre los que se puede actuar fácil e inmediatamente.[16]

### 2.2.2. Gamificación

La Gamificación es el empleo de mecánicas de juego en entornos y aplicaciones no lúdicas con el fin de potenciar la motivación, la concentración, el esfuerzo, la fidelización y otros valores positivos comunes a todos los juegos.

Este tipo de aprendizaje gana terreno en las metodologías de formación debido a su carácter lúdico, que facilita la interiorización de conocimientos de una forma más divertida, generando una experiencia positiva en el usuario.[17]

En el contexto educativo, la gamificación está siendo utilizada tanto como una herramienta de aprendizaje en diferentes áreas y asignaturas, como para el desarrollo de actitudes y comportamientos colaborativos y el estudio autónomo. [18]

### 2.2.3. Unity

Unity es un motor de desarrollo de video juegos multiplataforma, que incluye funciones de edición visual, editor de atributos detallado y vista previa dinámica del juego que facilitan el manejo y flujo de trabajo.

Unity permite la creación de aplicaciones multiplataforma, por lo cual solo se programa una vez y Unity genera el archivo ejecutable compatible para el sistema operativo de elección.[19]



Figura 2.7: Logo de Unity

Fuente: [https://unity3d.com/es/legal/branding\\_trademarks](https://unity3d.com/es/legal/branding_trademarks)

### 2.2.4. AR Foundation

AR Foundation es un marco de trabajo de Unity creado especialmente para el desarrollo en realidad aumentada que permite crear experiencias enriquecidas y luego implementarlas en diferentes dispositivos. AR Foundation incluye funciones centrales de ARKit, ARCore, Magic Leap y HoloLens, así como funciones únicas de Unity, para crear aplicaciones robustas. Este marco de trabajo permite aprovechar todas estas funciones en un flujo de trabajo unificado.[20]

### 2.2.5. Vuforia

Vuforia es un kit de desarrollo de software que permite la creación de realidad aumentada. El motor de Vuforia ofrece el seguimiento de una variedad de objetos y espacios que se pueden categorizar como Imágenes, Objetos y Entornos.

Vuforia Engine es la plataforma más utilizada para el desarrollo de realidad aumentada, compatible con la mayoría de los teléfonos, tabletas y gafas. Los desarrolladores pueden agregar fácilmente funciones avanzadas de visión por computadora a las aplicaciones de Android, iOS y UWP para crear experiencias de realidad aumentada que interactúen de manera realista con los objetos y el entorno.[21]



Figura 2.8: Logo de Vuforia

Fuente: <https://docs.unity3d.com/es/2018.4/Manual/vuforia-sdk-overview.html>

## 2.3. Revisión de la Literatura

La realidad aumentada (AR) es un mercado en rápida expansión, con una demanda que va desde juegos y aplicaciones de entretenimiento hasta soluciones comerciales personalizadas, en el caso de la realidad aumentada aplicada a la geolocalización, actualmente, existen soluciones como aplicaciones móviles que cuentan con mapas y GPS incorporado para determinar el posicionamiento y navegación cuando estamos en exteriores. La mayoría de las personas usan regularmente aplicaciones de navegación todos los días como parte de su rutina. Sin embargo, la situación está mucho menos desarrollada y es más complicada cuando se trata de navegación en interiores, donde incluso la existencia de varios pisos puede complicar la efectividad de las tecnologías como GPS. Muchas de las tecnologías de apoyo involucradas con la navegación en interiores no están completamente maduras en este momento, pero ya están produciendo resultados impresionantes. [22].

Actualmente el desarrollo de videojuegos y las aplicaciones de Realidad Aumentada han evolucionado desde los primeros usos hacia experiencias multiusuario en la que son varios jugadores o usuarios los que interactúan con los escenarios digitalizados. En términos de aprendizaje esto permite crear actividades centradas en la colaboración, por ejemplo, los ejercicios de simulación quirúrgica actuados simultáneamente por equipos de alumnos de medicina o las gymkanas en espacios turísticos o campus universitarios son sólo el inicio de un mundo aún por explorar. [23].

Desde hace pocos años hasta hoy, se conoce y toma cada vez más fuerza el término Industria 4.0 la cual se refiere a los grandes avances, desarrollo y las nuevas formas en que la tecnología se integra en la sociedad, y que algunos ya definen como la cuarta Revolución Industrial. En la industria 4.0 los elementos centrales son las tecnologías ahora emergentes como la inteligencia artificial, uso del Big Data, robótica y soluciones inmersivas como realidad virtual y realidad aumentada. Grandes ventajas brinda la realidad aumentada a la Industria 4.0 como la posibilidad de mejorar la capacitación y el aprendizaje industrial al tiempo que reduce los riesgos y los costes, otro uso realmente significativo es la posibilidad de aportar información relevante a personas, permitiéndoles ver datos o incluso instrucciones en tiempo real. [24].

El despliegue de las capacidades de conexión a la red que trae el 5G y el hecho que los propios smartphones sean cada vez mejores, lleva a que la realidad aumentada sea mucho más posible. Igualmente, la realidad aumentada está vinculada con otras grandes tendencias que dirigen el mundo a un cambio del futuro en varios sectores, además de la popularidad que se está generando sobre el metaverso, el cual se define como un entorno donde las personas interactúan social y económico como iconos a través de elementos de la realidad física y virtual; todo esto apunta al crecimiento de su uso. [25][26].

la Gamificación en la educación apoya en la mejora los procesos de enseñanza y aprendizaje en los alumnos, entre ellos elevar la concentración y la motivación para que de este modo puedan lograr un aprendizaje significativo.

Actualmente los centros educativos están optando por implementar como herramientas educativas a la gamificación y a la realidad aumentada, con la finalidad que a través de la tecnología el proceso de enseñanza y aprendizaje logre avanzar. Estas herramientas fomentan la competencia y participación de los estudiantes lo cual hace que el proceso de aprendizaje sea más sencillo e innovador, por tanto, resulta importante para mejorar el nivel cognitivo.[27]

Existen diversos tipos de aplicaciones móviles de realidad aumentada, pero según con los que se desea desarrollar se clasifican dos categorías de realidad aumentada, basada en el reconocimiento de imágenes y basada en ubicación.

Los continuos avances e incremento de smartphones hacen evidente el aumento de sensores en los dispositivos usados actualmente, los cuales cuentan con un sistema de posicionamiento global (GPS) que permite obtener información relevante para los usuarios y el poder navegar en entornos como en una ciudad o un lugar nuevo al aire libre. La navegación y ubicación en interiores es más compleja ya que tiene la desventaja de que la señal se obstruye rápidamente por el aumento de nivel de pisos y paredes alrededor del dispositivo. Se han encontrado estudios y proyectos enfocados en el desarrollo de alternativas que hacen uso de herramientas y tecnologías propias de los dispositivos, tales como la brújula, acelerómetro y Bluetooth.

- **Mobile Indoor Navigation System in iOS Platform Using Augmented Reality**  
En este estudio se diseñó y desarrolló un sistema de navegación en interiores que sólo utiliza el acelerómetro, la cámara y los componentes de la brújula del teléfono y no requiere señales de satélite para el posicionamiento. Para proporcionar independencia del mapa en esta aplicación, se aplica la realidad aumentada durante el proceso de enrutamiento utilizando la cámara integrada del teléfono y no se utiliza ningún mapa, con ayuda del acelerómetro se calculan los pasos o distancia que ha recorrido, a partir del género y altura del usuario y con la brújula se obtiene el sentido en el que se moviliza.[28]
- **Indoor localization and navigation using smartphones augmented reality and inertial tracking**  
Este artículo propone un sistema móvil escalable para la detección y el seguimiento de ubicación en interiores mediante una combinación de reconocimiento de marcadores de imagen y mediciones iniciales. Este servicio de localización es el núcleo para ofrecer un sistema de información sensible al contexto construido en torno a una capa de software de realidad aumentada. La capa de realidad aumentada informa al usuario de un punto de interés cercano, superponiendo objetos virtuales 3D auto explicativos relacionados con la ubicación en la captura de vídeo en tiempo real. Los puntos de interés cercanos también se muestran en 360 grados apoyados en las lecturas de la brújula del dispositivo. Cualquier objeto virtual de RA es clickeable.º "tangible", de modo que el usuario obtiene información relacionada con el mismo.[29]

- **A Mobile Indoor Navigation System Interface Adapted to Vision-Based Localization**

En este artículo examinan la intersección de la localización basada en la visión con la interacción humano-computadora (HCI). Presentan una interfaz combinada de elementos de realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR) con indicadores que ayudan a comunicar y garantizar la precisión de la localización. Sostienen que la interfaz de usuario de un sistema de navegación móvil en interiores, que se basa en la coincidencia de imágenes, debe reflejar y abordar las particularidades de esta técnica. En segundo lugar, ofrecen los resultados de una amplia evaluación del concepto la cual mostró que los usuarios preferían la interfaz de AR sobre la de VR.[30]

- **CAViAR: Context Aware Visual indoor Augmented Reality for a University Campus**

Este trabajo presenta un nuevo sistema que puede utilizarse de forma eficiente en un campus universitario para que los miembros sean conscientes de sus ubicaciones, y facilita la búsqueda de lugares. CAViAR es un sistema de software móvil para entornos en interiores que proporciona al usuario equipado con un smartphone, localización en interiores, realidad aumentada (RA), interacción visual y navegación en interiores. La aplicación móvil incluye funciones adicionales, como mapas de interiores, camino más corto, navegación inercial, lugares de interés, localización compartida y búsqueda por voz. CAViAR se probó en un campus universitario como una de las tecnologías que se utilizarán más adelante en un entorno de campus inteligente.[31]

- **Augmented reality and image recognition based framework for treasure hunt games**

Propone un marco general para el desarrollo de juegos de aventuras multijugador basados en realidad aumentada, el cual se puede utilizar para crear juegos de búsqueda del tesoro o búsqueda del tesoro en línea para dispositivos móviles. Los “tesoros” pueden ser objetos virtuales en 3D, apareciendo como parte de la realidad aumentada. El soporte de reconocimiento de imagen integrado ofrece nuevas posibilidades en la creación y personalización de juegos. Combina la localización basada en GPS con la localización basada en el reconocimiento de imágenes, de esta manera, las aplicaciones creadas también se pueden usar dentro de los edificios.[32]

- **Indoor Localization and Guidance Using Portable Smartphones**

Este artículo describe un sistema orientación cartográfica basado en Android de navegación/guía en el interior del campus a través de teléfonos inteligentes basados en NFC (Comunicación de campo cercano) y códigos QR, para determinar la ubicación, así como proporcionar la navegación al interior del edificio. Además, ofrece una serie de funciones útiles, como encontrar el destino, calcular el camino más corto, almacenar la ubicación del aparcamiento e implementa una interfaz de usuario basada en la web para ayudar a la administración del edificio a ver el resultado de los comentarios y las encuestas. Hasta ahora, la aplicación móvil desarrollada ha sido evaluada y validada por completo para su uso en un entorno de campus inteligente, que se ha encapsulado en un estudio de caso de prueba.[33]

- **School of the Future: Using Augmented Reality for Contextual Information and Navigation in Academic Buildings**

Este artículo es una breve presentación de las soluciones de realidad aumentada. Presenta como la realidad aumentada se utiliza hoy en día en diversos ámbitos con resultados fundamentales pero espectaculares. Plantea la implementación de aplicaciones de realidad aumentada para teléfonos inteligentes diseñadas para ayudar a los estudiantes a obtener información contextual de su entorno y a navegar dentro de los campus y edificios.[34]

- **Indoor navigation with mobile augmented reality and beacon technology for wheelchair users**

Es una investigación que estudia el uso de las tecnologías de Realidad Aumentada Móvil y Beacon (dispositivos que emiten una señal con identificación única) para apoyar la navegación en interiores de personas en silla de ruedas. Esta iniciativa es muy importante ya que hace énfasis en el uso de nuevas herramientas que proporcionan mejoras efectivas en términos de inclusión social. Para evaluar la propuesta realizaron pruebas con usuarios habituales. Una de las características novedosas implementadas incluye la capacidad de identificar la mejor ruta libre de peligros potenciales como obstáculos y rampas. Los resultados de la investigación muestran que la solución propuesta permite una navegación segura en interiores para los usuarios de sillas de ruedas.[35]

- **Augmented reality based indoor positioning navigation tool**

La idea central de este trabajo es diseñar un nuevo método para desarrollar un sistema de navegación de posicionamiento en interiores sin utilizar tecnología inalámbrica mediante el procesamiento de imágenes. Además, el trabajo pretende desarrollar un sistema interactivo de navegación en interiores. Utiliza la realidad aumentada para superponer la señalización direccional a la vista real del entorno interior en forma de 3D. Junto con las guías en 3D, el sistema emitirá una guía de voz para ayudar a los usuarios a identificar su ubicación fácilmente.[36]

- **Husso Digital, Campus universitario en realidad aumentada:**

Este proyecto ha sido realizado conjuntamente por la Universidad Complutense de Madrid, la Universidad de Alcalá y la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), dentro del marco del Campus de Excelencia Internacional. El objetivo principal del proyecto ha sido acercar las ciudades universitarias de Madrid y de Alcalá de Henares a sus propios usuarios (estudiantes, personal docente e investigador y personal de administración y servicios), así como al resto de los ciudadanos y a los turistas y visitantes ocasionales. Utilizando la tecnología de realidad aumentada para dispositivos móviles de última generación, se ofrece al usuario una información interactiva, rigurosa y amena sobre los principales centros e instalaciones de las universidades participantes en el proyecto.[37]

- **Wikitude:** Wikitude ha estado desarrollando tecnología de realidad aumentada desde 2008 y es responsable de haber lanzado el primer sistema de navegación para peatones y automóviles del mundo que integró una pantalla AR, eliminando la necesidad de un mapa. Lanzado hace más de una década, fue galardonado varias veces por ser un "paso

revolucionario hacia adelante” en el campo de la navegación y la guía. [38]. Wikitude, utiliza una combinación entre la cámara, la brújula, la conexión a internet y el GPS del teléfono móvil para activar la AR. Con ello, se identifica la posición del usuario y la orientación, después se reciben los datos pertenecientes al objeto enfocado y se muestra en la pantalla sobre la imagen capturada por la cámara. [2].

- **Layar:** Es una aplicación gratuita para smartphone que permite aprovechar todas las virtudes de la realidad aumentada y así navegar por diferente tipo de información. Layar muestra en tiempo real los datos sobre las imágenes captadas por la cámara de un teléfono móvil. Para ello, Layar utiliza una combinación entre la cámara, la brújula, la conexión a internet y el GPS del teléfono móvil. Con ello, se identifica la posición del usuario y la orientación, después se reciben los datos pertenecientes a esa posición y se muestra en la pantalla sobre la imagen capturada por la cámara. Otra capa interesante es Layar Local Search que permite buscar en Google posicionando el lugar con realidad aumentada, se introduce el lugar que buscamos en la interfaz de búsqueda de la aplicación, en el radar se ve la ubicación aproximada del lugar buscado y Se muestra la dirección y la distancia del punto destino. [2].

# **Capítulo 3**

## **Diseño**

### **3.1. Experiencia de Usuario**

La experiencia de usuario es un aspecto fundamental en una producto o aplicación y se refiere a todos los procesos que se realizan para determinar cuál y cómo será el tipo de experiencia tendrá el usuario y los niveles de interacción con el o los productos.[39]

El objetivo principal del diseño de la experiencia de usuario es crear una experiencia óptima y práctica, con la finalidad de que a los usuarios les resulte más fácil e intuitivo interactuar con la aplicación. La experiencia de usuario se diseña teniendo en cuenta los atributos de usabilidad y accesibilidad. La usabilidad es un atributo de calidad de un producto que se refiere básicamente a la facilidad de uso de una aplicación o producto interactivo. [40]

La aplicación móvil tiene como nombre AR Path, por dos motivos: AR son las siglas de realidad aumentada y Path (que es “ruta” en inglés), ya que el primer objetivo de esta aplicación es mostrar el camino o ruta a donde se quiere dirigir el usuario.

Se opta por implementar gamificación como complemento a la aplicación móvil, en vista de que en la investigación previa realizada se encontró que la gamificación en la educación es una herramienta que contribuye al aprendizaje efectivo de los estudiantes y en este caso mezclada con realidad aumentada motiva al estudiante a conocer los diferentes espacios de la universidad y crear un entorno agradable. Por lo tanto, La aplicación contará con dos modos que ofrecen al usuario diferentes experiencias.

- Modo 1: En este modo el usuario podrá buscar el lugar a donde se quiere dirigir y en la aplicación se mostrará una ruta en realidad aumentada que marcará el camino por el cual el estudiante debe seguir para llegar al lugar. De igual forma en la interfaz de la aplicación se mostrará un mini mapa donde el estudiante podrá ver la dirección en la que se dirige.
- Modo 2: En este modo el estudiante podrá jugar un juego tipo Yincana, donde se le mostrarán pistas de un lugar al que debe dirigirse, al encontrarlo deberá escanear la imagen clave del lugar, la cual activa una serie de preguntas en realidad aumentada,

que al responder correctamente ganara puntos y la posibilidad de seguir a la siguiente pista. Con esta idea se busca motivar a que el estudiante conozca los diferentes espacios de la universidad, se divierta mientras aprende la ubicación de los lugares importantes para más tarde los pueda hallar de forma más rápida. Asimismo, para que el estudiante pueda ingresar a información relevante acerca de la universidad, se implementan botones virtuales sujetos a la realidad aumentada con los cuales el estudiante puede interactuar y ser dirigido a páginas web importantes de la Universidad del Valle sede Tuluá.

## 3.2. Requerimientos

Se identifican y describen los requisitos funcionales y no funcionales con los que debe contar la aplicación móvil para brindar una experiencia accesible al usuario, en este caso los estudiantes de la Universidad del Valle, sede Tuluá.

### 3.2.1. Requerimientos Funcionales

Tabla 3.1: Requerimientos Funcionales

ID	Rquerimiento	Descripción
RF1	Seleccionar Modo	El usuario podrá escoger entre dos modo de navegación, uno de ruta rápida y otro modo juego
RF2	Lista de lugares disponibles para la ubicación y desplazamiento	Con el modo 1, el usuario podrá ver y seleccionar el lugar a donde quiere llegar
RF3	Escaneo de código QR	En el modo 1, el sistema permitirá escanear códigos QR, con el fin de actualizar la posición del usuario
RF4	Actualizar Posición	Con el modo 1, el usuario podrá actualizar su posición por medio de escaneo de código QR
RF5	Mostrar Ruta	En el modo 1, el sistema mostrará la ruta en realidad aumentada hacia donde quiere dirigir el usuario
RF6	Mini mapa de ubicación y recorrido	En el modo 1, el usuario podrá observar la dirección y ruta a dirigirse por medio del Mini mapa en la interfaz

Tabla 3.1: Requerimientos Funcionales

ID	Rquerimiento	Descripción
RF7	Visualizar Objetos 3D	Con el modo 2, el usuario podrá visualizar objetos en realidad aumentada
RF8	Puntos y Recompensas	En el modo 2, el usuario podrá visualizar sus recompensas y puntaje representado en monedas
RF9	Acceso a páginas web de la Universidad	En el modo 2, el sistema permitirá dirigir al usuario a información relevante de la Universidad
RF10	Botones virtuales	Con el modo 2, el usuario podrá interactuar con botones virtuales en realidad aumentada
RF11	Guardar datos	El sistema deberá guardar los datos de juego del usuario, como puntos y recompensas

### 3.2.2. Requerimientos No Funcionales

Tabla 3.2: Requerimientos No Funcionales

ID	Rquerimiento	Descripción
RNF1	Interfaz de usuario amigable	La interfaz de usuario deberá ser amigable e intuitiva para el usuario
RNF2	Sistema operativo	El sistema funcionará a partir de la versión Android versión 8.0 Oreo
RNF3	Disponibilidad	El aplicativo estará disponible a los usuarios 24/7

### 3.3. Interfaz de Usuario

La interfaz de usuario fue diseñada pensando en brindar una experiencia agradable, que sea de fácil uso e intuitiva, al ser un público objetivo tan joven se evitó dar información únicamente en forma de texto, pues se busca que sea una aplicación didáctica y accesible al usuario, Además ayuda a que la visión de la realidad aumentada a través de la pantalla no sea obstruida por mucha carga de objetos en la interfaz.

Se inicia con la primera escena que aparece al abrir la aplicación ARPath, que es la escena de bienvenida por defecto de las aplicaciones desarrolladas en Unity. Se añade una imagen de bienvenida mas que representa el logo y nombre de la aplicación.



Figura 3.1: Escena de bienvenida de Unity

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.2: Escena de bienvenida de AR Path  
Fuente: Elaboración propia

Para el menú principal se pensó en una forma sencilla en la cual el usuario identifique fácilmente las opciones e ingresar a los diferentes modos. Así que se optó por dos paneles para cada modo con una breve descripción y dibujos, los cuales le dan expresividad a la escena.



Figura 3.3: Menú principal de AR Path

Fuente: Elaboración propia

Se decide mostrar instrucciones de uso para cada modo explicados brevemente en tres pasos con imágenes descriptivas y representativas. Estas instrucciones se ubicaron en un panel con dos opciones, una para cada modo, que se despliega al seleccionar el ícono de opciones y seleccionar la guía del modo que el usuario desee ver.

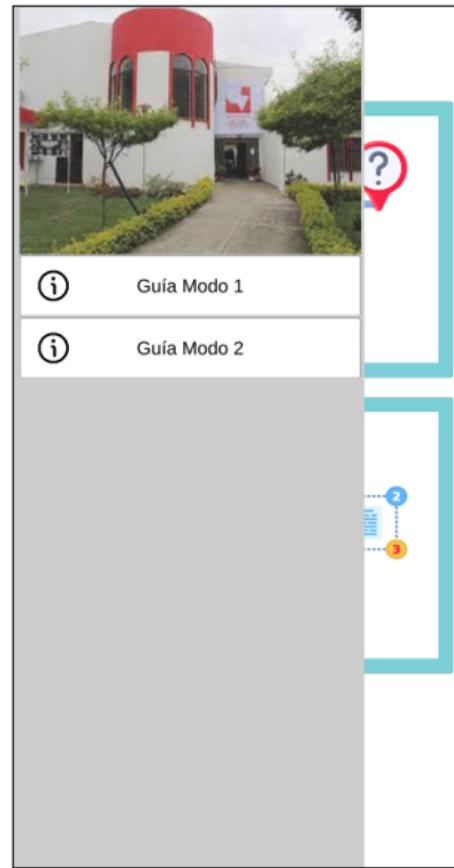


Figura 3.4: Menú panel de opciones  
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.5: Guía modo 1  
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.6: Guía modo 2

Fuente: Elaboración propia

La interfaz para el modo uno se diseñó con la intención de no obstruir la realidad aumentada y sea más cómoda la visión de esta para el usuario. La lista de lugares se organizó en una lista seleccionable, la cual ocupa menos espacio en la interfaz y ayuda a que el usuario identifique de forma rápida los lugares a los que se puede dirigir. Para las opciones dentro de este modo se optó por iconos con un aspecto intuitivo. Por último, se quiso implementar un mini mapa el cual mostrara y ayudara en la orientación del usuario.

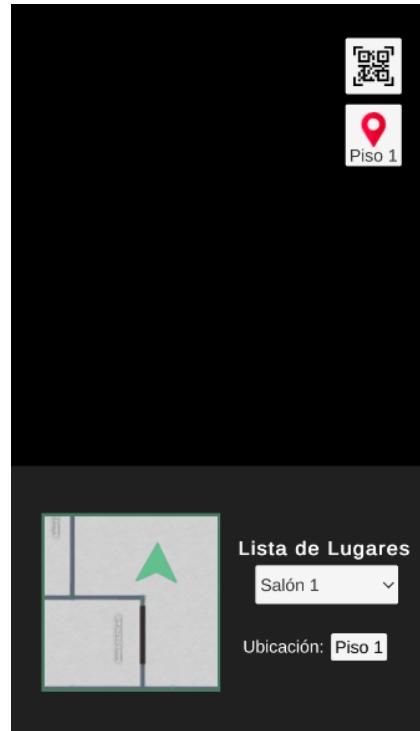


Figura 3.7: Interfaz de modo 1

Fuente: Elaboración propia

En el modo 2 se diseña una interfaz llamativa y colorida con un panel donde se muestran los puntos representados con monedad y las recompensas representadas con objetos de comida, los cuales se colorean cuando el usuario lo gane. La pista del lugar a donde se debe dirigir el usuario se presenta en un panel en fondo con transparencia para que así no obstruya la visión con cámara para el usuario.

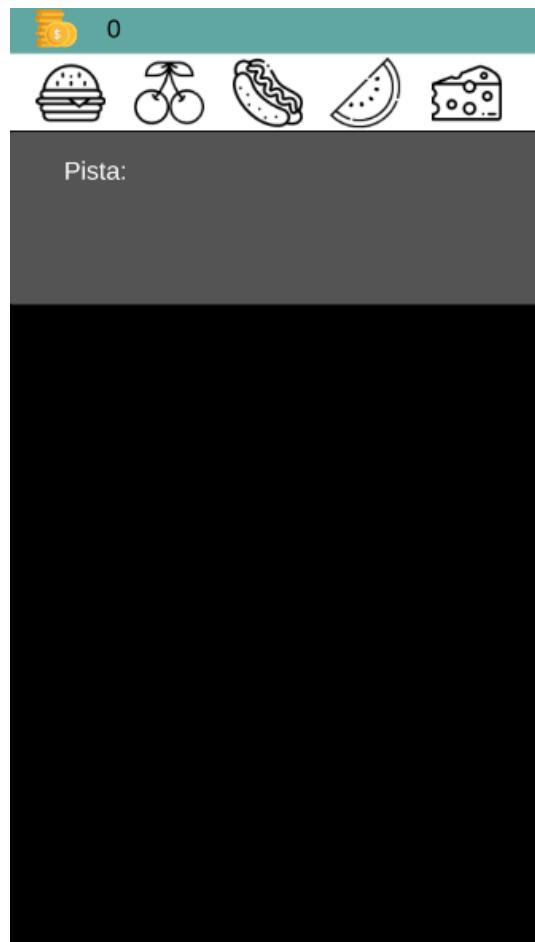


Figura 3.8: Interfaz de modo 2

Fuente: Elaboración propia

La realidad aumentada en la interfaz del modo 2 será el panel de preguntas del juego y se activará con el reconocimiento de la imagen designada para cada lugar, el panel de respuestas se muestra en la interfaz y de igual forma se activará cuando la aplicación haga el reconocimiento de la imagen.

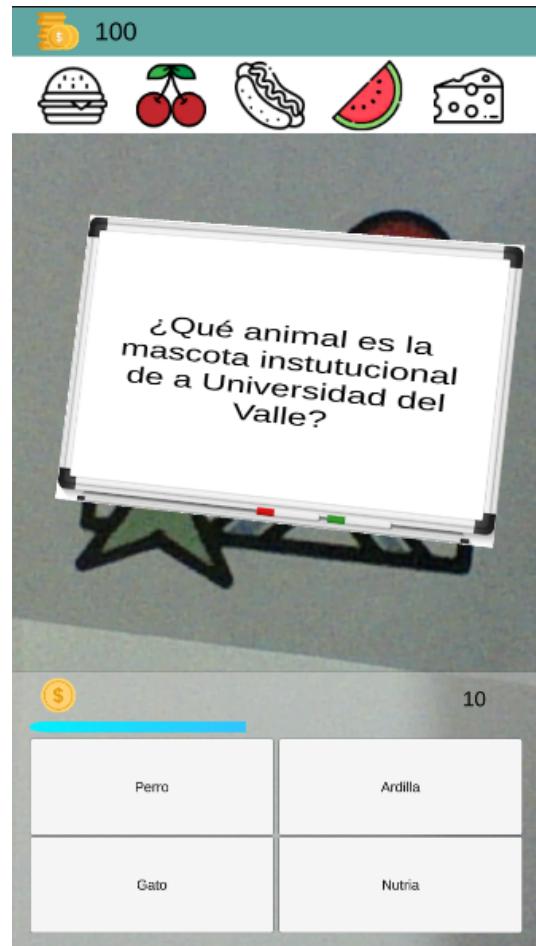


Figura 3.9: Interfaz con reconocimiento de imagen  
Fuente: Elaboración propia

# **Capítulo 4**

## **Implementación**

### **4.1. Introducción al Entorno de Desarrollo**

Unity cuenta con dos ediciones: Personal y Profesional. La edición personal es gratuita e incluye todas las funcionalidades del motor de Unitu. La edición profesional incluye funcionalidades adicionales de soporte (construcción en la nube, herramientas de trabajo en equipo, etc), y es de pago (suscripción de 185 dólares). La versión Personal puede ser utilizada por cualquier usuario o empresa cuyos ingresos anuales recibidos con las aplicaciones que desarrollan con Unity, sean inferiores a los 100.000 dólares.[41]

Con Unity se tiene la posibilidad de exportar a gran cantidad de plataformas, tanto móviles (iOS y Android), como a videoconsolas (PlayStation, Xbox, Nintendo Switch y Google Stadia), a ordenadores (Mac, Windows y Linux) y a web (WebGL).

A continuación, se describen algunas herramientas y elementos necesarios para empezar a trabajar con Unity.

#### **4.1.1. Unity Hub**

El Unity Hub es una aplicación con la cual se puede acceder al ambiente de Unity. A través de esta aplicación se pueden administrar los proyectos, instalar distintas versiones del Editor, activar licencia e instalar componentes complementarios para el desarrollo de proyectos.[42]

#### **4.1.2. Unity Editor**

El Editor de Unity es la plataforma a través de la cual se tiene acceso a todas las herramientas del motor de desarrollo de Unity, con el cual se crean las aplicaciones y juegos en 2D y 3D. Se Puede instalar diferentes versiones del Editor de Unity y usarlas de acuerdo con las necesidades.[42]

El Editor de Unity se puede instalar como una aplicación independiente, lo que significa que el Hub no es un requisito. Sin embargo, no usar el Hub puede causar algunas limitaciones, por ejemplo, no tener una interfaz de usuario para administrar el inicio de sesión de

Unity ID, la activación de licencias y la administración de proyectos.

Dentro del entorno del editor de Unity encontramos diferentes paneles, de los cuales se destacan los siguientes:

- **Project:** Encontramos aquí todos los recursos (assets) que componen nuestro proyecto. Estos recursos pueden ser por ejemplo texturas, clips de audio, scripts, o escenas.
- **Hierarchy:** Está formada por una serie de Game Objects organizados de forma jerárquica. En este panel vemos el árbol de objetos que contiene la escena abierta actualmente. Podemos seleccionar en ella cualquier objeto pulsando sobre su nombre.
- **Scene:** En esta ventana vemos de forma visual los elementos de la escena actual. Podremos movernos libremente por el espacio 3D de la escena para ubicar de forma correcta cada Game Object y tener una previsualización del escenario del juego.
- **Inspector:** Muestra las propiedades y componentes del Game Object o el Asset seleccionado en el entorno.

#### 4.1.3. Assets

Un Asset es la representación de cualquier elemento que se puede utilizar en un juego o proyecto. Un Asset puede provenir de un archivo creado fuera de Unity, como un modelo 3D, un archivo de audio, una imagen o cualquiera de los otros tipos de archivo que admite Unity. También hay algunos tipos de Assets que se pueden crear dentro de Unity, como un controlador de animador, un mezclador de audio o una textura de renderizado. Los Assets se estructuran en una jerarquía de carpetas en función del tipo de objeto al que esté orientada su aplicación.[43]

#### 4.1.4. Packages

Son un conjunto de assets o librerías, preparadas para su perfecta importación a un proyecto. Estos, amplían las posibilidades de creación del proyecto, llegando a integrar nuevas funcionalidades y combinando en muchos casos elementos visuales con ficheros de comportamiento.[43] En este caso, se han importado algunos packages ya preparados como: Vuforia y AR Foundation.

#### 4.1.5. Escenas

Las escenas contienen los entornos y menús de su juego. Un proyecto, puede estar formado por una o varias escenas según su tamaño y estructuración. En cada escena, se pueden colocar entornos, obstáculos y decoraciones, lo que hace que se esté diseñando y construyendo el juego en pedazos. La función de una escena es guardar toda la organización y configuración de los elementos que contiene, estableciendo un bloque independiente y consolidado del juego a desarrollar. Este bloque debe ser capaz de comunicarse con el resto de las escenas, permitiendo una transición o cambio lógico entre ellas.[43]

#### 4.1.6. Script

Son los ficheros de código que contienen por lo general, la lógica de la aplicación o el proyecto. Están escritos en lenguaje de programación C y se estructuran de forma modular en funciones. Estos scripts, en su mayoría, incluyen a su vez ficheros o cabeceras preparadas por Unity, que ofrecen la posibilidad de hacer referencia a todos los elementos y clases que integran el motor. Todos los scripts de Unity, por defecto, heredan de una clase llamada “MonoBehaviour”, que contiene las rutinas básicas de ejecución. Sin embargo, estos pueden ser modificados para empezar a depender de otras clases o scripts.[43]

#### 4.1.7. GameObject

El GameObject es el concepto más importante en el Editor de Unity. Los GameObjects son objetos fundamentales en Unity que representan personajes, props, y el escenario. Estos no logran nada por sí mismos, pero funcionan como contenedoras para Components, que implementan la verdadera funcionalidad.[43]

#### 4.1.8. Componentes

Los Componentes son las tuercas y tornillos de los objetos y comportamientos de un juego. Son las piezas funcionales de cada GameObject. Un GameObject es un contenedor para muchos Components distintos. Por defecto, todos los GameObjects automáticamente tienen un Transform Component. Esto es porque el Transform dicta dónde el GameObject está ubicado, y cómo es girado y escalado. Sin un Transform Component, el GameObject no tendría lugar en el mundo.[43]

#### 4.1.9. Prefabs

El sistema Prefab de Unity te permite crear, configurar y almacenar un GameObject completo con todos sus componentes, valores de propiedad y GameObjects secundarios como un activo reutilizable. El activo de Prefab actúa como una plantilla a partir de la cual puede crear nuevas instancias de Prefab en la escena.[43]

#### 4.1.10. Image Target

Los Image Target representan imágenes que Vuforia Engine puede detectar y rastrear. El motor detecta y rastrea la imagen comparando las características naturales extraídas de la imagen de la cámara con una base de datos de recursos de destino conocida. Una vez que se detecta el objetivo de la imagen, Vuforia Engine rastreará la imagen y aumentará su contenido sin problemas utilizando la mejor tecnología de seguimiento de imágenes del mercado.[21]

## 4.2. Configuración del Entorno de Desarrollo

Para empezar a trabajar en Unity es necesario revisar que el equipo cuente con los requisitos mínimos necesarios de sistema.[43]

Tabla 4.1: Requisitos del sistema para Unity Editor

Requerimientos mínimos	Windows	macOS	Linux
Versión del sistema operativo	Windows 7 (SP1+), Windows 10 y Windows 11, solo versiones de 64 bits.	High Sierra 10.13+ (editor de Intel) Big Sur 11.0 (editor de silicio de Apple)	Ubuntu 20.04, Ubuntu 18.04 y CentOS 7
CPU	Arquitectura X64 con soporte para conjunto de instrucciones SSE2	Arquitectura X64 compatible con conjunto de instrucciones SSE2 (procesadores Intel). Apple M1 o superior (procesadores basados en silicio de Apple)	Arquitectura X64 con soporte para conjunto de instrucciones SSE2
API de gráficos	GPU compatibles con DX10, DX11 y DX12	GPU Intel y AMD compatibles con metal	GPU Nvidia y AMD compatibles con OpenGL 3.2+ o Vulkan.
Requerimientos adicionales	Controladores admitidos oficialmente por el proveedor de hardware	Controladores admitidos oficialmente por Apple (procesador Intel). Se requiere Rosetta 2 para los dispositivos de silicio de Apple que se ejecutan en las versiones de silicio de Apple o Intel de Unity Editor.	El entorno de escritorio Gnome se ejecuta sobre el sistema de ventanas X11, el controlador de gráficos patentado oficial de Nvidia o el controlador de gráficos AMD Mesa. Otra configuración y entorno de usuario según el stock proporcionado con la distribución compatible (Kernel, Compositor, etc.)

Una vez confirmado que el equipo cumple con los requisitos para trabajar con Unity, se procede a descargar Unity Hub y Unity Editor

1. **Instalar de Unity Hub:** Para instalar Unity Hub, visite el sitio web de Unity (<https://unity.com/es/download>). Descargar la plataforma en la versión para el sistema operativo de preferencia, está disponible para Windows, Mac y Linux.
2. **Instalar de Unity Editor:** Para instalar y usar Unity Editor, se debe tener una cuenta de Unity Developer Network (UDN) e iniciar sesión para continuar con la instalación. En Unity Hub en la sección Installs, se muestran las versiones de Unity Editor que tenemos instaladas y con Install Editor se pueden instalar y añadir nuevas versiones.

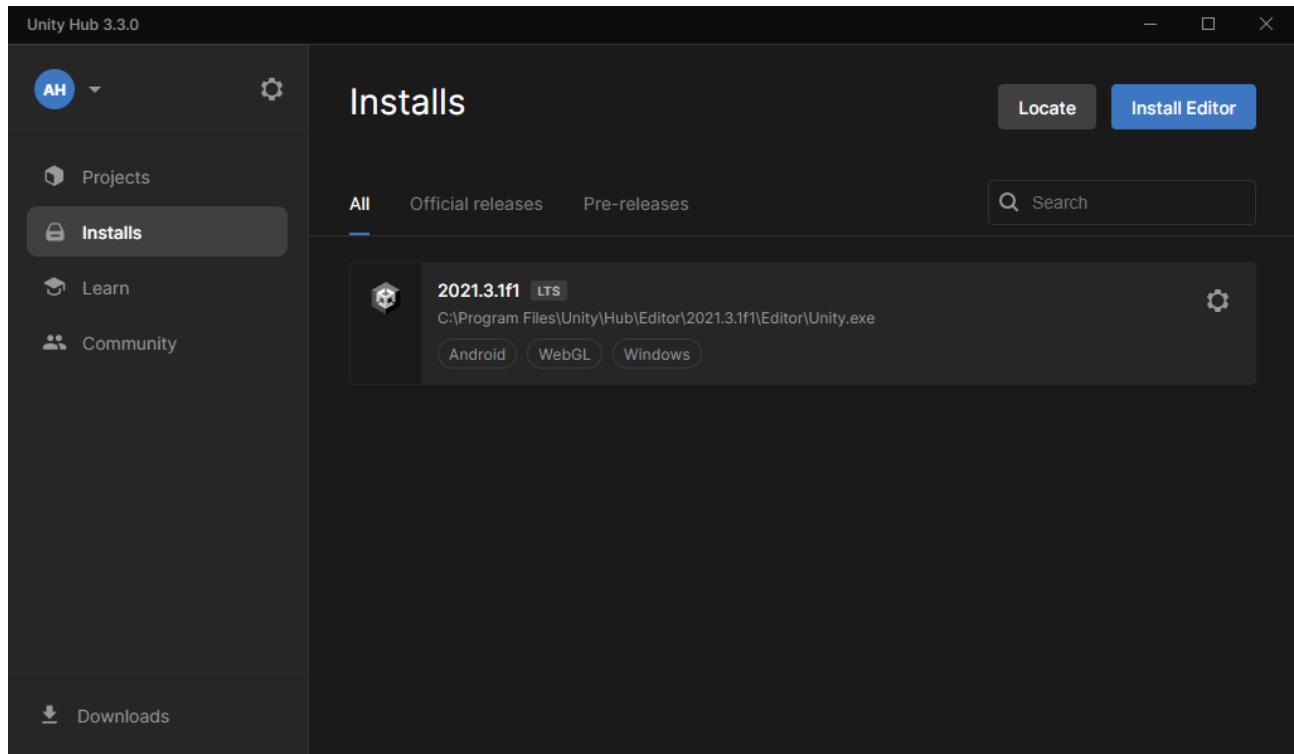


Figura 4.1: Sección Installs en Unity Hub

Fuente: Elaboración propia

Al instalar la versión se deben añadir módulos los cuales extienden las funcionalidades de Unity. En este caso se instalaron los módulos de Visual Studio y el soporte integrado de Android.

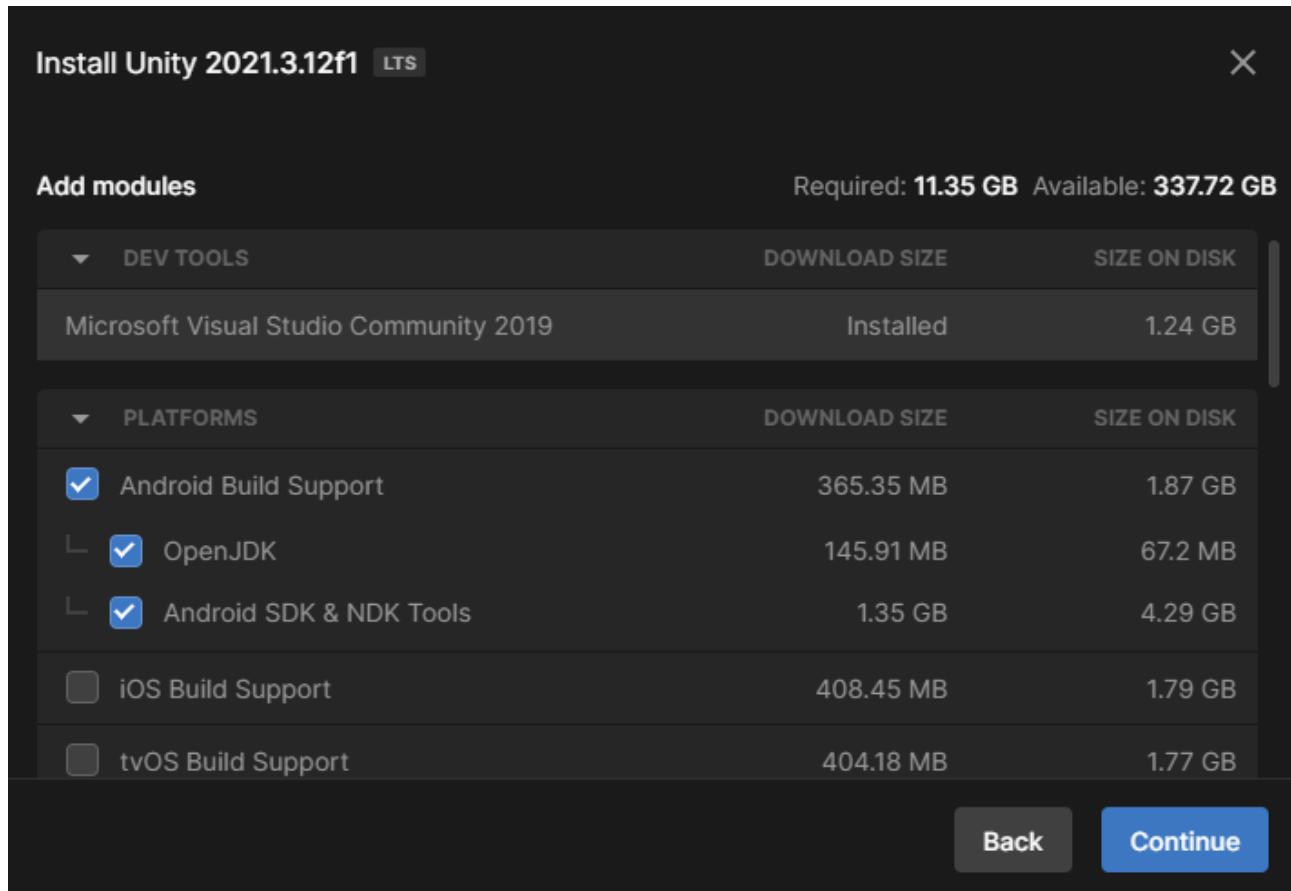


Figura 4.2: Ventana de añadir modulos

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.1. Configuración del Proyecto

Para empezar con el desarrollo de la aplicación, antes se configura el proyecto en Unity Editor cambiando la plataforma a Android, en File > Build Settings.

Luego se procede al ajuste de las opciones para Android como la resolución de pantalla, los gráficos y la versión o nivel mínimo de la API, en Edit > Project > Settings Player. Los ajustes para esta aplicación quedan como se muestra en las siguientes imágenes.

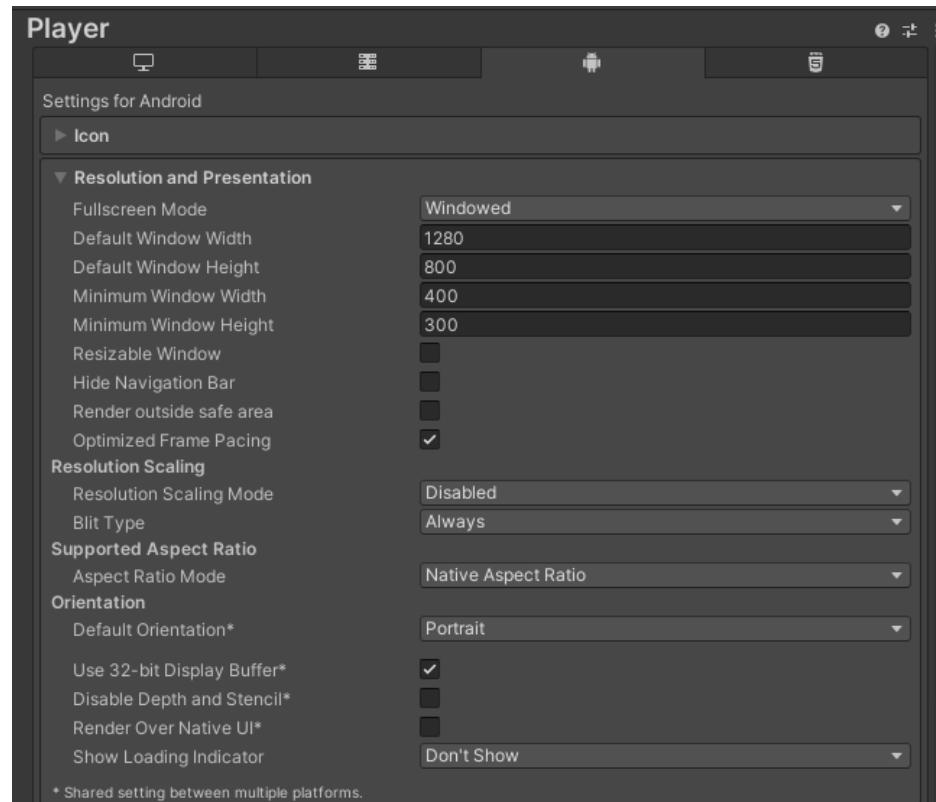


Figura 4.3: Ajustes de Resolución y Presentación

Fuente: Elaboración propia

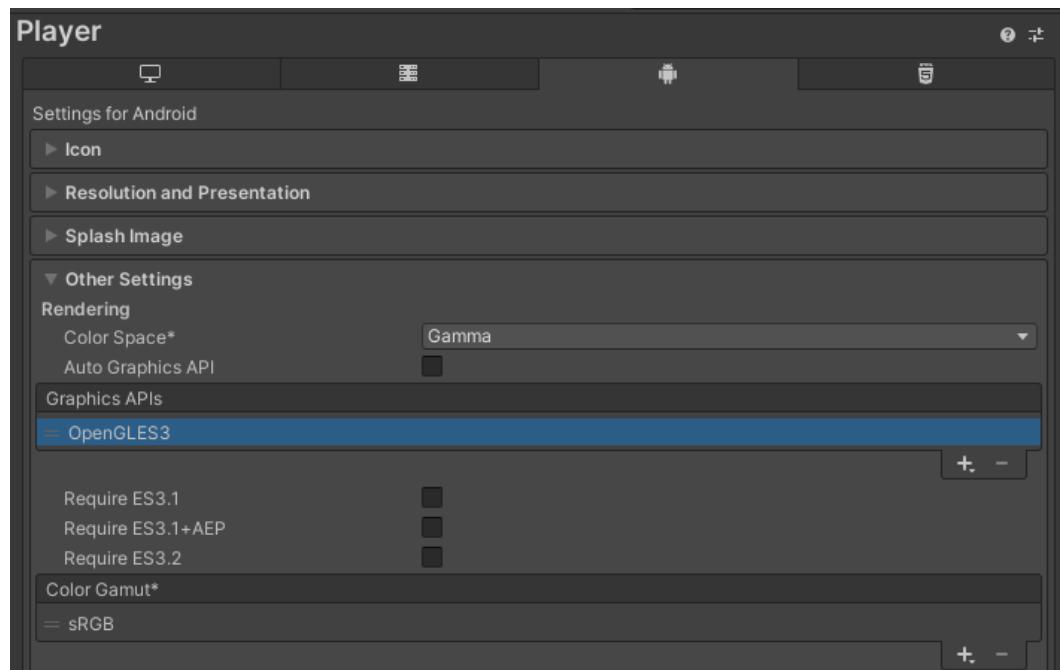


Figura 4.4: Ajustes de Renderización

Fuente: Elaboración propia

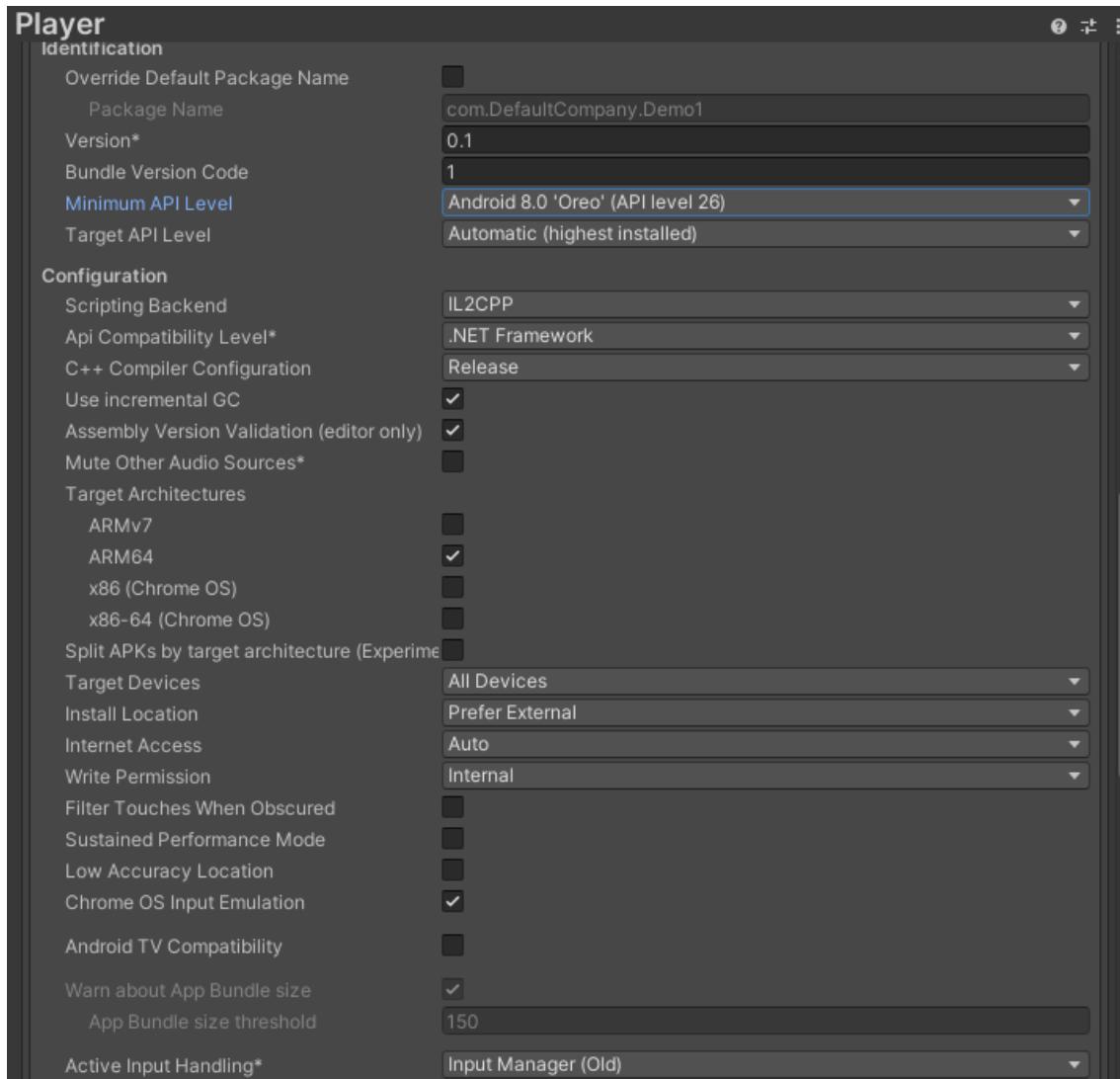


Figura 4.5: Ajustes de Identificación y Configuración  
Fuente: Elaboración propia

Para la creación de realidad aumentada se integran las herramientas necesarias al proyecto, las cuales son Vuforia y AR Foundation, que es el marco de trabajo de realidad aumentada de Unity.

#### 4.2.2. Integración de AR Foundation

Para usar AR Foundation, también se debe instalar al menos un complemento de proveedor. Un complemento de proveedor es un paquete separado que contiene implementaciones de funciones de AR Foundation para una plataforma determinada. Para este caso se instaló el administrador de complementos XR en Edit > Project Settings > XR Plug-in Management y se seleccionó el complemento AR Core.

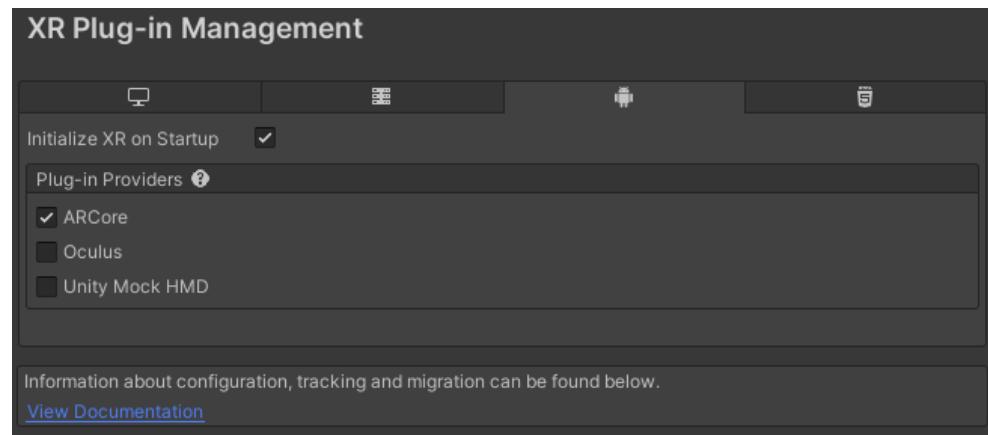


Figura 4.6: Ventana de Administrador de complementos XR  
Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso fue abrir el administrador de paquetes e instala AR Foundation, en la sección Windows > Package Manager > Unity Registry

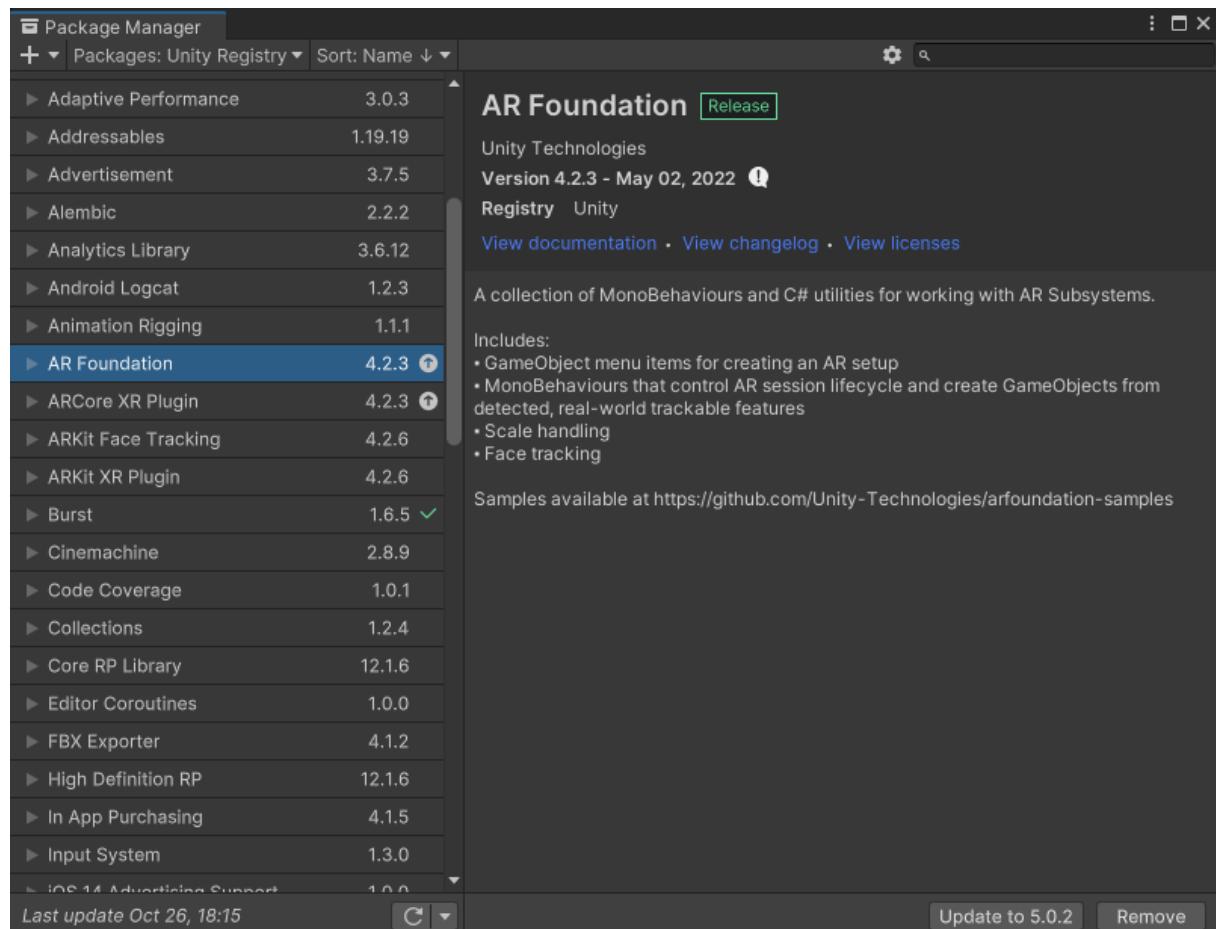


Figura 4.7: Ventana Administrador de paquetes  
Fuente: Elaboración propia

Después de instalar AR Foundation se configura la escena para empezar a crear la experiencia. Con AR Foundation hay dos GameObjects necesarios para tener en la escena que son AR Session y AR Session Origin los cuales se añaden haciendo click derecho en la ventana jerarquía y seleccionando XR > AR Session Origin y XR > AR Session.

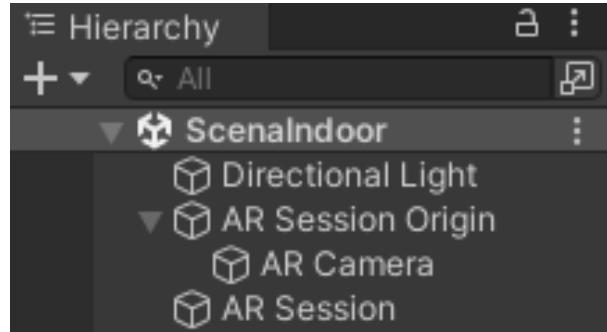


Figura 4.8: Ventana Jerarquía con AR Session y AR Session Origin  
Fuente: Elaboración propia

El componente AR Session controla el ciclo de vida y las opciones de configuración de una experiencia en Realidad aumentada, habilitando o deshabilitando la realidad aumentada en la plataforma de destino. El propósito de AR Session Origin es transformar características rastreables, como superficies planas y puntos característicos, en su posición, orientación y escala finales en la escena de con respecto al espacio mundo.[44]

#### 4.2.3. Integración de Vuforia

Lo primero que se debe hacer para trabajar con Vuforia es registrarnos en su página web (<https://developer.vuforia.com/>). Una vez registrados debemos ir a la sección Downloads para descargar el SDK, que en este caso es la versión para Unity. Al descargar el SDK nos encontramos un paquete que se debe importar en el proyecto mediante la opción en Unity Editor, Assets > Import Package > Custom Package, buscar y seleccionar el archivo, o simplemente hacer doble click sobre el paquete y se importará en el proyecto si se tiene abierto en ese momento.

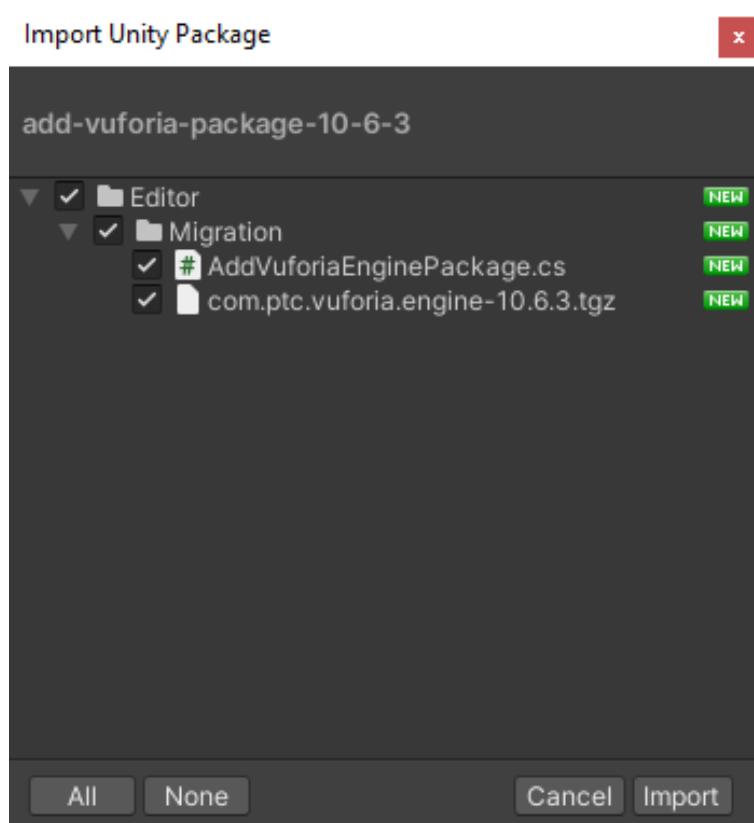


Figura 4.9: Ventana de importar paquete en Unity  
Fuente: Elaboración propia

Vuforia requiere de una licencia la cual se obtiene en el portal de desarrollador de Vuforia. En el apartado License Manager, dentro del portal de desarrollador de Vuforia Engine, se selecciona el tipo de licencia a usar, en este caso se usó la licencia básica ya que es gratis, luego se nombra la licencia y se aceptan los términos y condiciones.

El siguiente paso es abrir y copiar la llave de la licencia creada para agregarla al proyecto en Unity. Para agregar esta llave a Unity, nos dirigimos a Unity Editor a la configuración de Vuforia en Windows > Vuforia Configuration, pegamos la llave en el apartado App License Key y añadimos la licencia.

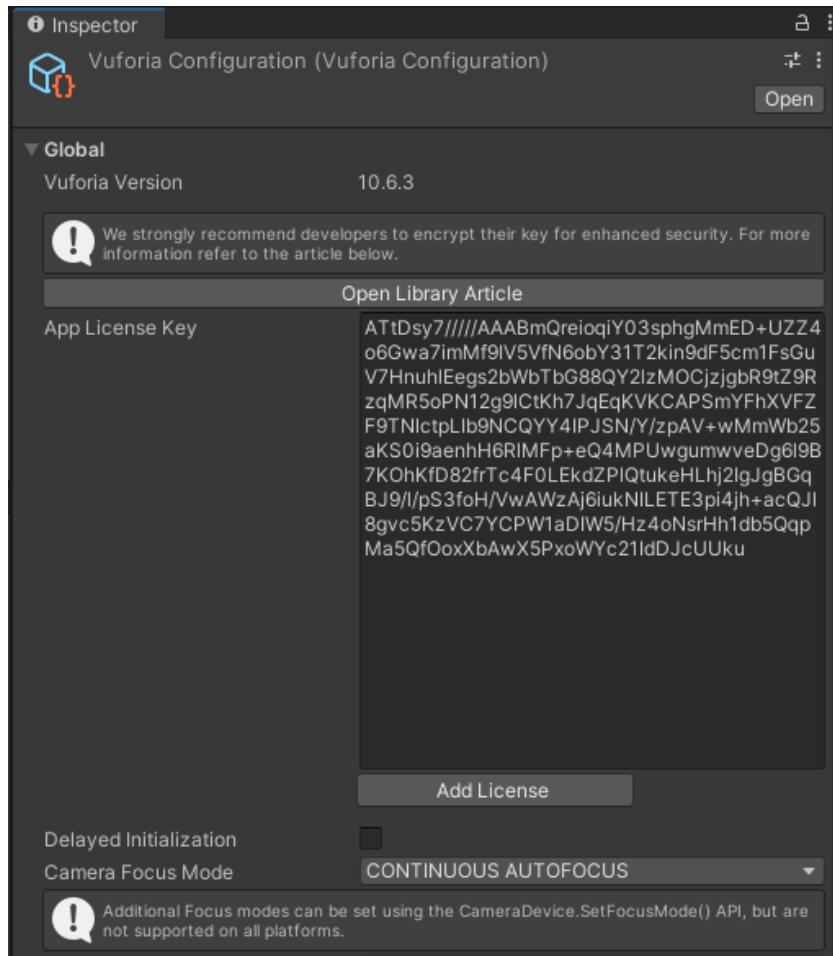


Figura 4.10: Añadir Licencia de Vuforia en Unity

Fuente: Elaboración propia

Con la de configurar Vuforia en Unity, se procede a añadir los componentes en la escena para la realidad aumentada. Se comienza añadiendo el GameObject de AR Camera de Vuforia haciendo click derecho en la ventana jerarquía y seleccionando Vuforia Engine > AR Camera. En este caso como se utiliza Vuforia para el reconocimiento de imágenes se debe añadir el componente de Vuforia Image Target, que se añade seleccionando Vuforia Engine > Image Target.

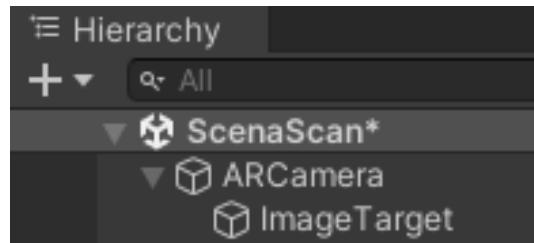


Figura 4.11: Ventana Jerarquía con AR Camera y Image Target

Fuente: Elaboración propia

En el portal de desarrollador de Vuforia, en la sección Target Manager, se crea una base de datos en donde se cargan las imágenes correspondientes a los marcadores, que son procesadas por Vuforia para generar datos y representaciones visuales de las características del objetivo. Luego se descarga esta base de datos para Unity Editor y se importa el paquete en el proyecto. Con esta base de datos se empieza a desarrollar la experiencia de realidad aumentada sobre las imágenes, referenciando en los componentes de los Image Target la base de datos y la imagen. Para cada imagen o marcador se debe crear un nuevo GameObject de Image Target.

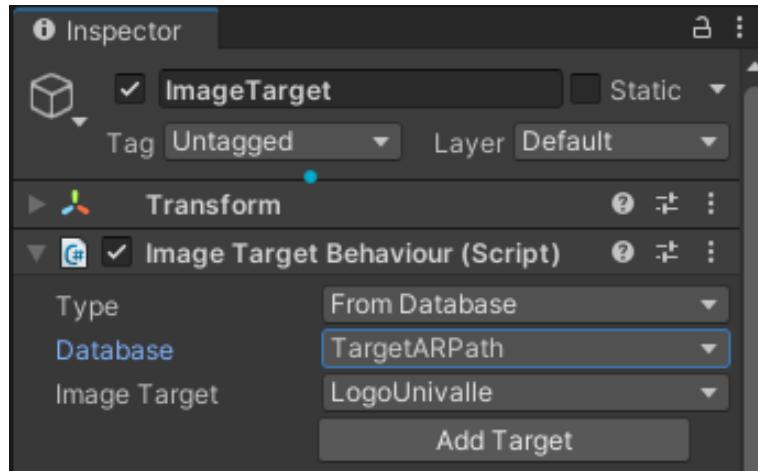


Figura 4.12: Componente Behaviour de Image Target

Fuente: Elaboración propia

## 4.3. Desarrollo del Proyecto

La estructura del proyecto en Unity está compuesta por elementos y archivos, necesarios para el funcionamiento del proyecto, creados en la sección Assets de Unity Editor. Estos elementos fueron organizados por tipo de objeto o función para la fácil localización y optimización del proceso de desarrollo.

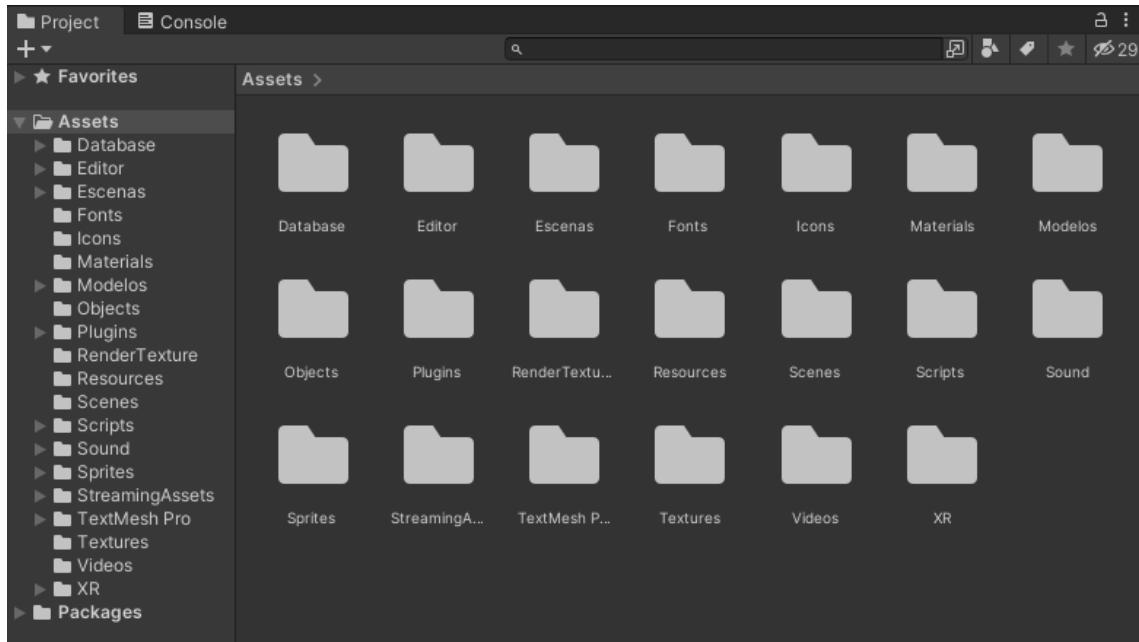


Figura 4.13: Assets del Proyecto en Unity

Fuente: Elaboración propia

El proyecto en Unity se dividió en tres escenas que corresponden a el menú principal, el modo 1 de navegación y el modo 2 de juego, esto con el fin de llevar un orden y facilitar el proceso de desarrollo, así evitar posibles confusiones e interferencias entre las funcionalidades del proyecto. A Cada escena le pertenecen elementos, como por ejemplo Scripts y Sprites, organizados y nombrados por tipo de objeto en carpetas individuales en el Assets del proyecto.

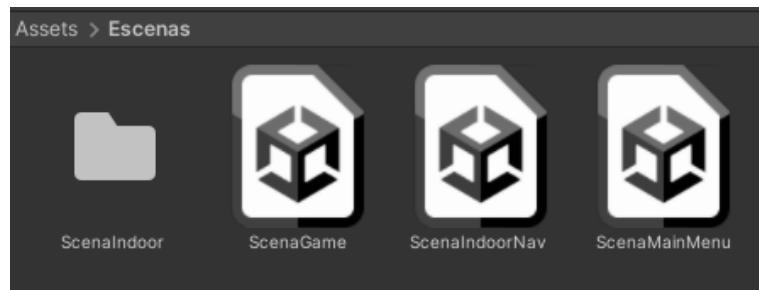


Figura 4.14: Escenas del Proyecto en Unity

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.1. Escena Main Menu

Es la escena donde se construye la interfaz del menú de inicio de la aplicación. La jerarquía de esta escena está compuesta por GameObject de UI como paneles, botones e imágenes. Lo componen cuatro Scripts los cuales dan funcionalidad a elementos de la interfaz.

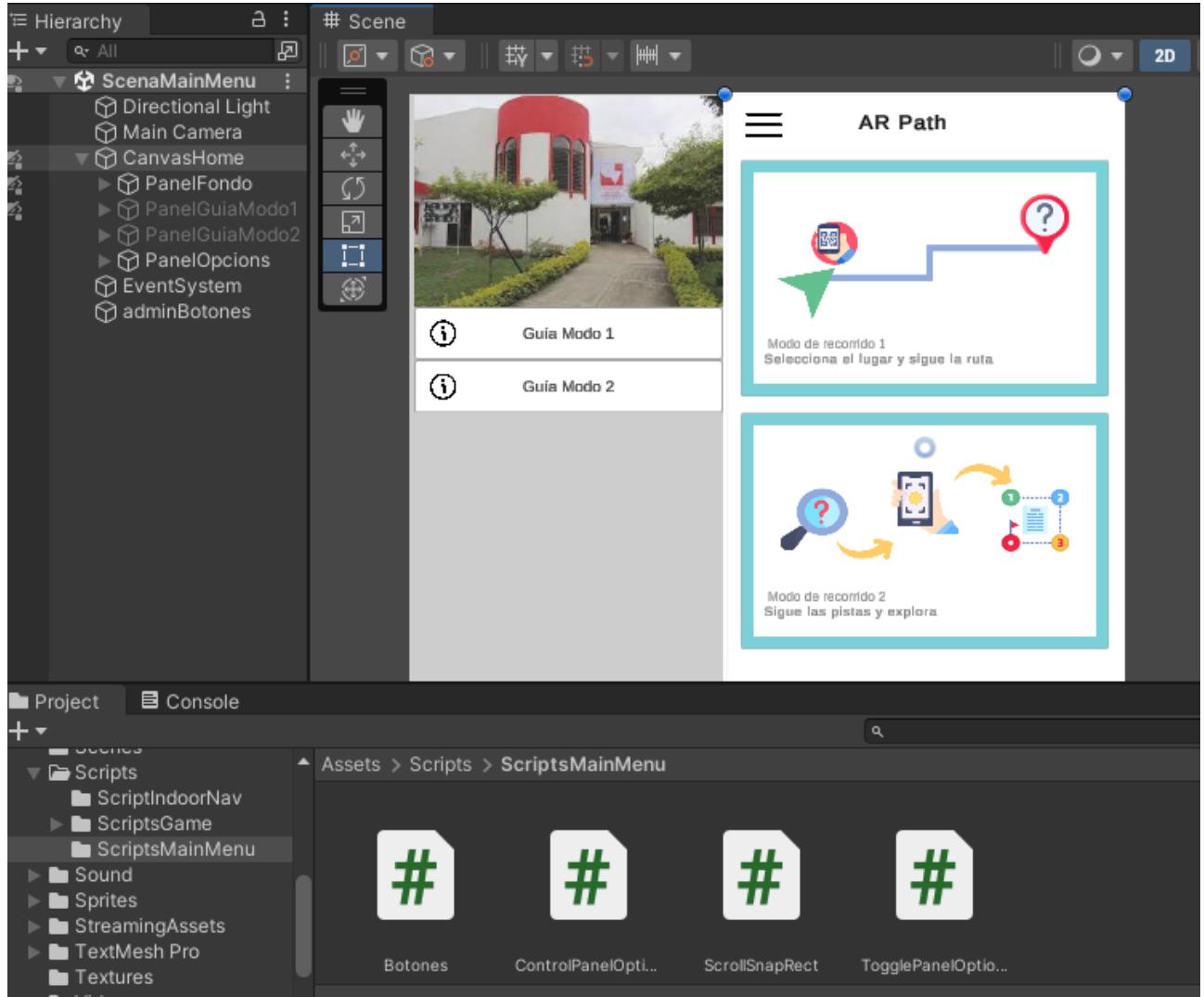


Figura 4.15: Escena MainMenu

Fuente: Elaboración propia

El siguiente fragmento de código pertenece al Script Botones, el cual se encarga de dar funcionalidad a los paneles de modo 1 y modo 2, para que al seleccionar cambie a la escena correspondiente.

```
1  using System.Collections;
2  using System.Collections.Generic;
3  using UnityEngine;
4  using UnityEngine.SceneManagement;
5
6  public class Botones : MonoBehaviour{
7
8
9      //Modo 1
10     public void escenaIndoor()
11     {
12         SceneManager.LoadScene(1);
13     }
14
15     //Modo 2
16     public void escenaVuforia() {
17
18         SceneManager.LoadScene(2);
19     }
20
21     public void salir()
22     {
23         UnityEngine.Application.Quit();
24     }
25
26 }
```

Figura 4.16: Código del Script Botones

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2. Escena Indoor Nav

Es la escena donde se implementa la ubicación en interiores con AR Foundation. En esta escena se modelaron los planos del primer y segundo piso de la universidad con materiales de oclusión, estos modelados representan el ambiente de juego en Unity. Luego sobre este ambiente se construyó una malla de navegación la cual permite crear un sistema de navegación en el mundo del juego, describe las superficies caminables y permite encontrar el camino de una ubicación caminable a otra. Este sistema de navegación se sobreponen en el espacio mundo con la implementación de funcionalidades de AR Foundation.

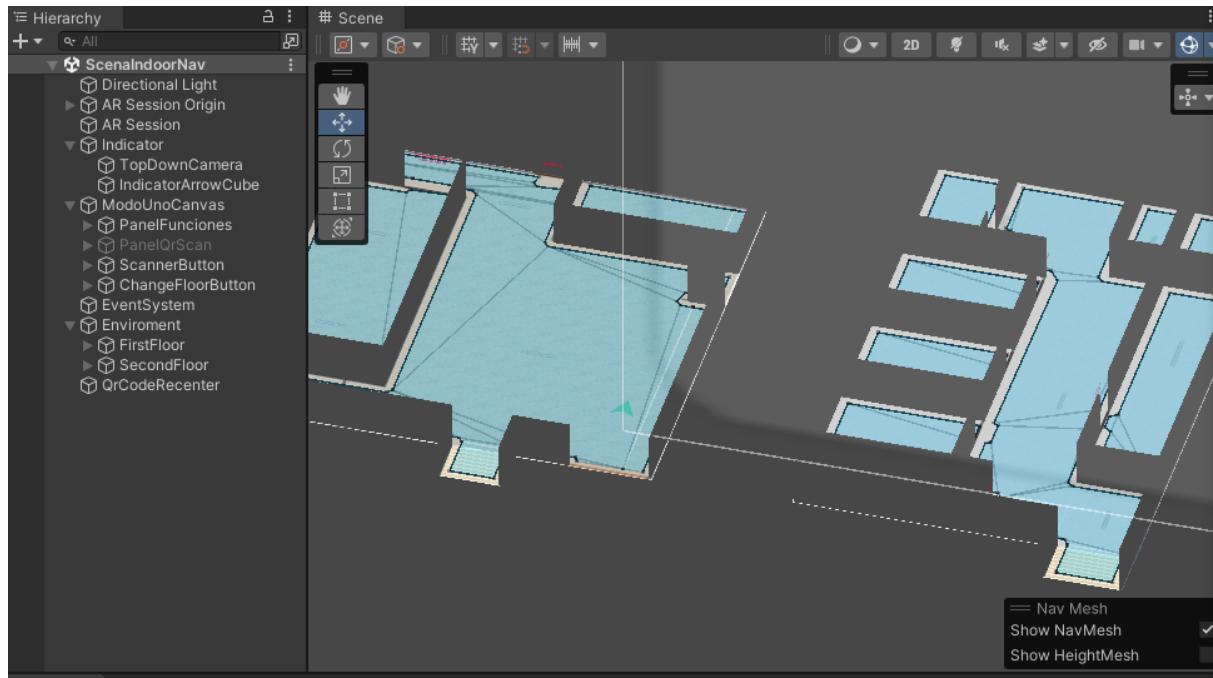


Figura 4.17: Escena IndoorNav  
Fuente: Elaboración propia



Figura 4.18: Scripts de IndoorNav  
Fuente: Elaboración propia

El siguiente fragmento de código pertenece al Script SetNavigationTarget, calcula una ruta entre dos puntos y almacena la ruta resultante, luego la asigna al componente line (LineRenderer) para activar y mostrar la ruta.

- transform.position: Es la posición inicial de la ruta solicitada.
- targetPosition: Es la posición final de la ruta solicitada.
- NavMesh.AllAreas: Una máscara de campo de bits que especifica qué áreas de NavMesh se pueden pasar al calcular una ruta.
- path: El camino resultante.

```

7  public class SetNavigationTarget : MonoBehaviour
8  {
9
10     [SerializeField]
11     private TMP_Dropdown navigationTargetDropDown;
12     [SerializeField]
13     private TMP_Text ubicacionText;
14     private QrCodeRecenter qrCodeRecenter;
15     [SerializeField]
16     private List<Target> navigationTargetObjects = new List<Target>();
17     private string selectedText = "";
18
19     private NavMeshPath path;
20     private LineRenderer line;
21     private Vector3 targetPosition = Vector3.zero;
22     private Target currentTarget;
23     private bool lineToggle = true;
24
25     private void Start()...
26
27     private void Update()
28     {
29         if (lineToggle && targetPosition != Vector3.zero)
30         {
31             NavMesh.CalculatePath(transform.position, targetPosition, NavMesh.AllAreas, path);
32             line.positionCount = path.corners.Length;
33             line.SetPositions(path.corners);
34         }
35     }
36     public void ToogleVisibility()
37     {
38         line.enabled = lineToggle;
39     }
40
41 }
```

Figura 4.19: Fragmento de código del Script SetNavigationTarget

Fuente: Elaboración propia

El siguiente fragmento de código pertenece al Script QrCodeRecenter, que recibe la información del escaneo del código QR para actualizar la posición.

```

public void SetQrCodeRecenterTarget(string targetText)
{
    //Position
    Target currentTarget = navigationTargetObjects.Find(x => x.Name.ToLower().Equals(targetText.ToLower()));
    if (currentTarget != null)
    {
        // Reset position and rotation of ARSession
        session.Reset();

        // Add offset for recentering
        sessionOrigin.transform.position = currentTarget.PositionObject.transform.position;
        sessionOrigin.transform.rotation = currentTarget.PositionObject.transform.rotation;
    }
}
```

Figura 4.20: Fragmento de código del Script QrCodeRecenter

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.3. Escena Game

Es la escena donde se implementa el juego tipo yincana, con pistas y preguntas para que los estudiantes se diviertan mientras exploran los espacios físicos de la universidad. La jerarquía de esta escena está compuesta por Images Target, Prefabs, Objetos 3D, entre otros.

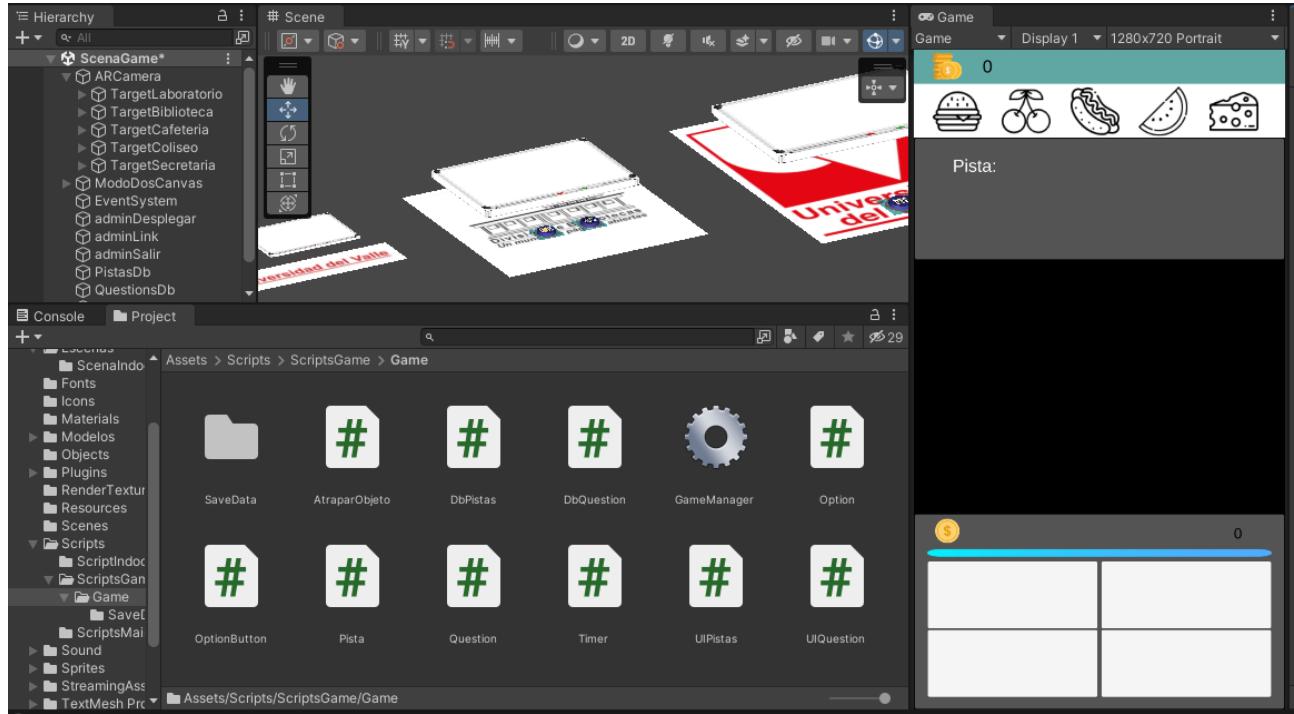


Figura 4.21: Escena Game  
Fuente: Elaboración propia

Se utilizaron Prefabs como elementos para almacenar las preguntas y pistas del juego, ya que estos elementos facilitan el guardado de componentes. Se creó un Script para simular una base de datos, donde se almacenan los Prefabs en forma de lista, lo que facilita el manejo para mostrar aleatoriamente las pistas y preguntas.

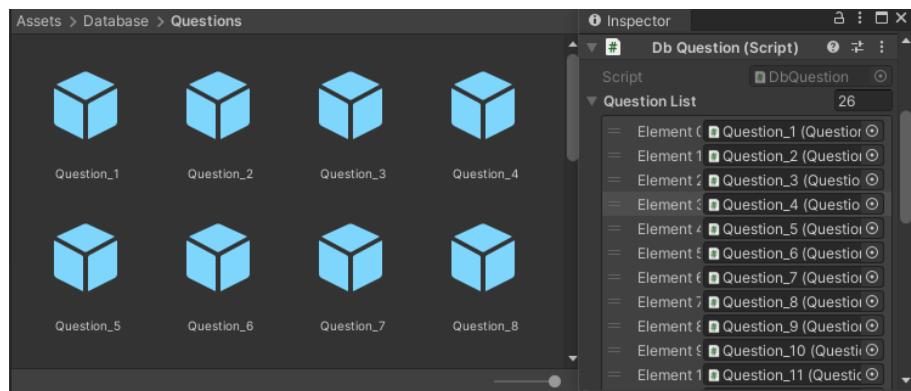


Figura 4.22: Prefabs de Preguntas  
Fuente: Elaboración propia

El siguiente código pertenece al Script DbQuestion, funciona como una base de datos, la cual contiene dos listas para almacenar las preguntas del juego con su respectiva respuesta, a la vez se emplea para manejar y mostrar las preguntas de forma aleatoria.

```
8  public class DbQuestion : MonoBehaviour
9  {
10     [SerializeField]
11     private List<Question> questionList = null;
12     private List<Question> m_backup = null;
13
14     private void Awake()
15     {
16         m_backup = questionList.ToList();
17     }
18
19     public Question GetRandom(bool remove = true)
20     {
21         if(questionList.Count == 0)
22             RestoreBackup();
23
24         int index = Random.Range(0, questionList.Count);
25
26         if (!remove)
27             return questionList[index];
28
29         Question q = questionList[index];
30         questionList.RemoveAt(index);
31
32         return q;
33     }
34
35     private void RestoreBackup()
36     {
37         questionList = m_backup.ToList();
38     }
39 }
40 }
```

Figura 4.23: Código del Script DbQuestion

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el código del Script PersistentScriptableObject para almacenar los datos del juego. Se usa un archivo Json para guardar los puntos y recompensas ganadas por el usuario en el juego.

```
1  using System.IO;
2  using System.Runtime.Serialization.Formatters.Binary;
3  using UnityEngine;
4
5  public abstract class PersistentScriptableObject : ScriptableObject
6  {
7      public void Save(string fileName = null)
8      {
9          var bf = new BinaryFormatter();
10         var file = File.Create(GethPath(fileName));
11         var json = JsonUtility.ToJson(this);
12
13         bf.Serialize(file, json);
14         file.Close();
15     }
16
17     public virtual void Load(string fileName = null)
18     {
19         if (File.Exists(GethPath(fileName)))
20         {
21             var bf = new BinaryFormatter();
22             var file = File.Open(GethPath(fileName), FileMode.Open);
23
24             JsonUtility.FromJsonOverwrite((string)bf.Deserialize(file), this);
25             file.Close();
26         }
27     }
28
29     private string GethPath(string fileName = null)
30     {
31         var fullFileName = string.IsNullOrEmpty(fileName) ? name : fileName;
32         return string.Format("{0}/{1}.pso", Application.persistentDataPath, fullFileName);
33     }
34 }
```

Figura 4.24: Código del Script PersistentScriptableObject

Fuente: Elaboración propia

# **Capítulo 5**

## **Pruebas y Resultados**

### **5.1. Pruebas**

Durante la fase de desarrollo se ejecutaron pruebas múltiples y constantes, esto con el propósito de verificar el correcto funcionamiento de cada avance en la construcción de AR Path. Se realizaron pruebas para rectificar y mejorar el posicionamiento tanto del usuario como de los objetos en la interfaz y la visión de realidad aumentada en la aplicación.

Al completar la fase de desarrollo se realizaron pruebas de campo con estudiantes en la sede Villa Campestre Tuluá, con el fin de confirmar la usabilidad de la aplicación móvil, además de comprobar su funcionamiento y compatibilidad con diferentes versiones Android y modelos de celular.

Los participantes de la prueba fueron 24 estudiantes, de los cuales 10 eran de primer semestre, específicamente de ingeniería de sistemas, y el resto de distintos semestres y carreras. Se distribuyeron los códigos QR correspondientes al modo de navegación uno, para la actualización de posición de los usuarios por diferentes espacios de la universidad, de igual forma las imágenes/marcadores que activan la realidad aumentada en los respectivos lugares incluidos en el modo dos de juego.

Para facilitar la descarga de la apk de AR Path, se implementó un código QR el cual al escanear dirige a una carpeta publica en Google Drive en la cual los estudiantes pudieron descargar e instalar la aplicación móvil.

A continuación, se muestran las evidencias fotográficas de los estudiantes participantes en la prueba, usando la aplicación móvil AR Path.

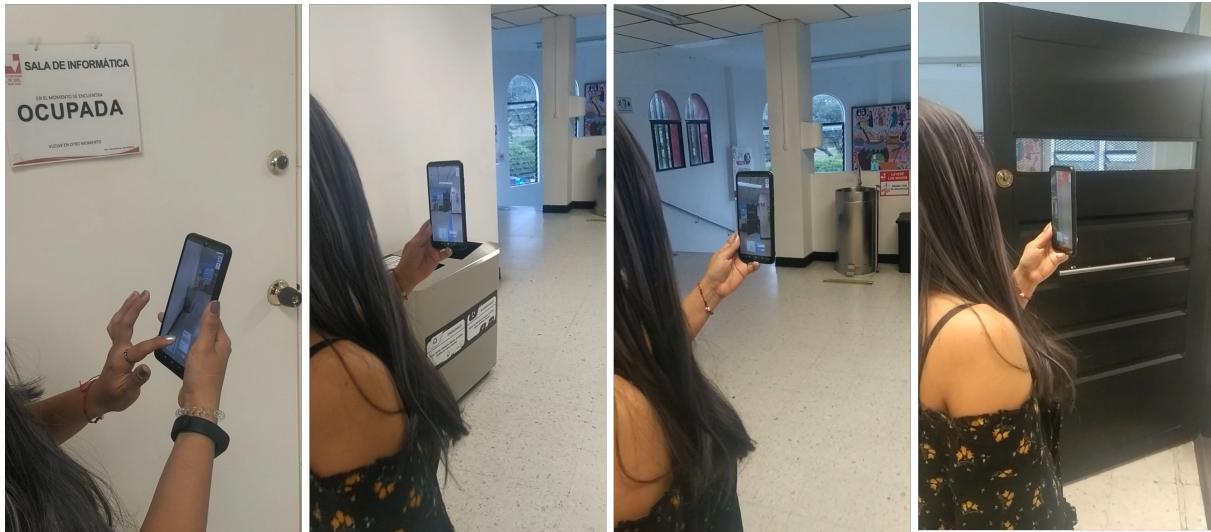


Figura 5.1: Prueba con usuario. Modo 1: navegación interior  
Fuente: Elaboración propia



Figura 5.2: Prueba con usuario. Modo 2: Juego  
Fuente: Elaboración propia

## 5.2. Resultados

Después de realizar las pruebas con usuarios de la aplicación móvil con los estudiantes en la sede Villa Campestre de la Universidad del Valle Tuluá, donde se demostró la funcionalidad en el recorrido y ubicación por la universidad haciendo uso de la realidad aumentada, se concluye que dichas pruebas fueron satisfactorias. A continuación, se muestran los resultados de la prueba que tienen como finalidad confirmar la usabilidad de la aplicación móvil.

La prueba de usabilidad se realizó con el modelo llamado mGQM (mobile Goal Question Metric), propuesto por Hussain en 2012. Este modelo propone un conjunto de métricas tanto objetivas y subjetivas, para evaluar la usabilidad de las aplicaciones móviles, las cuales tienen un factor de ajuste de 0.45 y 0.55 respectivamente, ya que para el autor las métricas subjetivas pueden ser más importantes que las objetivas, puesto que la calificación de un usuario no experto es subjetiva y esa opinión podría afectar la calificación de otros usuarios. [45]

### 5.2.1. Métricas Objetivas

- **Tiempo de Instalación:** esta métrica mide el tiempo empleado de la aplicación para instalar en el dispositivo móvil.
- **Tiempo de aprendizaje:** este indicador mide el tiempo empleado por los usuarios para aprender a utilizar la aplicación.
- **Errores mientras aprende:** este indicador mide el número de errores cometidos por los usuarios cuando están aprendiendo a utilizar la aplicación.
- **Tareas exitosas completadas:** este indicador mide si los usuarios están familiarizados con la aplicación mediante el recuento del número de tareas completadas con éxito.
- **Tiempo de inicio de la aplicación:** este indicador mide el tiempo empleado por los dispositivos móviles para iniciar una aplicación.

Tabla 5.1: Métricas Objetivas

Métrica	Calificación					Promedio
	1	2	3	4	5	
Tiempo de Instalación		1	2	6	15	4,5
Tiempo de aprendizaje			3	5	16	4,5
Errores mientras aprende		2	5	12	5	3,8
Tareas exitosas completadas			3	6	15	4,5
Tiempo de inicio de la aplicación			1	9	14	4,5
Total métricas		0,3	1,8	6,3	13,5	4,38
Factor de Ajuste (0,45)						1,97

En la tabla se muestran las métricas objetivas, la cantidad de estudiantes que dieron la calificación a la métrica y el promedio de calificación de cada métrica. Según los resultados obtenidos en las métricas objetivas se puede observar que en casi todas las métricas se obtuvo un promedio de calificación similar alto, lo cual demuestra la efectividad de la experiencia de usuario. Excepto en la métrica “Errores mientras aprende”, que tuvo un promedio más bajo que el resto, esto sugiere mejorar algunos aspectos visuales de la aplicación, como por ejemplo adicionar las guías dentro de los modos.

### 5.2.2. Métricas Subjetivas

- **Satisfacción con los contenidos:** es una medida esencial para asegurar que los contenidos suministrados cumplirán las necesidades de los usuarios.
- **Satisfacción con la interfaz:** es también una medida importante porque una buena interfaz atraerá a más usuarios a utilizar la aplicación.
- **Satisfacción al usar:** esta métrica mide el disfrute de los usuarios cuando utilizan las aplicaciones móviles.
- **Facilidad para encontrar ayuda:** esta métrica mide cuán fácil es para los usuarios encontrar ayuda en las aplicaciones.
- **Satisfacción mientras aprenden:** este indicador mide el nivel de satisfacción de los usuarios cuando aprenden a utilizar las aplicaciones.

Tabla 5.2: Métricas Subjetivas

Métrica	Calificación					Promedio
	1	2	3	4	5	
Satisfacción con los contenidos			8	16	4,7	
Satisfacción con la interfaz		3	9	12	4,4	
Satisfacción al usar			8	16	4,7	
Facilidad para encontrar ayuda		3	8	13	4,4	
Satisfacción mientras aprenden		1	10	13	4,5	
Total métricas	0,9	7,2	14,6	4,53		
Factor de Ajuste (0,55)					2,49	

En la tabla se muestran las métricas subjetivas, la cantidad de estudiantes que dieron la calificación a la métrica y el promedio de calificación de cada métrica. Los resultados de las métricas subjetivas presentan la valoración de la experiencia personal y opinión de los usuarios al usar la aplicación. En estos resultados se evidencia un promedio similar alto de satisfacción de los usuarios, con esto se puede concluir que se cumple con el propósito de brindar al usuario una experiencia práctica y agradable.

### 5.2.3. Evaluación de Usabilidad

La calificación de usabilidad de la aplicación AR Path se obtiene después de ajustar cada una de las métricas y sumar los resultados obtenidos.

Tabla 5.3: Evaluación de Usabilidad

Total Métricas	Calificación
Objetivas	1,97
Subjetivas	2,49
Factor de Usabilidad	4,46

Se puede evidenciar que el resultado de la calificación de usabilidad obtenida en la prueba de usuarios con los estudiantes es alto, lo cual sugiere que el diseño implementado satisface los requisitos de usabilidad, asimismo, representa una gran aceptación como herramienta de ayuda para el recorrido dentro de la universidad.

# **Capítulo 6**

## **Conclusiones**

1. Gracias a las herramientas de Unity, Vuforia y el marco de trabajo AR Foundation se logró desarrollar esta aplicación móvil para la ubicación en interiores, basada en realidad aumentada y reconocimiento de imágenes para la Universidad del Valle sede Villa Campestre Tuluá.
2. Con el uso de la aplicación AR Path, a los estudiantes se les facilitara encontrar su salón de clases y otros lugares dentro de la sede Villa Campestre, Además de poder explorar la universidad de forma dinámica y divertida.
3. La realidad aumentada en combinación con gamificación en la educación logra que los estudiantes se sientan motivados por el aprendizaje lo que les facilita la obtención de conocimientos y percibir el entorno universitario de forma amigable.
4. La construcción de este proyecto permitió ampliar conocimientos acerca del desarrollo de realidad aumentada y el manejo de la plataforma Unity, del mismo modo aporto en la mejora de las habilidades investigativas y personales. Por lo tanto, se concluye que con el desarrollo de este proyecto se logró un significativo crecimiento académico.

# Capítulo 7

## Trabajos Futuros

1. Ampliar la aplicación para que disponga de más funcionalidades para la navegación en interiores como por ejemplo tecnología NFC, así mismo incluir varias opciones de juego y apartados para que la aplicación sea más llamativa.
2. Adaptar para los diferentes sistemas operativos móviles tanto para iOS, como a demás sistemas operativos móviles, para así brindar una amplia experiencia a los usuarios independientemente de su sistema operativo.
3. Teniendo en cuenta que la Universidad del Valle Tuluá cuenta con tres sedes (Príncipe, Villa Campestre y Victoria), se sugiere implementar y ampliar este proyecto a todas las sedes de Univalle Tuluá, con el fin de mejorar la experiencia de los estudiantes y lograr un mayor impacto en el ambiente universitario.
4. Estudiar la aplicación de la realidad aumentada en diferentes ámbitos educativos y en la efectividad del aprendizaje para los estudiantes. En vista de que la realidad aumentada es una tecnología que está en tendencia ya que brinda una experiencia innovadora, por lo que los estudiantes tendrían un mayor beneficio.

# Capítulo 8

## Bibliografía

- [1] J. Cabero-Almenara, E. Vázquez-Cano, and E. López-Meneses, “Use of augmented reality technology as a didactic resource in university teaching — uso de la realidad aumentada como recurso didáctico en la enseñanza universitaria,” *Formacion universitaria*, 2018.
- [2] F. Telefonica, “Realidad aumentada: una nueva lente para ver el mundo,” *Fundacion Telefonica*, 2011.
- [3] V. Gaitán, “Gamificación: el aprendizaje divertido,” *Blog, educativa*, 2013.
- [4] F. J. Gallego, R. Molina, and F. Llorens, “Gamificar una propuesta docente diseñando experiencias positivas de aprendizaje,” 2014.
- [5] Z. R. Vargas-Cordero, “La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica,” *Revista Educacion*, 2009.
- [6] K. Schwaber, “Scrum development process,” *Business Object Design and Implementation*, 1997.
- [7] E. G. Maida and J. Pacienzia, “Metodologías de desarrollo de software,” 2015.
- [8] R. T. Azuma, “A survey of augmented reality,” *Found. Trends Human-Computer Interaction*, 1997.
- [9] Innovae, “Realidad aumentada.” <https://www.innovae.eu/la-realidad-aumentada/>, 2016.
- [10] L. Rosenberg, “The use of virtual fixtures as perceptual overlays,” 1992.
- [11] A. Blázquez-Sevilla and G. de Tele-Educación del Vicerrectorado de Servicios Tecnológicos, “Realidad aumentada en educación,” *Universidad Politécnica de Madrid*, 2017.
- [12] A. Makarov, “How augmented reality navigation systems work.” <https://mobidev.biz/blog/augmented-reality-indoor-navigation-app-developement-arkit>, 2021.

- [13] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke, “From game design elements to gamification: defining ”gamification”,” *The 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning future media environments*, 2011.
- [14] S. Deterding, R. Khaled, L. Nacke, and D. Dixon, “Gamification: Toward a definition.,” 2011.
- [15] L. Ciucci, “Gamificación: alcances y perspectivas en la ciudad de la plata,” *La Plata: Universidad Nacional de la Plata*, 2016.
- [16] M. Billinghurst, H. Kato, and I. Poupyrev, “The magicbook - moving seamlessly between reality and virtuality,” *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 21, no. 3, 2001.
- [17] G. Zichermann and C. Cunningham, “Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps,” 2011.
- [18] I. Caponetto, J. Earp, and M. Ott, “Gamification and education: a literature review,” *Proceedings of the 8th European Conference on Games-Based Learning - ECGBL 2014*, 2014.
- [19] D. Vera-Yáñez, O. Díaz, and D. Marcillo, “Aplicación móvil para apoyar al turismo del centro histórico de quito, utilizando realidad aumentada y geolocalización,” 2014.
- [20] Unity, “Ar foundation.” <https://unity.com/unity/features/arfoundation>, 2019.
- [21] Qualcomm, “Vuforia developer library.” <https://library.vuforia.com/>, 2011-2021.
- [22] A. Makarov, “Why you should invest in augmented reality for indoor navigation.” <https://clutch.co/developers/resources/why-invest-augmented-reality-indoor-navigation>, 2019.
- [23] T. de Moterry, “Realidad aumentada y virtual,” *Obs. innovación Educ. del Tecnológico Monterrey*, 2017.
- [24] A. clúster de automoción de Navarra, “La industria 4.0,”
- [25] Cellnex, “Tecnología 5g: Transformación digital de la sociedad,” 2020.
- [26] P. Rodríguez, “Metaverso.” <https://www.xataka.com/>, 2021.
- [27] M. Barrio, “Gamificacion de las aulas mediante las tic : Un cambio de paradigma en la enseñanza presencial frente a la docencia tradicional,” *Alicante: Universidad Miguel Hernandez*, 2016.
- [28] I. Cankaya, A. Koyun, T. Yigit, and A. Yuksel, “Mobile indoor navigation system in ios platform using augmented reality,” *9th International Conference on Application of Information and Communication Technologies*, 2015.

- [29] B. A. Delail, L. Weruaga, M. J. Zemerly, and J. W. P. Ng, “Indoor localization and navigation using smartphones augmented reality and inertial tracking,” *Proceedings of the IEEE International Conference on Electronics, Circuits, and Systems*, 2013.
- [30] A. Möller, M. Kranz, R. Huitl, S. Diewald, and L. Roalter, “A mobile indoor navigation system interface adapted to vision-based localization,” *Proceedings of the 11th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, MUM 2012*, 2012.
- [31] B. Al Delail, L. Weruaga, and J. Zemerly, “Caviar: Context aware visual indoor augmented reality for a university campus,” 2012.
- [32] Z. Balint, B. Kiss, B. Magyari, and K. Simon, “Augmented reality and image recognition based framework for treasure hunt games,” 2012.
- [33] O. Al, A. Hebsi, J. Zemerly, and J. Ng, “Indoor localization and guidance using portable smartphones,” 2012.
- [34] S. Vert and R. Vasiu, “School of the future: Using augmented reality for contextual information and navigation in academic buildings,” 2012.
- [35] L. Oliveira, A. Andrade, E. Oliveira, A. Soares, A. Cardoso, and E. Lamounier Jr, “Indoor navigation with mobile augmented reality and beacon technology for wheelchair users,” 2017.
- [36] L. Chee, P. Sebastian, and M. Drieberg, “Augmented reality based indoor positioning navigation tool,” 2011.
- [37] UNED, “Husso digital: El campus universitario en realidad aumentada,” *Comunicacion y Marketing UNED Noticias*, 2014.
- [38] Wikitude, “Geo ar: Location-based augmented reality use cases and how-to.” <https://www.wikitude.com/blog-geo-ar-location-based-augmented-reality/>, 2019.
- [39] G. Zaira, “Diseño centrado en el usuario (dcu), experiencia de usuario (ux), experiencia del cliente (cx), design thinking (dt), service design (sd) su utilidad en tiempos de incertidumbre.,” 2020.
- [40] M. Yusef Hassan and S. Sergio Ortega, “Informe apei sobre usabilidad.,” 2009.
- [41] U. Technologies, “Unity pro and unity enterprise plans: New pricing coming soon.” <https://blog.unity.com/news/pro-enterprise-new-pricing>, 2022.
- [42] Macondo, “Unity: ¿qué es y cómo funciona?,” *Unity Support*, 2012.
- [43] U. Technologies, “Unity manual,” *Unity Documentation*, 2022.
- [44] U. Technologies, “About ar foundation,” 2022.
- [45] A. Hussain, “Metric based evaluation of mobile devices: mobile goal question metric (mgqm),” *PhD thesis, Salford, University of Salford*, 2012.

- [46] Andesco, “Objetivos de desarrollo sostenible,” 2016.
- [47] B. Russell, “Protocolo global para inventarios de emisión de gases de efecto invernadero a escala comunitaria,” *Word Resource intitute*, 2012.

# Anexos

## 8.1. Anexo 1: Proyecto y Apk

El siguiente enlace dirige a una carpeta en Google Drive la cual contiene el proyecto realizado en Unity y un archivo con extensión .apk, que corresponde a la aplicación móvil.

<https://drive.google.com/drive/folders/1LBdREdcTzmUGUhHQ897pWehm7IxDPy7?usp=sharing>

- **Carpeta de Proyecto:** esta carpeta es del proyecto desarrollado en Unity, la cual contiene todos los elementos que componen el proyecto. El proyecto puede abrir desde Unity Hub en la sección Open > Add Project.
- **Archivo .apk:** para obtener la aplicación móvil, se descarga este archivo con extensión .apk, una vez descargado se procede a la instalación abriendo el archivo que probablemente quedó guardado en el apartado de descargas del dispositivo móvil.

## 8.2. Anexo 2: Marcadores

A continuación, se muestran las imágenes utilizadas como marcadores, para la activación de realidad aumentada en el juego del modo 2 de la aplicación móvil AR Path.



Figura 8.1: Logo de División de bibliotecas. Marcador para la biblioteca  
Fuente: <https://www.facebook.com/bibliotecaunivalluelua/photos>



Figura 8.2: Logo de Univalle. Marcador para el laboratorio  
Fuente:

<https://www.univalle.edu.co/la-universidad/nuestros-simbolos/logosimbolo>



Figura 8.3: Logo de Univalle. Marcador para la cafetería

Fuente: <https://ingresealau.edu.co/univalle/universidad-del-valle/>



Figura 8.4: Logo de AR Path. Marcador para la secretaría académica

Fuente: Elaboración propia



Figura 8.5: Icono de AR Path. Marcador para el coliseo

Fuente: Elaboración propia

## 8.3. Anexo 3: Manual de Usuario

### Manual de Usuario de la Aplicación Móvil AR Path

#### 1. Propósito

En este manual se explicará la forma en la que el usuario debe darle uso a la aplicación móvil AR Path. Con el fin de facilitar la comprensión del manual, se incluyen imágenes explicativas.

#### 2. Usuarios

Esta aplicación va dirigida a los estudiantes de la Universidad del Valle sede Tuluá.

#### 3. Instrucciones de Uso

Esta aplicación ofrece una forma de recorrido dinámico por los diferentes espacios de la universidad, para usar la AR Path debes estar en el interior de las instalaciones de la universidad del Valle Tuluá, en la sede Villa Campestre.

Al abrir la aplicación AR Path lo primero que verás serán las imágenes de bienvenida con el logo de Unity en el cual fue desarrollada la aplicación y la imagen de bienvenida con el logo de la aplicación AR Path.

Enseguida saldrá el menú principal de la aplicación en el cual se puede elegir entre tres apartados, Opciones, Modo de Recorrido 1 y Modo de Recorrido 2.

##### 3.1. Opciones

Puedes empezar seleccionando el apartado de opciones, en el cual se desplegará un panel con dos opciones más, una opción para “Guía modo 1” y la otra para “Guía modo 2”.

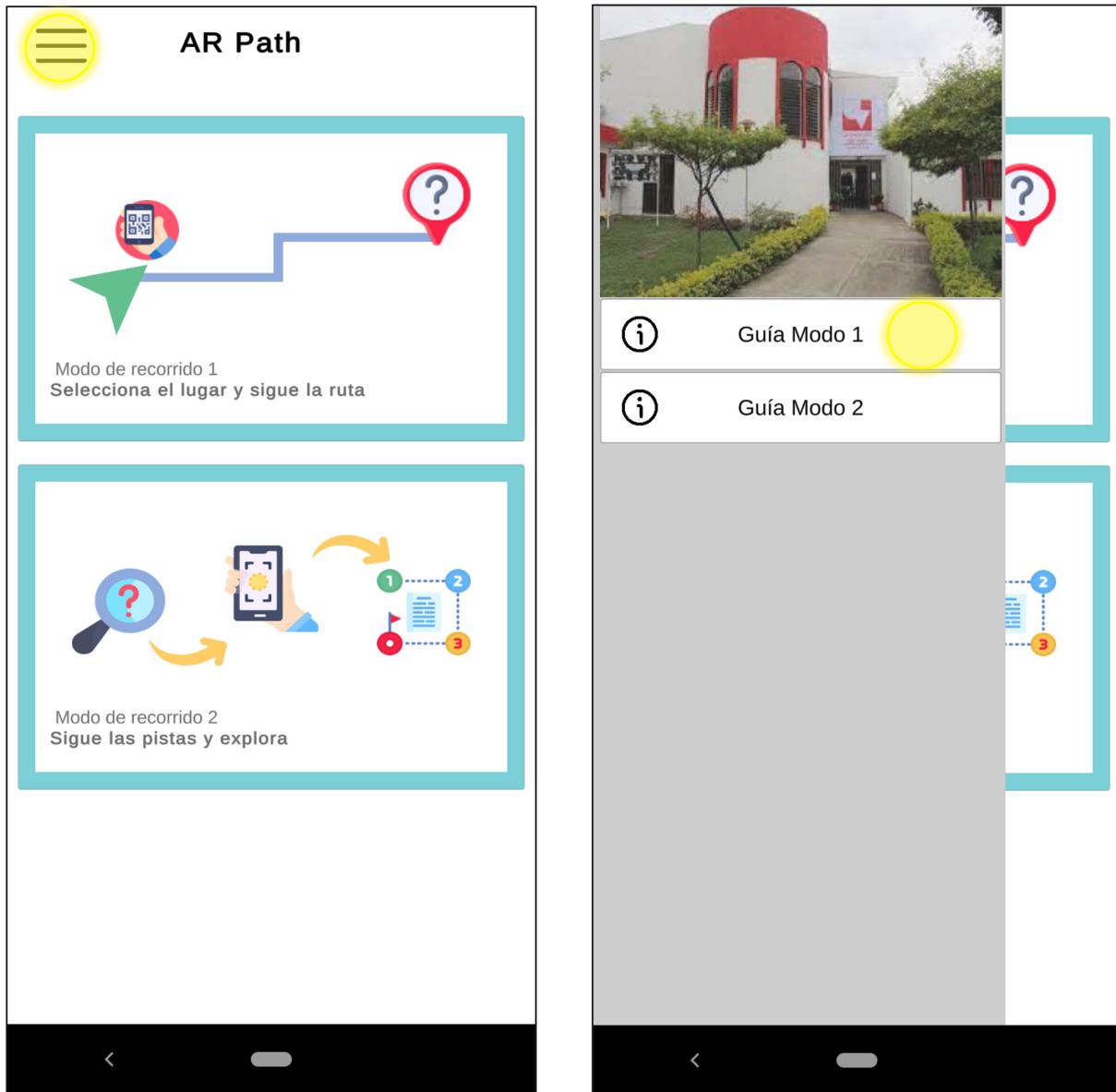


Figura 8.6: Seleccionar Opciones

Fuente: Elaboración propia

Seleccionando la opción Guía de modo 1 se mostrará una breve explicación de cómo usar aplicación en este modo de recorrido. Este modo de recorrido te ayudara a guiarte por la sede Villa Campestre y encontrar tu salón de clases con la ayuda de realidad aumentada y la ubicación en interiores con códigos QR.



Figura 8.7: Guía para el Modo de Recorrido 1

Fuente: Elaboración propia

Al terminar de revisar la guía, puedes cerrar y seguir con la siguiente opción de la Guía del modo de recorrido 2.

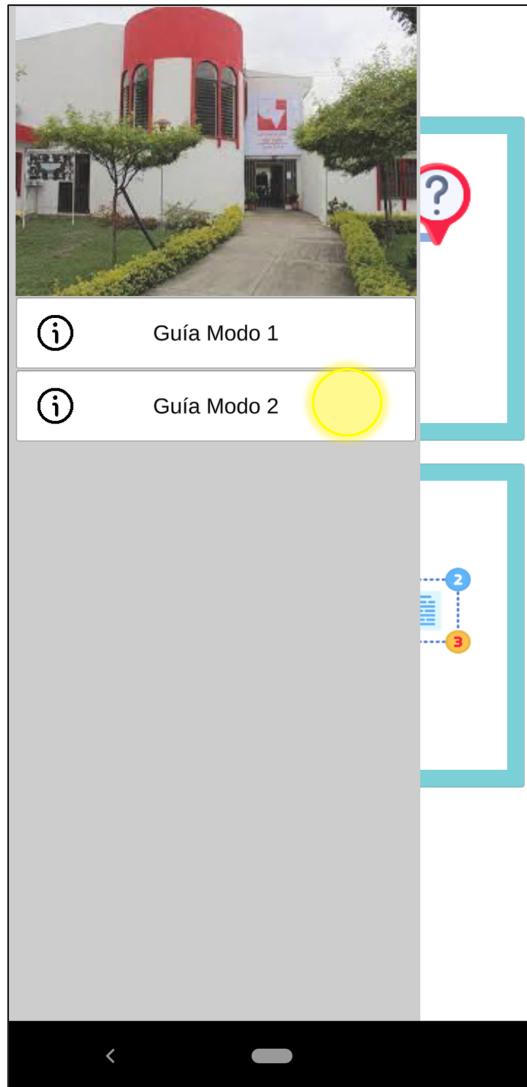


Figura 8.8: Seleccionar Guía modo 2

Fuente: Elaboración propia

Igual que en la opción anterior, seleccionando la opción Guía de modo 2 se mostrará una breve explicación de cómo usar aplicación en este modo de recorrido. Este modo de recorrido consiste en un juego de recorrido con pistas y preguntas para motivar a la exploración y conocimiento de los espacios físicos en la universidad, a la vez brindar al estudiante una experiencia dinámica y agradable.

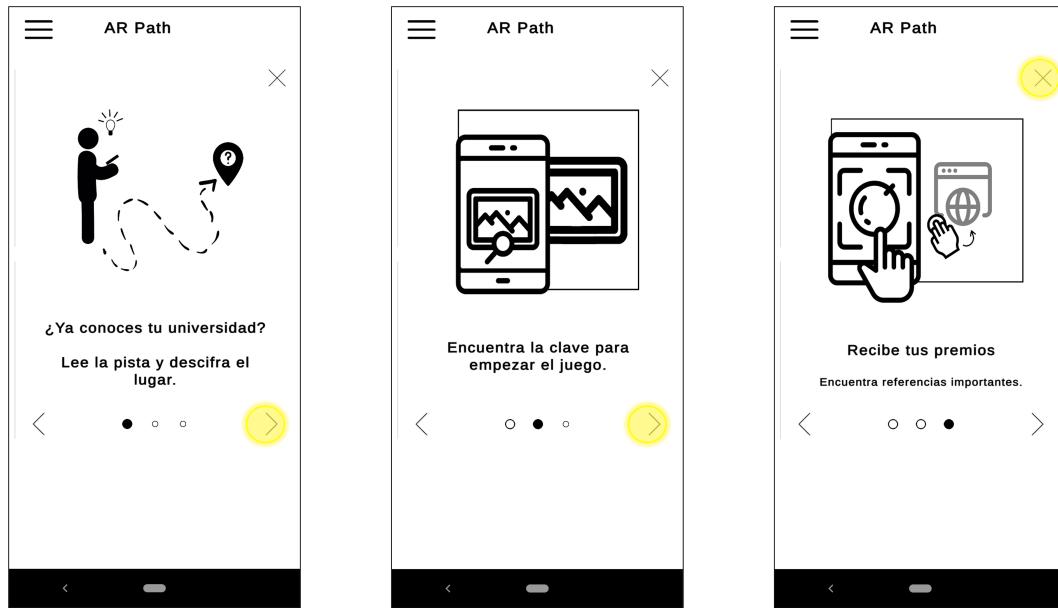


Figura 8.9: Guía para el Modo de Recorrido 2

Fuente: Elaboración propia

Al terminar de revisar la guía del modo 2, puedes cerrar y volver al menú principal. Una vez en el menú principal encontrarás las opciones de modo de recorrido.

### 3.2. Modo de Recorrido 1

Selecciona el modo de recorrido 1 si necesitas encontrar tu salón de clases en la sede Villa Campestre. En este modo de recorrido debes apoyarte escaneando los códigos QR que actualizan tu posición para obtener rutas más precisas. El siguiente código QR es un ejemplo de los códigos QR que debes buscar para actualizar tu posición en un lugar al interior de la universidad.



**AR Path**

Figura 8.10: Código QR para AR Path

Fuente: Elaboración propia

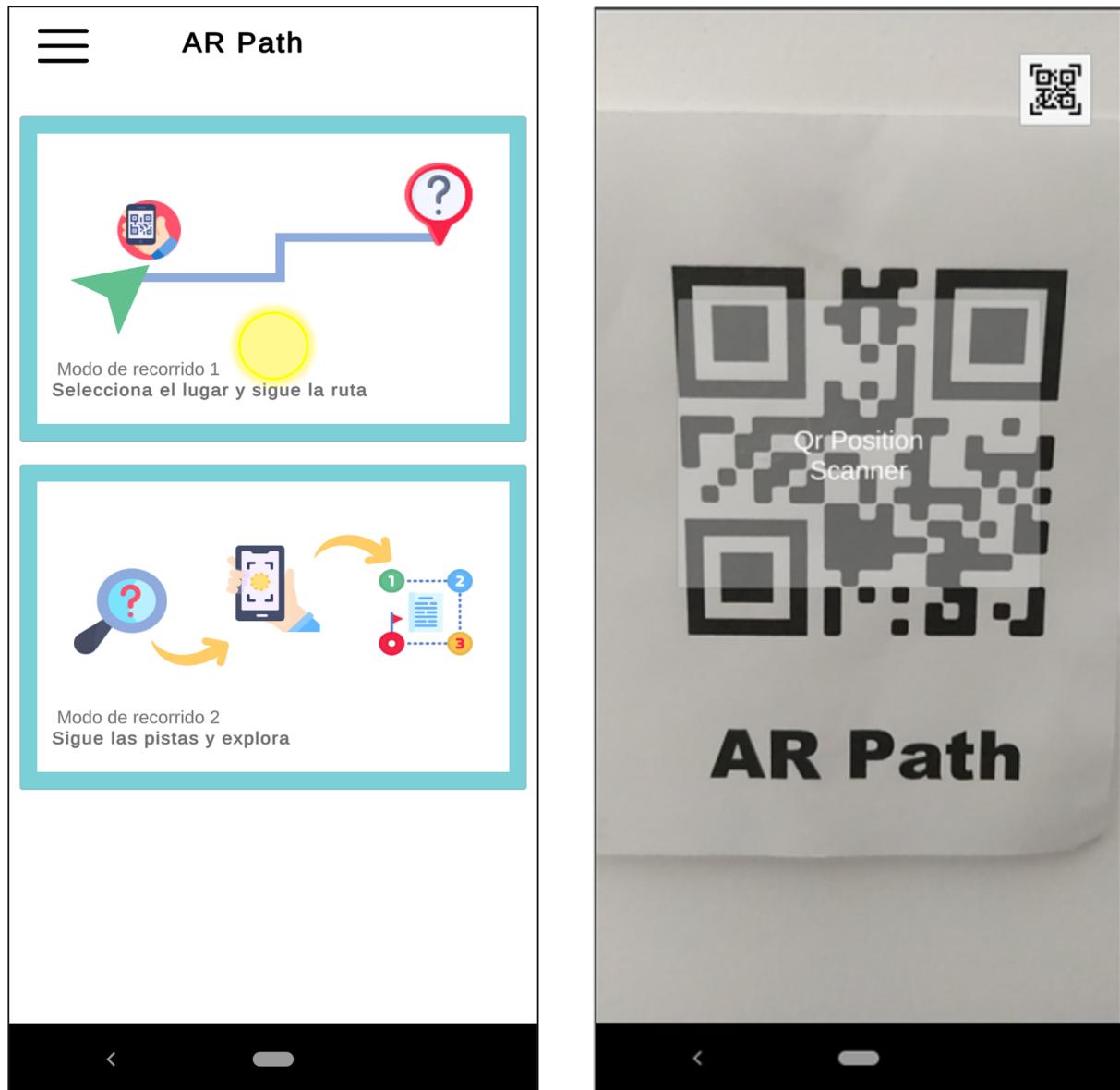


Figura 8.11: Seleccionar Modo de Recorrido 1

Fuente: Elaboración propia

Dentro del modo de recorrido 1, lo primero que debes hacer es escanear el código QR mas cercano, esto actualiza y te posiciona en el respectivo lugar para empezar a navegar.

Cuando se escanea el código QR y tu posición se actualiza, automáticamente y cambias a la interfaz para empezar el recorrido. Para esto debes buscar en la lista, el lugar a donde te diriges. Al seleccionar el lugar, enseguida te mostrara la ruta que debes seguir para encontrar el lugar a donde quieras ir.

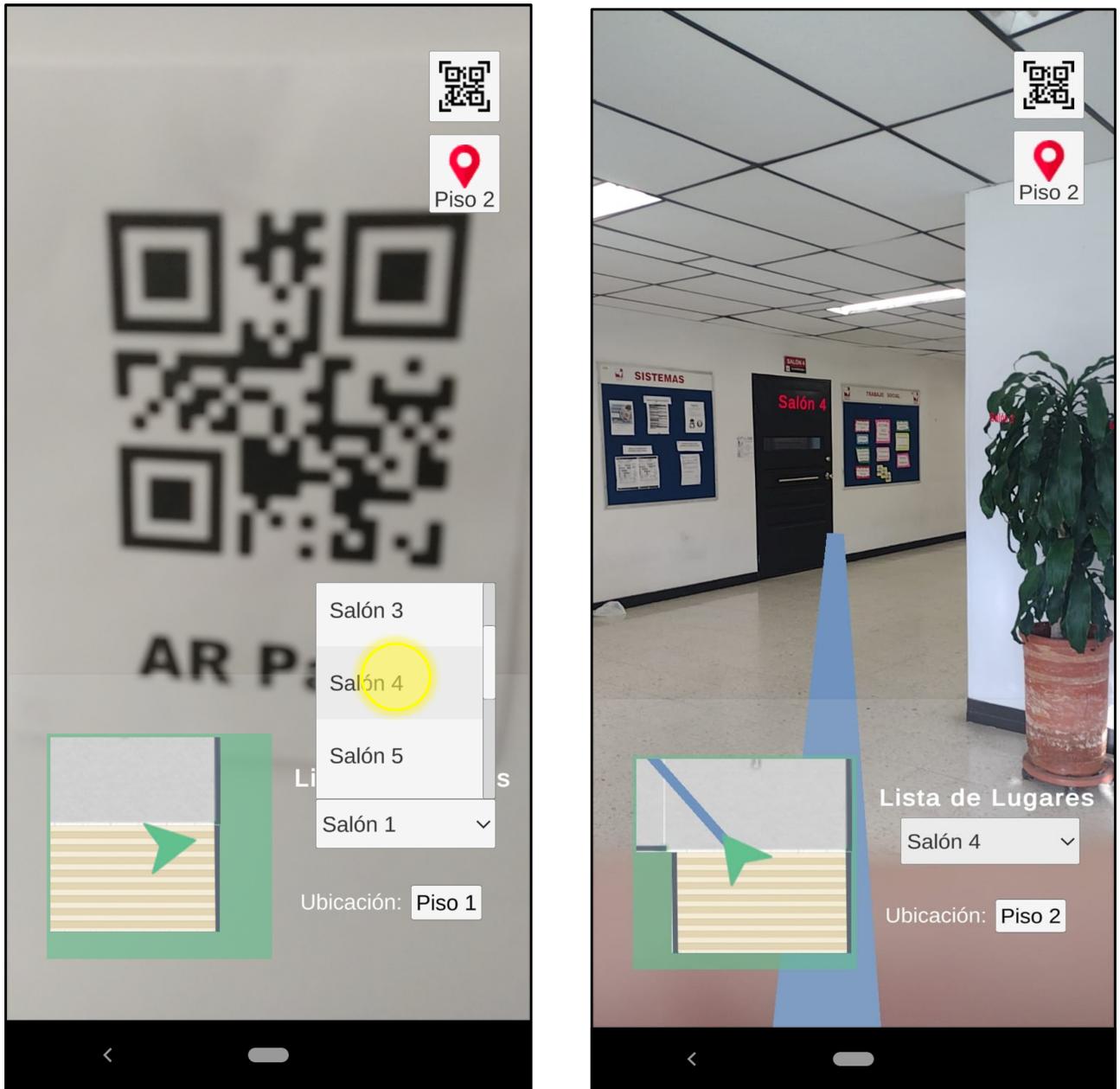


Figura 8.12: Marcación de Ruta

Fuente: Elaboración propia

En la parte inferior se encuentra un mini mapa con el indicador que te muestra la dirección en la que vas y lo que recorres. En el apartado Ubicación te muestra en qué piso se encuentra el lugar que seleccionaste. Para actualizar tu posición y escanear un nuevo código QR, solo debes hacer click al ícono del código QR y te llevará a la sección de lectura. Para volver al menú principal de la aplicación solo presiona el botón atrás desde la barra de navegación de tu móvil.

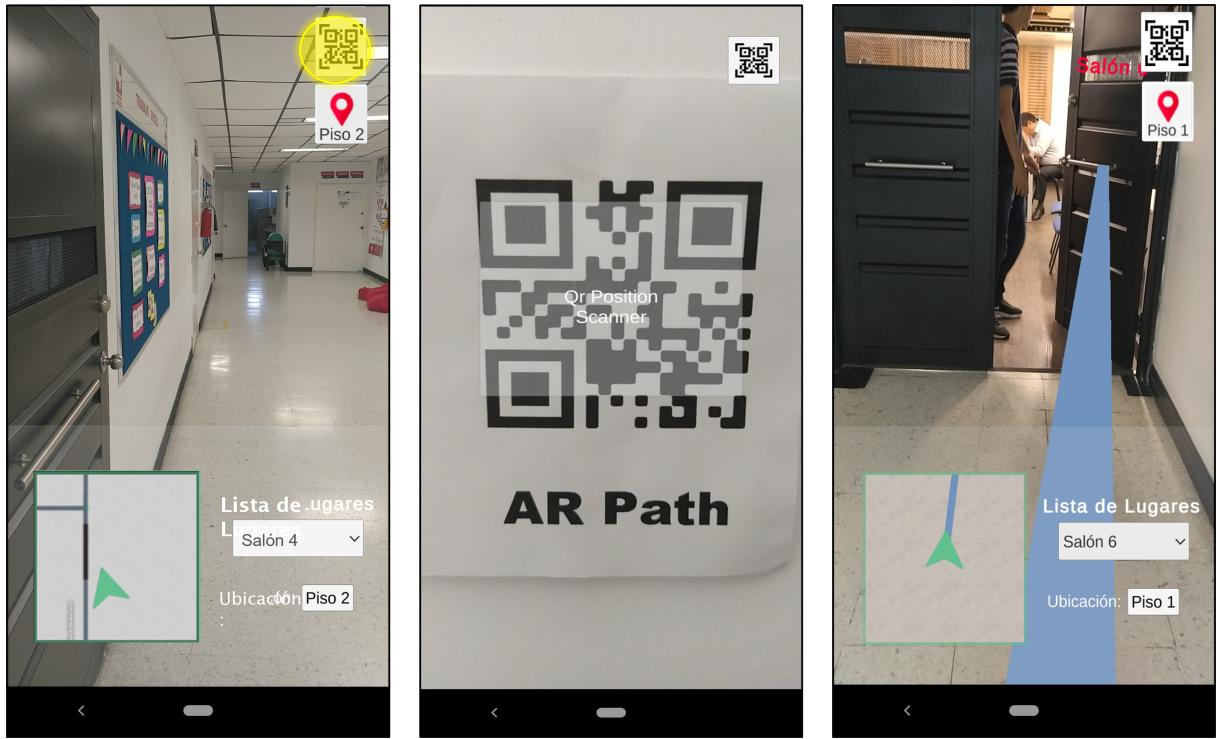


Figura 8.13: Actualizar Posición  
Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Modo de Recorrido 2

En el menú principal selecciona el modo de recorrido 2 para empezar el recorrido por medio de pistas y preguntas. Este modo de recorrido solo es para el primer piso de la sede Villa Campestre, así que debes tenerlo en cuenta a la hora de hallar las pistas.

Lee la pista y descubre a qué lugar debes ir. Una vez en el lugar debes encontrar el marcador que activa el juego, el marcador puede ser una imagen, logo o símbolo y puede estar ubicado en la pared, la puerta o carteleras del lugar.

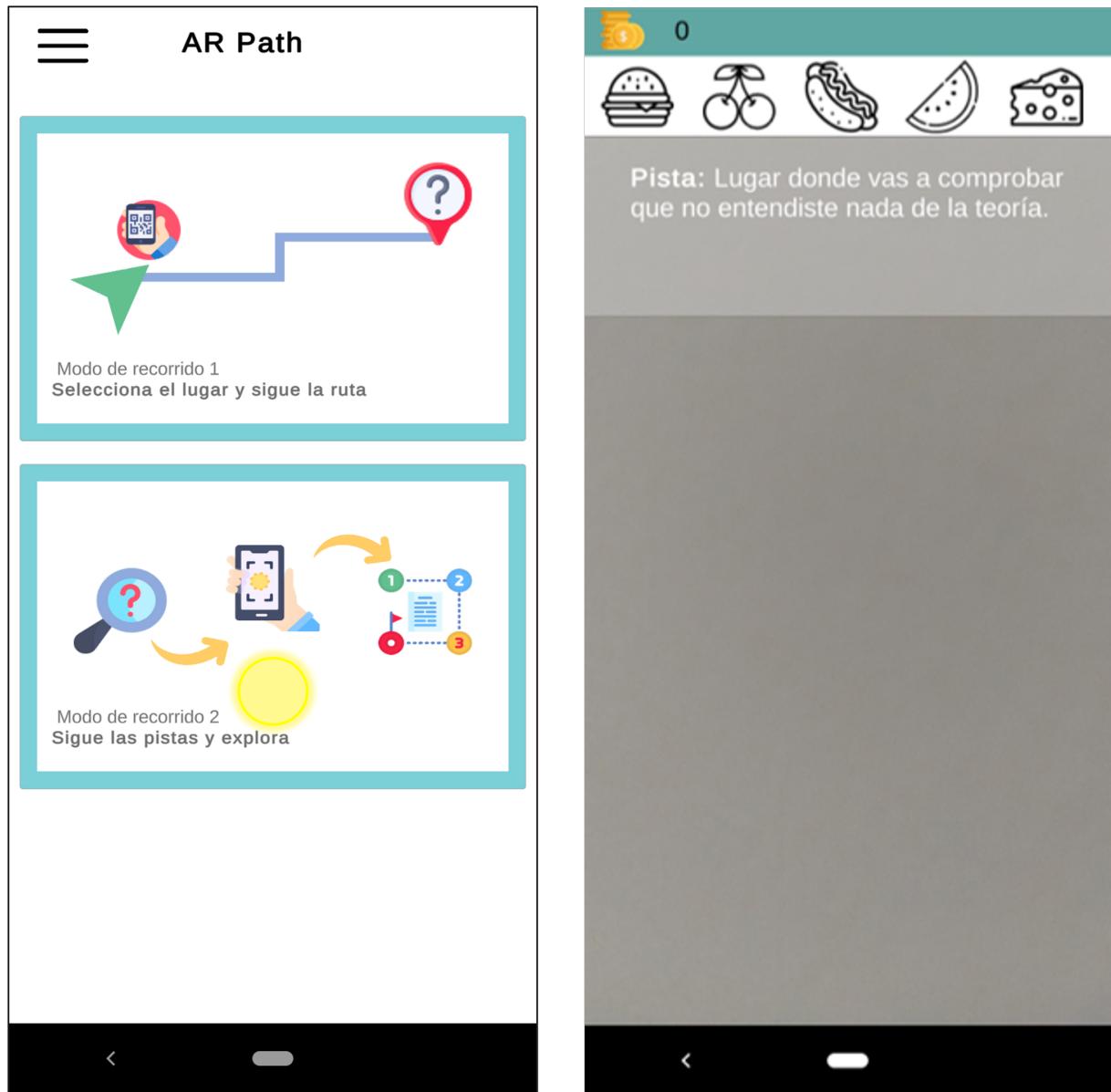


Figura 8.14: Seleccionar Modo de Recorrido 2

Fuente: Elaboración propia

Al reconocer la imagen se activará el juego, tendrás que responder y acertar las preguntas para ganar puntos y poder pasar a la siguiente pista para que así continúes con tu recorrido.

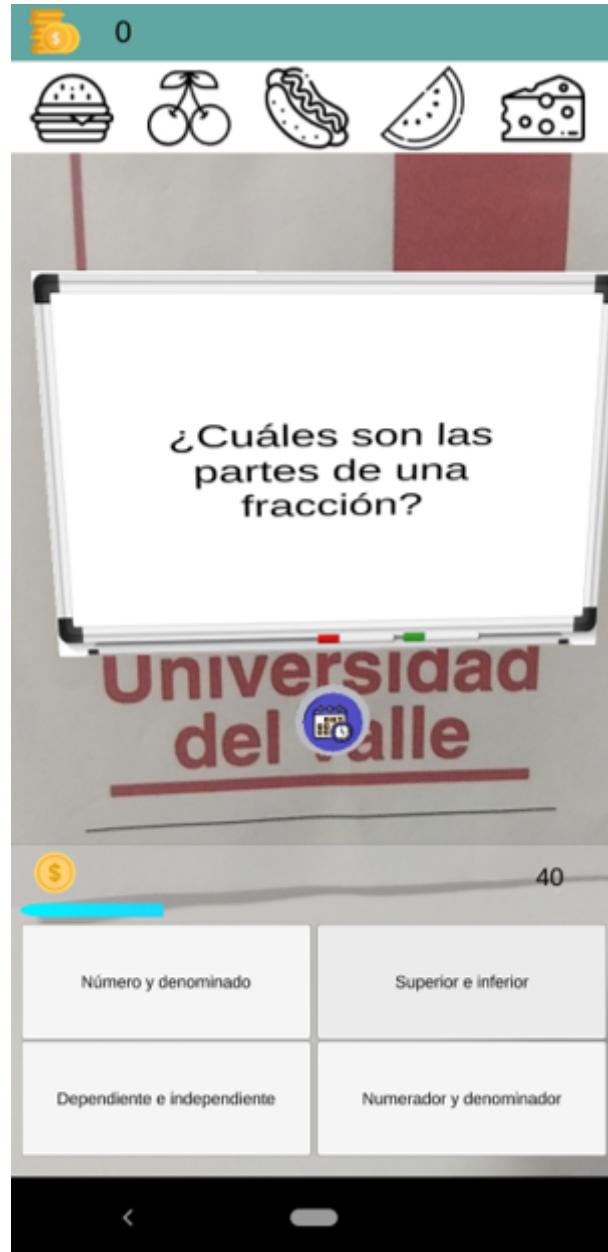


Figura 8.15: Juego de Preguntas  
Fuente: Elaboración propia

Si no alcanzas los puntos para pasar a la siguiente ronda, descuida, podrás volver a intentarlo.



Figura 8.16: Volver a Intentar  
Fuente: Elaboración propia

Puedes ganar y pasar a la siguiente pista hasta con 40 puntos obtenidos, si lo haces ganaras una recompensa que se mostrará en realidad aumentada, al igual que las preguntas del juego. Para recibir la recompensa presiona sobre el objeto en la pantalla y podrás pasar a la siguiente pista.



Figura 8.17: Obtener Recompensa

Fuente: Elaboración propia

Pero antes, podrás observar que en algunos marcadores se muestran botones virtuales los cuales te llevan a páginas web oficiales de la Universidad del Valle sede Tuluá. Estos botones virtuales funcionan presionándolos desde la realidad aumentada, es decir en el marcador como si el botón existiera en la imagen.



Figura 8.18: Siguiente Pista  
Fuente: Elaboración propia