



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN**

**Videojuego de realidad virtual con inteligencia artificial para
exploración de escenarios turísticos en la ciudad de Riobamba
utilizando Unreal Engine**

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero en
Tecnologías de la Información**

Autor:

**Guapulema Arellano Bryan Gustavo
Pombosa Burgos Anthony Patricio**

Tutor:

Ing. Diego Marcelo Reina Haro

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, Bryan Gustavo Guapulema Arellano, con cédula de ciudadanía 0605876242, y Anthony Patricio Pombosa Burgos, con cédula de ciudadanía 0605056845, autores del trabajo de investigación titulado: Videojuego de realidad virtual con inteligencia artificial para exploración de escenarios turísticos en la ciudad de Riobamba utilizando Unreal Engine, certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedemos a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida será de nuestra entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 02 de abril del 2025

Bryan Gustavo Guapulema Arellano
C.I: 0605876242

Anthony Patricio Pombosa Burgos
C.I: 0605056845



ACTA FAVORABLE - INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En la Ciudad de Riobamba, a los dos días del mes de abril del 2025 luego de haber revisado el Informe Final del Trabajo de Investigación presentado por los estudiantes **Anthony Patricio Pombosa Burgos** con CC: **0605056845** y **Bryan Gustavo Guapulema Arellano** con CC: **0605876242**, estudiantes de la carrera **Ingeniería en Tecnologías de la Información** y dando cumplimiento a los criterios metodológicos exigidos, se emite el **ACTA FAVORABLE DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN** titulado **"VIDEOJUEGO DE REALIDAD VIRTUAL CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EXPLORACIÓN DE ESCENARIOS TURÍSTICOS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA UTILIZANDO UNREAL ENGINE"**, por lo tanto se autoriza la presentación del mismo para los trámites pertinentes.



Firmado electrónicamente por:
DIEGO MARCELO REINA
HARO

Mgs. Diego Reina
TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

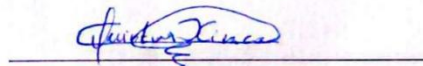
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación "VIDEOJUEGO DE REALIDAD VIRTUAL CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EXPLORACIÓN DE ESCENARIOS TURÍSTICOS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA UTILIZANDO UNREAL ENGINE" por Bryan Gustavo Guapulema Arellano con cédula de identidad número 0605876242 y Anthony Patricio Pombosa Burgos con cédula de identidad número 0605056845, bajo la tutoría de Mg. Diego Reina; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 21 de mayo del 2025.

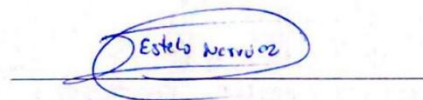
Jorge Delgado, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

Handwritten signature of Jorge Delgado in blue ink, written over a horizontal line.

Ximena Quintana, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Handwritten signature of Ximena Quintana in blue ink, written over a horizontal line.

Estela Narváez, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Handwritten signature of Estela Narváez in blue ink, written over a horizontal line.



CERTIFICACIÓN

Que, **Anthony Patricio Pombosa Burgos** con CC: **0605056845** y **Bryan Gustavo Guapulema Arellano** con CC: **0605876242**, estudiantes de la Carrera de **Ingeniería en Tecnologías de la Información**, Facultad de Ingeniería; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **VIDEOJUEGO DE REALIDAD VIRTUAL CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EXPLORACIÓN DE ESCENARIOS TURÍSTICOS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA UTILIZANDO UNREAL ENGINE**", cumple con el **1 %**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 06 de mayo de 2025



Mgs. Diego Reina
TUTOR

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mi madre, Mercedes, una mujer extraordinaria que ha sido el pilar más sólido en mi vida y la fuente inagotable de apoyo y guía. Su apoyo incondicional y sus enseñanzas han sido fundamentales para llegar hasta aquí siendo mi mayor ejemplo de esfuerzo y dedicación. De igual manera, a mis hermanos Cristofer y Kevin, quienes han estado siempre a mi lado. Cada palabra de aliento, cada gesto de apoyo y cada momento compartido han sido un bálsamo en los momentos de incertidumbre y una fuente de motivación en los días más desafiantes.

Bryan Guapulema

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, Edwin y Sandra, quienes, con su esfuerzo, dedicación y amor incondicional han sido mi mayor fuente de inspiración y perseverancia. Sus palabras de aliento y su plena confianza en mí han iluminado mi camino en cada etapa de este proceso. A mis hermanos, Rubi y Dilan, por ser mi compañía constante y un pilar fundamental en mi crecimiento personal y académico, siempre presentes con palabras de apoyo y aliento en los momentos más desafiantes. A mi familia y a las personas que siempre estuvieron conmigo, brindándome su cariño, respaldo y motivación para seguir adelante.

Anthony Pombosa

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar el más profundo y sincero agradecimiento a mi madre y mis hermanos, cuyo esfuerzo incansable y su dedicación absoluta han sido faros de luz en mi camino, brindándome la confianza y la fortaleza necesarias para enfrentar cada desafío con determinación y esperanza. Gracias por cada sacrificio silencioso, por cada consejo, por enseñarme el verdadero significado de la perseverancia, la resiliencia y el amor incondicional. Sin ustedes este logro no habría sido posible.

Bryan Guapulema

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y apoyo incondicional a lo largo de mi vida. También quiero agradecer a mis hermanos, por su constante motivación, comprensión y por ser siempre mis compañeros de vida en cada paso que he dado. A mi pareja, por su paciencia, amor y por estar siempre a mi lado. Y, por supuesto, a toda mi familia, quienes me han dado su respaldo en cada etapa de este proceso.

Anthony Pombosa

Queremos extender nuestro más sincero agradecimiento a todos los docentes que han sido parte fundamental de nuestra formación académica. Al Ing. Diego, por su invaluable orientación y apoyo a lo largo de este proceso, su experiencia, paciencia y dedicación han sido clave para guiarnos en el desarrollo de esta investigación.

Ing. Allauca por su dedicación, orientación y valiosos conocimientos que nos han permitido crecer tanto profesional como personalmente. Agradecer también al Ing. Jorge, quien ha sido una figura clave en este proceso. A lo largo de este proyecto, siempre nos animó a mejorar, a buscar la excelencia y a superarnos continuamente.

A nuestros amigos, con quienes compartimos innumerables horas de trabajo, les agradecemos profundamente por su energía positiva, compromiso y amistad. Gracias Kelvin, Joel y Cristian por motivarnos a dar un enfoque más creativo e innovador a nuestro proyecto de investigación. Su generosidad al compartir sus conocimientos y experiencias nos permitió enriquecer nuestro trabajo y ver nuevas perspectivas que, de otro modo, no habiéramos considerado.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
1.1 Planteamiento del Problema	15
1.2 Justificación	16
1.3 Formulación del Problema	16
1.4 Objetivos	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Realidad virtual	17
2.2 Realidad virtual en turismo	17
2.3 Videojuego	18
2.3.1 Entornos virtuales y gamificación	19
2.4 Inteligencia Artificial	19
2.4.1 Integración de IA en entornos virtuales.....	19
2.4.2 Convai.....	19
2.5 Motor de desarrollo de videojuegos	20
2.5.1 Unreal Engine	20
2.6 Modelado 3D	20
2.6.1 Blender	21
2.7 Metodologías de desarrollo de videojuegos con realidad virtual	21
2.7.1 SCRUM	21
2.7.2 Kanban.....	22
2.7.3 Diseño Centrado en el Usuario (UCD).....	23

2.7.4	SUM para videojuegos	23
2.8	Norma ISO 25010	25
2.8.1	Capacidad de interacción.....	26
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....		27
3.1	Tipo de Investigación	27
3.1.1	Según el objeto de estudio	27
3.1.2	Según el tipo de variable	27
3.2	Diseño de la Investigación	27
3.3	Población de Estudio y Tamaño Muestra	27
3.3.1	Población de estudio	27
3.3.2	Tamaño de la muestra.....	27
3.4	Técnicas de Recolección de Datos	28
3.5	Métodos de Análisis y Procesamiento de Datos	28
3.6	Identificación de variables	28
3.6.1	Variable dependiente	28
3.6.2	Variable independiente	28
3.7	Operacionalización de variables	29
3.8	Metodología de desarrollo	30
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		53
4.1	Resultados	53
4.2	Discusión	59
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		60
5.1	Conclusiones	60
5.2	Recomendaciones	60
BIBLIOGRAFÍA.....		61
ANEXOS.....		64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Proyectos de realidad virtual a nivel global y regional	17
Tabla 2: Uso de tecnologías inmersivas en el Ecuador	17
Tabla 3: Principales características de SCRUM.....	21
Tabla 4: Principales características de Kanban	22
Tabla 5: Fases de la metodología SUM.....	24
Tabla 6: Operacionalización de las variables	29
Tabla 7: Aspectos de negocio del videojuego	30
Tabla 8: Aspectos de juego	30
Tabla 9: Aspectos técnicos del videojuego	31
Tabla 10: Roles y responsabilidades en el desarrollo.....	31
Tabla 11: Requisitos funcionales	31
Tabla 12: Requisitos no funcionales	32
Tabla 13: Distribución de preguntas en el cuestionario	50
Tabla 14: Escala de Likert aplicada en el cuestionario	50
Tabla 15: Evaluación del desarrollo del prototipo	52
Tabla 16: Gestión de riesgos del proyecto	52
Tabla 17: Media por indicador y general	53
Tabla 18: Resumen del procesamiento de datos (Tras escala de Likert)	53
Tabla 19: Resultados estadísticos del procesamiento de datos	54
Tabla 20: Pruebas de normalidad por inbasada en grupo de edad	57
Tabla 21: Resultados de la prueba T para la igualdad de medias.....	58
Tabla 22: Estadísticos descriptivos del indicador “Aprendizabilidad”	99
Tabla 23: Estadísticos descriptivos del indicador “Operabilidad”	100
Tabla 24: Estadísticos descriptivos del indicador “Involucración del usuario”	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Principales características de Unreal Engine 5.....	20
Figura 2: Ciclo de vida de SUM.....	24
Figura 3: Características y Sub-Características de la norma ISO/IEC 25010.....	25
Figura 4: Indicadores de Capacidad de Interacción (ISO/IEC 25010).....	26
Figura 5: Fórmula para el cálculo del tamaño de muestra para poblaciones finitas	28
Figura 6: Estructura del proyecto (Diagrama de actividades).....	33
Figura 7: Diseño de interfaces (wireframes)	33
Figura 8: Diseño de estructura de los escenarios principales	33
Figura 9: Structs usadas para el desarrollo	34
Figura 10: Framework para el proyecto de investigación	34
Figura 11: Modelado y texturizado de elementos 3D	35
Figura 12: Puntos de colisión de un static mesh	35
Figura 13: Elementos presentes en el mapa “Parque Maldonado”	35
Figura 14: Elementos presentes en el mapa “La Moya”	36
Figura 15: Landscape texturizado del Volcán Chimborazo	36
Figura 16: Elementos presentes en el mapa “Volcán Chimborazo”	36
Figura 17: Mapa tridimensional creado en Cesium.....	37
Figura 18: Diseño de interfaces de navegabilidad en el editor UMG	37
Figura 19: Programación de interfaces de navegabilidad	37
Figura 20: Manejo de interfaces de navegabilidad en la instancia de juego	38
Figura 21: Programación del módulo de comentarios	38
Figura 22: Programación del módulo de selección de personaje	39
Figura 23: Mapeo de controles del juego	39
Figura 24: Programación del sistema de interacción.	39
Figura 25: Diagrama de secuencia del sistema de notas.	40
Figura 26: Programación de la interacción con notas.	40
Figura 27: Diagrama de secuencia del sistema de cofres.	40
Figura 28: Programación de la interacción con cofres.....	41
Figura 29: Programación de los actores de llaves y puerta	41
Figura 30: Diagrama de secuencia del sistema de puertas y llaves.....	41
Figura 31: Creación de tilemaps de laberintos	42
Figura 32: Estructura y programación del framework de laberintos.....	42
Figura 33: Diagrama de secuencia del sistema de laberintos.....	42
Figura 34: Diagrama de secuencia del sistema de trivia.	43
Figura 35: Programación del widget del sistema de trivia	43
Figura 36: Tarea de comportamiento	43
Figura 37: Árbol de comportamiento (BT_AI_Enemy).....	43
Figura 38: Diagrama de secuencia del sistema de enemigos inteligentes.....	44
Figura 39: Creación del árbol de comportamiento (BT_Boss)	44
Figura 40: Programación del controlador de la IA del jefe final (AI_Boss_Controller) ...	44
Figura 41: Estructura y programación del personaje jefe final inteligente	45

Figura 42: Integración de los sistemas de gamificación y escenarios.....	45
Figura 43: Mapeo de controles de realidad virtual.....	46
Figura 44: Estructura y programación del actor de opciones VR.	46
Figura 45: Programación del módulo de selección de mapas	46
Figura 46: Lógica para el manejo de la selección de opciones en el menú principal VR..	47
Figura 47: Estructura y programación del blueprint del actor paloma.....	47
Figura 48: Programación del controlador de IA de las palomas	47
Figura 49: Estructura y programación del blueprint de alpaca	48
Figura 50: Implementación del Chatbot	48
Figura 51: Personalización y entrenamiento de la IA en Convai	49
Figura 52: Base de conocimiento del sistema experto	49
Figura 53: Interfaces del sistema experto.....	49
Figura 54: Motor de inferencia del sistema experto.....	49
Figura 55: Blueprint del actor del sistema experto	50
Figura 56: Flujo de ejecución de las pruebas	51
Figura 57: Ejecución de las pruebas por los usuarios	51
Figura 58: Resultados de preguntas del indicador “Aprendizabilidad”	54
Figura 59: Resultados de preguntas del indicador “Operabilidad”	55
Figura 60: Resultados de preguntas del indicador “Involucración del usuario”	56
Figura 61: Resultados del indicador de “Capacidad de Interacción”	56
Figura 62: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 1.....	96
Figura 63: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 2.....	96
Figura 64: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 3.....	96
Figura 65: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 4.....	97
Figura 66: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 5.....	97
Figura 67: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 6.....	98
Figura 68: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 7.....	98
Figura 69: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 8.....	98
Figura 70: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 9.....	98
Figura 71: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 10.....	99
Figura 72: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 11.....	99
Figura 73: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 12.....	99

RESUMEN

La presente investigación contempla el desarrollo de un prototipo de videojuego centrado en la interacción del usuario con cuatro de los principales lugares turísticos de la ciudad de Riobamba. El desarrollo del aplicativo se estructuró en seis sprints siguiendo la metodología SUM, elegida por su adaptabilidad a las necesidades del proyecto. Como resultado, el producto cuenta con dos modos de juego: uno en tercera persona en un entorno 3D y otro adaptado a realidad virtual (VR). Ambos modos integran ocho mecánicas de juego en dos y tres dimensiones; y cinco sistemas de inteligencia artificial (IA) que van desde animales inteligentes hasta un avatar inteligente como guía virtual.

La investigación tuvo un carácter aplicado y descriptivo con un enfoque cuantitativo para la evaluación del cumplimiento del indicador “Capacidad de Interacción” conforme con la norma ISO 25010:2023 en base a los ejes: aprendizabilidad, operabilidad e involucración del usuario. Para la recolección de datos se consideró una población de 100 individuos entre 18 a 60 años, con una muestra de 41 individuos, a quienes se aplicó una encuesta estructurada con cuestionario cerrado de 12 preguntas con una escala de Likert de cuatro niveles. Como resultado de la investigación se obtuvo una incidencia positiva, con un 95% sobre la capacidad de interacción del usuario en función de los tres ejes evaluados, destacando una buena operabilidad del aplicativo en sus dos modos de juego, fácil aprendizaje, rápida adaptación de los usuarios con las funcionalidades, y finalmente una gran involucración del usuario al brindar una experiencia inmersiva y realista en la exploración de los escenarios turísticos de Riobamba independientemente de la edad.

Palabras claves: Capacidad de interacción, gamificación, inteligencia artificial, realidad virtual, Riobamba, turismo, Unreal Engine, videojuego.

ABSTRACT

This research involves the development of a video game prototype focused on user interaction with four of the main tourist attractions in the city of Riobamba. The application's development was structured into six sprints following the SUM methodology, selected for its adaptability to the project's needs. As a result, the product features two game modes: a third-person perspective in a 3D environment and another adapted for virtual reality (VR). Both modes integrate eight gameplay mechanics in two and three dimensions, along with five artificial intelligence (AI) systems ranging from intelligent animals to a smart avatar acting as a virtual guide.

The research was applied and descriptive in nature, with a quantitative approach evaluating compliance with the "Interaction Capability" indicator according to the ISO 25010:2023 standard, based on the axes of learnability, operability, and user involvement. For data collection, a population of 100 individuals aged between 18 and 60 years was considered, with a sample of 41 individuals. A structured survey consisting of 12 closed-ended questions using a four-level Likert scale was applied. The results revealed a positive incidence of 95% in user interaction capability based on the three evaluated axes, highlighting good operability of the application in both game modes, ease of learning, quick user adaptation to functionalities, and, ultimately, high user involvement by providing an immersive and realistic experience when exploring the tourist scenarios of Riobamba, regardless of age.

Keywords: Interaction capability, gamification, artificial intelligence, virtual reality, Riobamba, tourism, Unreal Engine, videogame.



Tatiana Elizabeth
Martínez Zapata



Time Stamping
Security Data

Reviewed by:
Mgs. Tatiana Martínez Zapata
ENGLISH PROFESSOR
C.C: 0605777192

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las continuas innovaciones en las Tecnologías de la Información han transformado radicalmente la forma en la que las personas pueden interactuar con su entorno. Sectores como el turismo son testigos de la adopción de tecnologías como la realidad virtual, el desarrollo de videojuegos y la inteligencia artificial; llegando a la creación de productos de entretenimiento digital de carácter multiplataforma asequibles por todo tipo de usuarios, cuyo fin es mejorar sustancialmente la experiencia del usuario mediante entornos inmersivos e interactivos sin las barreras del tiempo y el espacio.

A nivel mundial se han desarrollado varios proyectos que incorporan este tipo de tecnologías sobre el campo turístico. Entre ellos está el proyecto VR Tour of the Louvre Museum, que gracias a la reconstrucción de las galerías del Museo del Louvre en París en Unreal Engine; ofrece una visita virtual para la exploración de obras de arte apoyada en guías virtuales y realidad aumentada [1]. En la misma línea, Explore Petra ofrece un recorrido virtual en las tumbas y monumentos de Petra en Jordania mediante interacción en tiempo real. Así también, a nivel regional destacan proyectos como “Machu Picchu 360”, que constituye una experiencia interactiva que explora las vistas panorámicas e historia inca de Machu Picchu de Perú a través de escenarios creados a partir de cámaras de 360 grados y modelado 3D. [2]

No obstante, el problema surge en el ámbito local, pues en el contexto de la ciudad de Riobamba existen escasos proyectos enfocados al turismo virtual e inteligente. Entre los esfuerzos de esta índole destaca la representación de la cultura utilizando el motor de juegos Unreal Engine presentada por Herrera y Buñay [3]; y la recreación de escenarios de la ciudad como la fachada del Campus Edison Riera de la Universidad Nacional de Chimborazo en aplicaciones interactivas presente en la investigación de Brito y Samaniego [4]. En base a todo lo anterior, es evidente que la integración de Unreal Engine con las tecnologías emergentes de realidad virtual e inteligencia artificial en un proyecto de turismo inteligente no se ha concretado, por lo cual representa una oportunidad para la promoción turística local.

1.1 Planteamiento del Problema

En Ecuador, el turismo es una industria clave para el desarrollo económico del país pues, conforme con el Ministerio de Turismo [5], esta industria constituyó la tercera principal fuente de ingresos no petroleros o mineros en Ecuador en el 2023; con una contribución estimada del 10.2% al PIB nacional. No obstante, la ciudad de Riobamba enfrenta importantes desafíos en la difusión de su oferta turística, pues aún con la importancia de este sector, se mantiene un enfoque tradicional enfocado principalmente en el uso de contenido en la web, fotografías, imágenes y videos 360; sin aprovechar plenamente las nuevas tecnologías, lo que resulta en una experiencia turística que no es atractiva ni competitiva a nivel internacional.

Cabe recalcar que a pesar de algunos proyectos iniciales que exploran el uso de tecnologías inmersivas, la información estática tradicional ofrecida resulta insuficiente. Así pues, surge

el desafío de crear experiencias inmersivas que le permitan sentir que está presente en el destino aun sin viajar, sienta curiosidad por el lugar y se sienta involucrado activamente a través de la interacción sin aburrir o sobrecargar la experiencia del usuario.

1.2 Justificación

A nivel mundial, el uso de tecnologías emergentes e inmersivas para proyectos de turismo ha ido ganando cada vez más fuerza, con un mercado aproximado de 27,9 mil millones de dólares en el año 2023, y con unos ingresos estimados superiores a los 100.000 millones de dólares para 2028 [6]. De hecho, proyectos internacionales como "Virtual Yosemite" y "Machu Picchu 360" han demostrado el potencial de la realidad virtual para atraer turistas y mejorar la experiencia del usuario mediante recorridos en 360 grados y modelado 3D.

Bajo esta línea, el uso de nuevas tecnologías representa una necesidad en lugares en donde el turismo constituye una de las principales fuentes de ingreso. Luego, esto puede significar una ventaja competitiva para la promoción turística en la era digital. Así pues, el desarrollo de un videojuego que combina las tecnologías de realidad virtual, inteligencia artificial, motores gráficos y modelado 3D busca romper con las barreras de espacio-tiempo tradicionales en el sector turístico y enriquecer la capacidad de interacción de los usuarios con el lugar que desean visitar, mediante una experiencia más dinámica y atractiva. Además, al adoptar estas tecnologías se puede atraer a un público más amplio y familiarizado con la tecnología, ayudando a que Riobamba pueda posicionarse como un destino innovador en el ámbito turístico a nivel regional.

1.3 Formulación del Problema

¿En qué medida un videojuego con realidad virtual e inteligencia artificial, desarrollado con Unreal Engine, puede incidir en la interacción del usuario para la exploración de los escenarios turísticos de la ciudad de Riobamba, Ecuador?

1.4 Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un videojuego de realidad virtual utilizando Unreal Engine e inteligencia artificial, para la exploración de escenarios turísticos en la ciudad de Riobamba.

Objetivos Específicos

- Investigar metodologías para el desarrollo de aplicaciones inmersivas de turismo usando Unreal Engine con la integración de inteligencia artificial y realidad virtual.
- Crear un prototipo de videojuego con las tecnologías de realidad virtual e inteligencia artificial que recree detalladamente escenarios turísticos de Riobamba, integrando elementos de gamificación educativa para el usuario.
- Evaluar la capacidad de interacción del videojuego con realidad virtual e inteligencia artificial, conforme a los criterios del modelo de calidad en uso de la norma ISO 25010.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Realidad virtual

De acuerdo con Diaz et al. [7] la realidad virtual, en el contexto del desarrollo de videojuegos, se refiere a la presentación de un mundo generado por computadora con el cual un usuario puede interactuar desde mirar hasta modificar el mundo virtual. Así pues, la aplicación de esta tecnología junto con la “Realidad Aumentada” ha llevado a un nuevo nivel al concepto de la gamificación inmersiva, siendo los videojuegos productos en los que el usuario final tiene la capacidad de sumergirse en una experiencia única en la que forma parte del escenario. El principal uso de esta combinación se evidencia en aplicaciones de turismo inteligente como una ventana al resto del mundo de los sitios turísticos de una locación; y en simulaciones de carácter médico-científico.

2.2 Realidad virtual en turismo

Una de las industrias que más aprovecharon el uso de tecnologías inmersivas (como la realidad virtual) fue la turística, cuyo fruto se refleja en el desarrollo de proyectos enfocados en crear experiencias inmersivas inolvidables que eviten a los usuarios la presencialidad, como un medio de impulso para la difusión y promoción turística. Así pues, en la **Tabla 1** se muestra un resumen de los proyectos más representativos que han sido implementados a nivel mundial.

Tabla 1: Proyectos de realidad virtual a nivel global y regional

Proyecto	Ubicación	Descripción
Tour of the Louvre Museum	Francia	Visita virtual al Museo del Louvre para explorar galerías y obras de arte (incluyendo la Gioconda) mediante un entorno virtual, fotografías 360 y realidad aumentada.
Explore Petra	Jordania	Recorrido virtual por tumbas y monumentos de Petra, recreado con Unreal Engine para una experiencia inmersiva en tiempo real.
Virtual Yosemite	EE. UU.	Recorridos virtuales en 360 grados del Parque Nacional Yosemite, ofreciendo una experiencia interactiva en línea.
Machu Picchu 360	Perú	Experiencia interactiva para explorar la historia y vistas panorámicas 360 de Machu Picchu mediante cámaras y modelado 3D.
Brasil 360	Brasil	Permite explorar destinos icónicos de Brasil en realidad virtual a través de imágenes y videos en 360 grados.

Fuente: Adaptado de [1] [2] [8] y [9]

Por otro lado, en Ecuador no es fácil encontrar experiencias de realidad virtual **implementadas** en el sector turístico. Esto podría deberse a la complejidad de recrear escenarios realistas que simulen el comportamiento natural, o por la falta de apoyo en infraestructura de desarrollo. Las iniciativas más destacadas se encuentran resumidas en la **Tabla 2**.

Tabla 2: Uso de tecnologías inmersivas en el Ecuador

Proyecto	Ubicación	Tecnología Usada	Beneficios	Limitaciones
Andean Forest VR	Pichincha	Imágenes 360 y contenido interactivo	Explorar los bosques andinos; accesible a través de la web.	No es una realidad virtual completa, sino una adaptación 360.

Bioparque Amaru	Cuenca	Realidad con Gamificación (FURPS)	Virtual	Alta satisfacción de usuarios; mejora en la experiencia y concienciación ambiental.	Requiere dispositivo VR para interacción completa.
Organizaciones comunitarias	Riobamba	Unity, Mixta	Realidad	Apoyo a la presentación de organizaciones	aplicaciones limitadas en la industria del turismo local
Videojuegos culturales	Riobamba	Unreal Engine		Representación cultural y recreación de escenarios locales.	Dificultad de desarrollo y acceso
Recreaciones de escenarios	Riobamba	Unreal Engine		Interactividad en espacios mejora en la experiencia	Alcance limitado al acceso a dispositivos de realidad virtual e infraestructura local

Fuente: Adaptado de [3] [4] [10] [11] y [12]

Ahora bien, la aplicación de este tipo de tecnología en plataformas destinadas a la promoción turística no es en vano. Conforme a la revisión sistemática realizada por Ponte et al. [13], se concluye que el uso de la realidad virtual en este ámbito tiene un impacto significativo en el logro de los objetivos de turismo sostenible, sin necesidad de trasladarse físicamente. Entre los aspectos más destacados se encuentran el acceso a destinos remotos o de difícil acceso, así como la generación de experiencias inmersivas, lo cual repercute en una mejora de la percepción y satisfacción del usuario en un 77,8 %, además de un incremento del 44,4 % en la participación y entusiasmo del usuario.

Asimismo, Ponte et al. [13] destaca la relevancia de la realidad virtual como herramienta de influencia sobre las decisiones, opiniones y percepción previa a la visita, siendo hasta cierto punto una ventaja competitiva cuyos puntos fuertes, conforme con los resultados, recaen sobre el acceso a la información/conocimiento de manera inmersiva en el 100% de los casos, y el ahorro de tiempo y/o dinero en el 66.7% de estos. Luego, el potencial de la realidad virtual para la mejora en la interacción turística es una oportunidad que podría transformar el modo en que las personas visitan cualquier destino alrededor del mundo.

2.3 Videojuego

Desde un punto de vista general, un videojuego se puede considerar una forma de entretenimiento electrónico que implica una interacción directa entre el usuario mediante una interfaz gráfica. Su principal objetivo es el entretenimiento, aunque su enfoque puede orientarse a la interacción del usuario, aprendizaje, motricidad, entre otros [3]. Los videojuegos han evolucionado desde sus primeras versiones simples hasta experiencias inmersivas que utilizan tecnologías avanzadas como la realidad virtual y la inteligencia artificial. El uso de nuevas tecnologías en el campo del desarrollo de videojuegos es sustancial, pues abre el camino a la creación de mundos virtuales realistas y envolventes en donde los jugadores pueden participar activamente al asumir roles, resolver desafíos y sumergirse en narrativas que ayudan a la exploración de diferentes escenarios.

2.3.1 Entornos virtuales y gamificación

La incorporación de la gamificación no es un tema desconocido en el campo de la realidad virtual, pues es uno de los principales focos de concentración en la industria del entretenimiento. Según la revisión sistemática ejecutada por Zavaleta et al. [14], el uso de videojuegos en el turismo presenta tanto ventajas como desventajas. Por un lado, se notó que aquellos juegos basados en sitios turísticos motivan a los jugadores a explorar el mundo real, educarse sobre distintas culturas, fomentar la colaboración e interacción social, impulsar o despertar el interés turístico particular, entre otros; constituyendo una experiencia única, auténtica y enriquecedora [14]. No obstante, también tienen sus aspectos negativos como uso de información imprecisa y desactualizada, una tendencia a permanecer jugando, distracciones o adicciones.

En Ecuador, esta combinación de tecnologías se ha utilizado en campos principalmente educativos, sea válido el caso de la educación vial en la ciudad de Cuenca, en donde la utilización de VR permitió visualizar escenarios educativos en una perspectiva tridimensional, transformando conceptos a través de una rápida percepción sensorial a priori de aumentar la motivación de los usuarios hacia la educación en seguridad vial [15]. Por otro lado, en el campo industrial ha sido utilizada como sustituto para el entrenamiento de trabajadores en Dundee Precious Metals y SG-SST [16]; en pro de la integridad física en simulaciones de posibles situaciones en un ambiente controlado.

2.4 Inteligencia Artificial

Se basa en la capacidad de una máquina para realizar tareas cognitivas que por lo general requieren de características humanas como el razonamiento, el aprendizaje, la percepción y la toma de decisiones [17]. En el contexto de los videojuegos, la IA se utiliza para que los actores dentro de un juego tengan comportamientos inteligentes y realistas, ofreciendo así experiencias más desafiantes y dinámicas. Un ejemplo claro de esto son los personajes no jugables (NPC) que aunque son personajes controlados por una computadora se comporten de manera creíble a los ojos del usuario.

2.4.1 Integración de IA en entornos virtuales

Con el avance de la IA, se exploraron nuevas posibilidades para su aplicación en entornos virtuales. La implementación de técnicas avanzadas de inteligencia artificial como el aprendizaje por refuerzo ha permitido la creación de NPCs más inteligentes y adaptativos. En este contexto, investigaciones recientes como la de Kothari et al. [18] y Muzammul et al. [19] demuestran que el desarrollo de juegos utilizando IA en Unreal Engine se puede integrar eficazmente para mejorar la experiencia del usuario y mejorar la interactividad y el realismo en elementos como NPCs.

2.4.2 Convai

La inteligencia artificial en entornos virtuales permite la creación de personajes y sistemas que pueden adaptarse y responder automáticamente a las acciones del usuario [20]. CONVAI (Conversational AI) es un marco avanzado que facilita el despliegue de inteligencia artificial conversacional en Unreal Engine mediante el uso del procesamiento del lenguaje natural (NLP) y técnicas de aprendizaje automático. Luego, es posible la creación de NPCs que pueden interactuar de forma natural con los usuarios a través de un avatar que proporciona respuestas contextuales y conductualmente apropiadas a la realidad.

2.5 Motor de desarrollo de videojuegos

Supone un conjunto de herramientas y bibliotecas sobre la que se ejecuta todo el proceso de diseño, creación, y representación de un videojuego. Según Brito y Samaniego [4], esta herramienta es esencial pues permite el desarrollo de funciones preconstruidas básicas de un juego, entre ellas: un motor de renderizado para gráficos en dos y tres dimensiones, un detector de colisiones, contenido multimedia, elementos de ambientación, animación, scripting, redes, streaming, entre otras. Unity y Unreal Engine son ejemplos clásicos de este tipo de herramientas debido a su potencial de desarrollo de juegos 2D básicos hasta experiencias 3D complejas de máxima calidad.

2.5.1 Unreal Engine

Es un motor de desarrollo de videojuegos avanzado utilizado para la creación de aplicaciones y juegos 3D, y que destaca por su flexibilidad y exorbitantes capacidades gráficas destinadas a crear experiencias visuales y productos de entretenimiento de alta calidad. Las principales características de esta herramienta se resumen en la **Figura 1**.



Figura 1: Principales características de Unreal Engine 5

Fuente: Adaptado de [4]

2.6 Modelado 3D

Conforme con Escobar [21], el término se refiere al proceso de crear objetos virtuales en tres dimensiones mediante el uso de tecnología computacional. El objetivo principal de esta técnica es generar representaciones convincentes utilizando técnicas como la creación de

mallas poligonales, texturización, iluminación y animación. Así pues, su uso encamina la creación de modelos detallados y realistas como personajes, escenarios y efectos visuales, que son la base gráfica de los videojuegos y otras aplicaciones interactivas.

2.6.1 Blender

Software con un conjunto de herramientas gratuitas y de código abierto, principalmente enfocado en la creación de modelos tridimensionales, aunque también se puede usar para el diseño de imágenes fijas, animaciones tridimensionales y efectos visuales [22]. Gracias a su versatilidad y potencia, este software es ampliamente utilizado en la industria del cine, la animación y el desarrollo de videojuegos, dado que ofrece herramientas avanzadas para cada fase del proceso de producción.

2.7 Metodologías de desarrollo de videojuegos con realidad virtual

Se entiende una metodología de desarrollo como un marco de trabajo que establece las directrices de desarrollo para un equipo de trabajo en función de etapas, que llevan a la creación de un software como producto final [23]. Independientemente del tipo de aplicación, herramientas usadas para su construcción, plataforma y público objetivo; su desarrollo se basa en una metodología de desarrollo de software. Ahora bien, revisiones sistemáticas sobre la aplicación de metodologías de desarrollo sobre la creación de juegos y realidad virtual como el trabajo de Ambros-Antemate et al. [24] concluyen que las más apropiadas para el desarrollo de este tipo de productos son Scrum, Kanban, SUM y Diseño Centrado en el Usuario (UCD).

2.7.1 SCRUM

Es una metodología ágil ampliamente empleada en el desarrollo de software por su enfoque incremental e iterativo en periodos de tiempo determinados. En la **Tabla 3** se presenta un resumen de las características de esta metodología.

Tabla 3: Principales características de SCRUM

Aspecto	Descripción
Características	- Incremental e iterativa - Retroalimentación continua - Flexibilidad y adaptabilidad.
Roles principales	Product Owner, Scrum Master y equipo de desarrollo.
Ventajas	- Gestión flexible - Adaptabilidad a tecnologías emergentes - Enfoque en la retroalimentación continua.
Limitaciones	- Dificultades en proyectos individuales o con equipos pequeños sin roles bien definidos.

Fuente: Adaptado de [25]

Entre los trabajos que aplican esta metodología y que involucran tecnologías inmersivas y gamificación; se pueden enfatizar el trabajo de Crespo et al. [26] y Criollo et al. [25] quienes, tras la aplicación de Scrum como método de gestión de desarrollo de un videojuego y un aplicativo par Oculus Rift respectivamente, destacan que si bien la metodología da buenos

resultados en el desarrollo; la asignación de roles, la planificación y la gestión de equipos en reuniones son aspectos clave para poder cumplir con todos los requisitos funcionales del cliente. Asimismo, el contar con personal suficiente y capaz fue clave para la correcta ejecución de los proyectos además de que fue imprescindible que cada persona cumpla con su papel y que se solucionen los obstáculos de una manera rápida y eficiente para cumplir con los sprints establecidos.

Nótese que la integración de realidad virtual en el desarrollo de estos juegos serios no afecta en lo más mínimo al funcionamiento y la aplicación de la metodología por lo que se puede inferir que Scrum se adapta con nuevas tecnologías. No obstante, a pesar de ser fácilmente aplicable y versátil para el desarrollo de cualquier producto de software, no es la más adecuada para proyectos individuales o grupos pequeños sin características definidas.

2.7.2 Kanban

La esencia de esta metodología es el enfoque incremental de funcionalidades en un producto y no en ciclos iterativos como la metodología anterior. En la **Tabla 4** se presenta un resumen de las características de esta metodología.

Tabla 4: Principales características de Kanban

Aspecto	Descripción
Características	- Enfoque incremental sin ciclos iterativos - En cada incremento se crea un tablero Kanban donde se definen todas las fases del ciclo de desarrollo. - Flexibilidad en los requisitos y duración de etapas. - Flexibilidad para ajustar requisitos y flujo durante el desarrollo.
Ventajas	- Ideal para equipos pequeños sin necesidad de reuniones o eventos obligatorios. - Permite la reconfiguración y adaptación de requisitos durante cada incremento sin afectar el avance.
Limitaciones	- Puede carecer de estructura en equipos grandes debido a la falta de roles claramente definidos. - No es adecuado para proyectos con plazos rígidos o donde se necesite una planificación más detallada y estructurada.

Fuente: Adaptado de [27]

La aplicación de esta metodología en la creación productos de gamificación como los de Fernández [27] y Muñoz [28] (videojuego de terror creado con Unity y producto de gamificación en VR respectivamente) fue clave para cumplir con los plazos y asegurar la satisfacción del cliente. En estos casos se notó que los tableros Kanban permitieron la delimitación temprana de los requisitos, su categorización por prioridades y la definición flexible de la duración de cada incremento. Asimismo, se facilitó tanto la segmentación en etapas del proyecto (permitiendo una implementación eficiente tanto de los requisitos funcionales como no funcionales) como la flexibilidad para ajustar el flujo de trabajo y los requisitos del sistema sin comprometer el progreso.

Nótese además que, para la aplicación de esta metodología en los proyectos con componentes de realidad virtual como los trabajos de Fernández [27] y Muñoz [28] se

recomienda la separación de la configuración de controles e interacción con los componentes de realidad virtual en un incremento de duración indefinida, a priori de la reconfiguración y adaptación de las mecánicas de juego y sistemas de interacción, de forma paralela al desarrollo de la aplicación.

2.7.3 Diseño Centrado en el Usuario (UCD)

De acuerdo con Bezares et al. [29], esta metodología se centra en el desarrollo de sistemas interactivos de todo tipo y se supone una actividad multidisciplinar con la incorporación de factores humanos y conocimientos ergonómicos. Su aplicación favorece la eficiencia y eficacia de sistemas interactivos procurando la mejora de las condiciones del trabajo humano y la reducción de los posibles efectos adversos de su utilización sobre la salud, la seguridad y las características funcionales. Así pues, esta metodología procura la satisfacción y fácil uso del usuario sobre los aspectos técnicos de una aplicación, por lo que supone un análisis profundo de las características, las necesidades y las preferencias de los usuarios finales a priori de garantizar el mejor producto que el usuario pueda desear.

Si bien esta metodología cuenta con un marco de seis fases aplicables a equipos de trabajo: acuerdos iniciales, diseño conceptual, desarrollo, prueba y validación, cierre e implementación, y finalmente retroalimentación y mantenimiento; esta adaptable y se basa en un proceso iterativo con prototipos que se van refinando en cada ciclo con el fin de acercarse a la solución óptima para el usuario, por lo que es ideal para el desarrollo de videojuegos.

Su aplicación en el desarrollo de productos de gamificación como los presentados por Bezares et al [29] y Castillo et al [30] (juegos serios para la enseñanza de inglés en plataformas móvil y AR respectivamente), resaltan la importancia de la participación del usuario final, la documentación de necesidades, objetivos del proyecto, y el enfoque en un proceso de mejora continua para optimizar la usabilidad y ergonomía. De igual manera, se nota que es esencial un estudio previo sobre las preferencias de los usuarios, definir prioridades en los requisitos y evaluar los diseños frente a estos requisitos a priori de planificar mejoras futuras para otras iteraciones o versiones del producto.

2.7.4 SUM para videojuegos

Conforme con León y Barona [31] SUM adecua tanto la estructura como los roles establecidos en Scrum, otorgando flexibilidad del ciclo de vida, adaptabilidad al contexto de desarrollo del proyecto y un enfoque centrado en la continua mejora. Luego, esta metodología es perfecta para aquellos proyectos en los que no existen requisitos fijos como los videojuegos a priori de acoger al cambio de una forma adecuada.

El ciclo de vida de esta metodología reconoce cinco fases (véase la **Figura 2**); que deben ser ejecutadas por un equipo donde se distingan cuatro roles: equipo de desarrollo, productor interno, cliente y verificador beta. Nótese que las fases de concepto, planificación y cierre

solo se pueden ejecutar una vez, mientras que las fases de elaboración y beta se pueden repetir las veces necesarias. En cada etapa se considera la gestión de riesgos cuyo propósito es la prevención, seguimiento y contingencia de los posibles errores en el desarrollo.

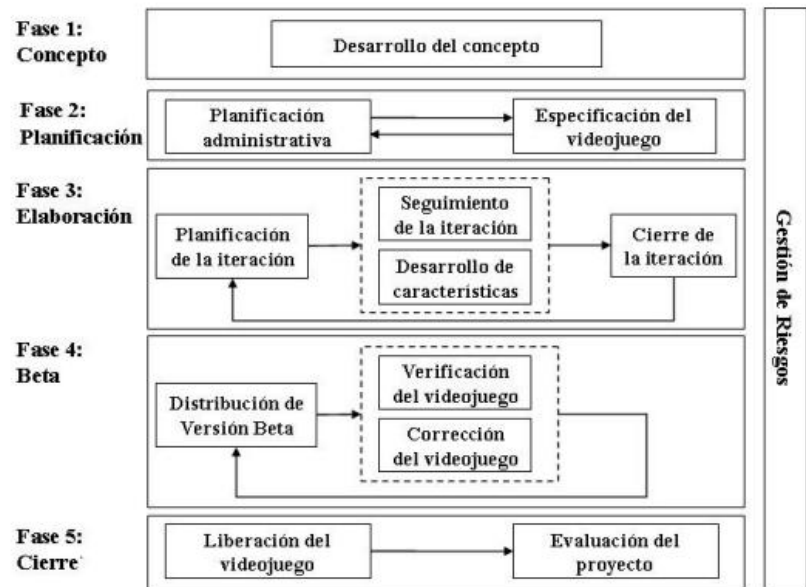


Figura 2: Ciclo de vida de SUM
Fuente: [31]

En el proceso de desarrollo de un videojuego, las fases de la metodología SUM tienen objetivos propios. Cada una de las fases se describen en la **Tabla 5**.

Tabla 5: Fases de la metodología SUM

Fase	Descripción
Concepto	Se determinan los aspectos que conforman la idea central del videojuego (público objetivo, características principales, funcionalidades, personajes) y elementos técnicos (tecnología, herramientas, lenguaje de programación, roles).
Planificación	Se planifican las etapas restantes de acuerdo con un cronograma diseñado por todas las partes en donde se especifican los hitos o metas, el equipo para cada fase, el presupuesto, las tareas y la especificación de las características funcionales y no funcionales.
Elaboración	Se desarrolla e implementa el videojuego en sí mismo. Para ello se trabaja de manera incremental en iteraciones donde se definen objetivos, métricas de seguimiento, características y tareas para cada iteración. Nótese que tras la finalización de cada iteración se debe hacer una evaluación de la funcionalidad a priori de evaluar el estado del proyecto e identificar cambios.
Beta	El verificador beta y el cliente evalúan los aspectos del videojuego (jugabilidad, experiencia de juego, diversión, curva de aprendizaje, dificultad, etc.), a priori de recoger información para ajustes en el juego de ser necesarios.
Cierre	Supone la entrega al cliente de la versión final del producto de gamificación

Fuente: Adaptado de [32]

Entre los proyectos de gamificación desarrollados con esta metodología está el trabajo de Cartuche y Palma [33], que creó un videojuego para simular la recolección de piezas en escenarios 3D de la ciudad de Loja, donde se resalta la importancia tanto de las fases de concepto y planificación para la reducción de iteraciones, como las pruebas de funcionalidad para identificar y corregir errores, logrando un alto índice de aceptación entre los usuarios.

Asimismo, el trabajo de Castro et al [34], que desarrolló un videojuego con Unreal Engine para simular el adiestramiento de roedores incorporando inteligencia artificial ilustra una planificación similar, pero una ejecución que se realizó mediante iteraciones simultáneas a la fase beta, enfocándose en ajustes en la IA y el entorno virtual antes de la entrega final.

En definitiva, el uso de la metodología SUM para el desarrollo de videojuegos, ya sean tradicionales o con nuevas tecnologías, es en extremo efectiva pues además de otorgar procedimientos de acción organizados, se puede modificar su aplicación y requerimientos en etapas intermedias. Sumado a lo anterior, ayuda a la gestión de riesgos pues en cada una de las etapas para la corrección de errores, mejoras en el desarrollo y limitaciones. Todo esto con el fin de garantizar un producto de calidad agradable para el usuario

2.8 Norma ISO 25010

Esta norma establece un marco de evaluación de la calidad del software y los sistemas de información reconocido internacionalmente. Perteneciente a la familia de normas ISO 25000, corresponde a la evolución de las normas ISO/IEC 9126 e 1459, siendo su objetivo principal la orientación para el desarrollo de productos de software mediante la especificación de parámetros de evaluación sobre características de calidad de software.

De acuerdo con ISO 25010 [35], esta norma “representa la piedra angular en torno a la cual se establece el sistema para la evaluación de la calidad del producto”, es decir, el grado en que dicho producto satisface los requisitos de sus usuarios aportando de esta manera un valor al software en sí mismo. El modelo de calidad del producto establecido por esta norma consta de nueve características de calidad, que se subdividen en sub características como se muestra en la **Figura 3**.

CALIDAD DEL PRODUCTO SOFTWARE								
ADECUACIÓN FUNCIONAL	EFICIENCIA DE DESEMPEÑO	COMPATIBILIDAD	CAPACIDAD DE INTERACCIÓN	FIABILIDAD	SEGURIDAD	MANTENIBILIDAD	FLEXIBILIDAD	PROTECCIÓN
COMPLETITUD FUNCIONAL	COMPORTAMIENTO TEMPORAL	COEXISTENCIA	RECONOCIBILIDAD DE ADECUACIÓN	AUSENCIA DE FALLOS	CONFIDENCIALIDAD	MODULARIDAD	ADAPTABILIDAD	RESTRICCIÓN OPERATIVA
CORRECCIÓN FUNCIONAL	UTILIZACIÓN DE RECURSOS	INTEROPERABILIDAD	APRENDIZABILIDAD	DISPONIBILIDAD	INTEGRIDAD	REUSABILIDAD	ESCALABILIDAD	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS
PERTINENCIA FUNCIONAL	CAPACIDAD		OPERABILIDAD	TOLERANCIA A FALLOS	NO-REPUDIO	ANALIZABILIDAD	INSTALABILIDAD	PROTECCIÓN ANTE FALLOS
			PROTECCIÓN FRENTE A ERRORES DE USUARIO	RECUPERABILIDAD	RESPONSABILIDAD	CAPACIDAD DE SER MODIFICADO	REEMPLAZABILIDAD	ADVERTENCIA DE PELIGRO
			INVOLUCRACIÓN DEL USUARIO		AUTENTICIDAD	CAPACIDAD DE SER PROBADO		INTEGRACIÓN SEGURA
			INCLUSIVIDAD		RESISTENCIA			
			ASISTENCIA AL USUARIO					
			AUTO-DESCRIPTIVIDAD					

Figura 3: Características y Sub-Características de la norma ISO/IEC 25010

Fuente: [35]

Son estos requisitos aquellos que facilitan a las organizaciones y desarrolladores la mejora continua de sus productos, asegurando que cumplan con las expectativas de los usuarios y las necesidades del mercado, contribuyendo así a la fiabilidad y satisfacción del usuario final.

2.8.1 Capacidad de interacción

Conforme con la definición de la norma ISO/IEC 25010, la capacidad de interacción se refiere a “la capacidad del producto software para que el usuario interactúe mediante su interfaz intercambiando información para completar determinadas tareas” [35]. Esta característica está constituida a su vez en las siguientes sub características que se resumen en la **Figura 4**.

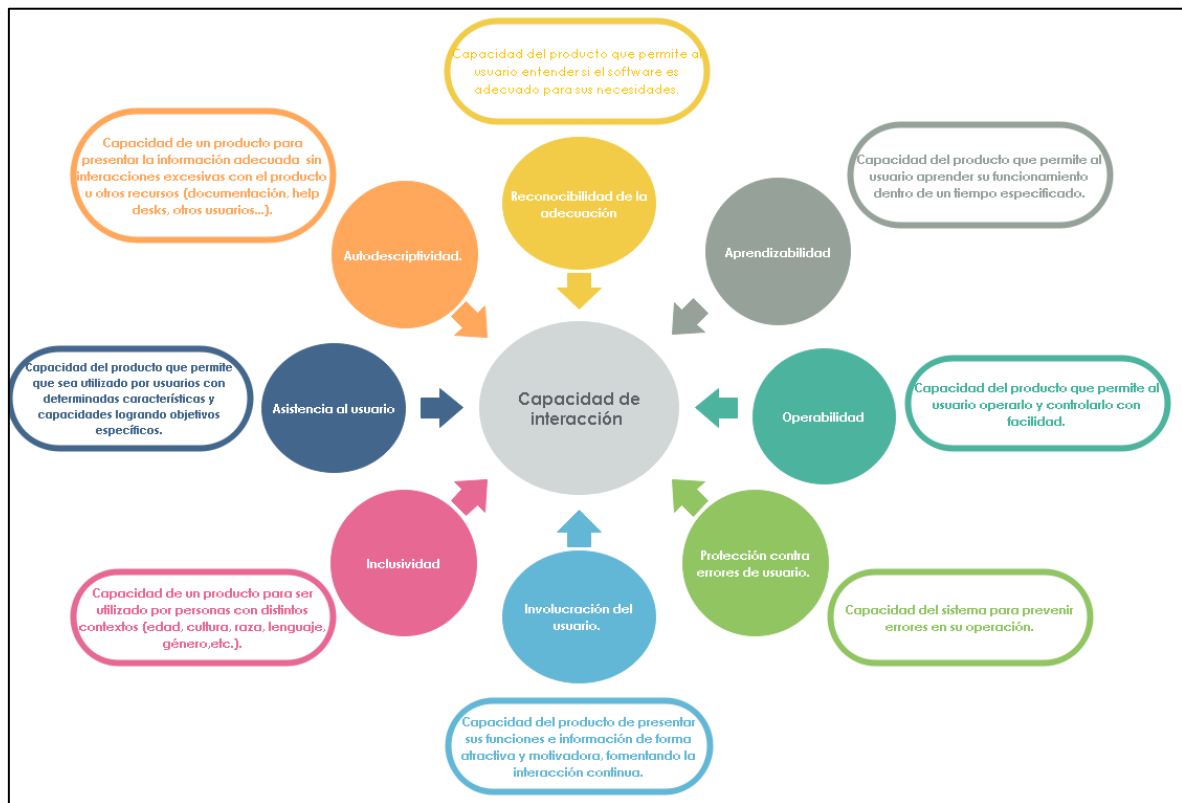


Figura 4: Indicadores de Capacidad de Interacción (ISO/IEC 25010)

Fuente: Adaptado de [35]

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

3.1.1 Según el objeto de estudio

La presente investigación se clasificó como **aplicada**, pues buscó emplear los conocimientos teóricos y prácticos del desarrollo de software. Su propósito fue la creación de una solución tecnológica interactiva e innovadora en el campo del turismo inteligente en la ciudad de Riobamba mediante la tecnología de realidad virtual.

Además, la investigación se clasificó como **descriptiva**, pues su objetivo fue detallar el impacto del aplicativo sobre la capacidad de interacción del producto. Esto se realizó a partir del análisis de datos recolectados sistemáticamente, según los criterios establecidos en la norma ISO 25010:2023.

3.1.2 Según el tipo de variable

Esta investigación presentó un enfoque cuantitativo, dado que se basó en el análisis de datos numéricos obtenidos a partir de métricas sobre la capacidad de interacción del software en favor de un análisis detallado y objetivo, mediante indicadores específicos que evaluaron la experiencia interactiva del usuario conforme con la norma ISO especificada.

3.2 Diseño de la Investigación

Esta investigación adoptó un diseño no experimental pues no se realizó manipulación intencional de variables; en su lugar, se observaron y analizaron las interacciones de los usuarios con el producto final en su contexto natural. Esto permitió evaluar el comportamiento del usuario al explorar escenarios turísticos de Riobamba a través de la aplicación sin introducir cambios que alteren los resultados.

3.3 Población de Estudio y Tamaño Muestra

3.3.1 Población de estudio

Para la presente investigación se consideró como universo una población de 100 individuos de 18 a 60 años. Cabe resaltar que se tomó esta población debido a la naturaleza del producto (prototipo) y la variedad de características (edad, percepción, gustos, etc.) que agrupa la población con el fin de obtener distintos puntos de vista en la evaluación del prototipo del producto.

3.3.2 Tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra, se utilizó la fórmula de muestreo aleatorio simple para poblaciones finitas, conforme con la fórmula presentada en la **Figura 5**.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

n = Tamaño de muestra buscado.

N = Tamaño de la Población o Universo

Z = Parámetro estadístico que depende el Nivel de Confianza (NC)

e = Error de estimación máximo aceptado

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

q = (1 - p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

Figura 5: Fórmula para el cálculo del tamaño de muestra para poblaciones finitas

Fuente: [36]

Así pues, para el cálculo de la muestra de este proyecto se tomó un nivel de confianza del 90% y un margen de error del 10%. Tras el cálculo, la muestra tomó un tamaño de 41 individuos como se ilustra en la **Ecuación 1**.

$$\begin{aligned} N &= 100 \\ Z_{\alpha}^2 &= 1.645 \\ p &= q = 50\% = 0.5 \\ e &= 10\% = 0.1 \end{aligned} \quad n = \frac{100 * 1.645^2 * 0.5 * (1 - 0.5)}{0.1^2 * (100 - 1) + 1.645^2 * 0.5 * (1 - 0.5)} \quad (1)$$

$$n = 40.594 \approx 41$$

3.4 Técnicas de Recolección de Datos

Para la recolección de datos de los indicadores, se utilizó como técnica la encuesta estructurada, apoyada en el instrumento conocido como cuestionario cerrado. Esta se implementó en formato online utilizando Google Forms. El cuestionario consistió en tres secciones, cada una correspondiente a un indicador, y ofreció opciones de respuesta basadas en una escala de Likert de cuatro niveles. Las secciones abarcaban las métricas relacionadas con los criterios de satisfacción del usuario, aprendizabilidad, operabilidad e involucración del usuario, en relación con el uso del prototipo del videojuego de realidad virtual para la exploración de los escenarios turísticos de la ciudad de Riobamba.

3.5 Métodos de Análisis y Procesamiento de Datos

Para tal fin se aplicó el análisis exploratorio de datos mediante indicadores numéricos y gráficos estadísticos apoyado en el software de procesamiento de datos SPSS. Así pues, el uso de estadística descriptiva de cada criterio funcional del producto permitió obtener una visión del indicador objetivo. Luego, fue posible determinar la medida en que el uso de la de gamificación, realidad virtual e inteligencia artificial inciden sobre la capacidad de la interacción.

3.6 Identificación de variables

3.6.1 Variable dependiente

Capacidad de interacción del usuario.

3.6.2 Variable independiente

Videojuego de Realidad Virtual

3.7 Operacionalización de variables

A continuación, la **Tabla 6** presenta la operacionalización de variables

Tabla 6: Operacionalización de las variables

Problema	Tema	Objetivos	Variables	Conceptualización	Dimensión	Indicadores
¿En qué medida un videojuego con realidad virtual e inteligencia artificial, desarrollado con Unreal Engine, puede incidir en la interacción del usuario para la exploración de los escenarios turísticos de la ciudad de Riobamba, Ecuador?	Videojuego de Realidad Virtual con Inteligencia Artificial para exploración de escenarios turísticos en la ciudad de Riobamba utilizando Unreal Engine.	General Desarrollar un videojuego de realidad virtual utilizando Unreal Engine e inteligencia artificial para la exploración de escenarios turísticos en la ciudad de Riobamba.	Independiente Videojuego de Realidad Virtual.	Aplicación interactiva que sumerge al jugador en un entorno tridimensional generado por computadora, y que, a través de dispositivos como visores, los usuarios pueden explorar y manipular este entorno.	Desarrollo de software.	Independiente • Requisitos Funcionales
		Específicos - Investigar metodologías para el desarrollo de aplicaciones inmersivas de turismo usando Unreal Engine con la integración de inteligencia artificial y realidad virtual. - Crear un prototipo de videojuego con las tecnologías de realidad virtual e inteligencia artificial que recree detalladamente escenarios turísticos de Riobamba, integrando elementos de gamificación educativa para el usuario. - Evaluar la capacidad de interacción del videojuego con realidad virtual e inteligencia artificial, conforme a los criterios del modelo de calidad en uso de la norma ISO 25010.	Dependiente Capacidad de interacción	"Capacidad del producto software para que el usuario interactúe mediante su interfaz intercambiando información para completar determinadas tareas." [35]	Modelo de calidad del software.	Dependiente. - Aprendizabilidad. - Operabilidad. - Involucración del usuario.

3.8 Metodología de desarrollo

La metodología SUM para videojuegos está estructurada por las fases de concepto, planificación, elaboración, beta y cierre. Su aplicación contribuyó a un desarrollo eficiente y organizado del producto final. Enseguida, se describen la aplicación de cada una de las fases que conforman el ciclo de vida de dicha metodología de desarrollo.

Fase de concepto

Esta etapa marcó el punto de partida del desarrollo del videojuego, contemplando la definición de los aspectos de negocio, técnicos y de juego del producto. Por un lado, los aspectos de negocio incluyen los objetivos del proyecto, el público al que se dirige y los posibles modelos de negocio, cuya definición se muestra en la **Tabla 7**.

Tabla 7: Aspectos de negocio del videojuego

Aspecto	Descripción
Nombre	Andean UnrealXperience
Objetivo principal	Ofrecer una experiencia inmersiva e interactiva para la exploración de escenarios turísticos de la ciudad de Riobamba.
Público objetivo:	Población general entre 18 y 60 años.
Modelo de negocio	Al ser un prototipo no se consideran mecanismos de generación de dinero.

Por otro lado, los aspectos de juego contemplan las características fundamentales del producto como el género, mecánicas, personajes, escenarios, gameplay, entre otras. Su definición se muestra en la **Tabla 8**.

Tabla 8: Aspectos de juego

Aspecto	Descripción
Género	Simulación, educación y turismo.
Mecánicas	Exploración libre de escenarios tridimensionales, minijuegos informativos, interacción con sistemas de inteligencia artificial y la posibilidad de interactuar con puntos de interés en modalidad VR.
Escenarios	Tres escenarios recreados con estilo y ambientación (sonido, iluminación, objetos, etc.) realista: un escenario que representa el turismo urbano (Parque Maldonado), un escenario que representa el turismo rural (Museo La Moya), un escenario que representa el turismo de aventura (Volcán Chimborazo).
Personaje	Un avatar personalizable que permite al jugador elegir tanto su género como entre los distintos personajes seleccionables.
Estilo visual	Gráficos realistas que aprovechan el motor gráfico Unreal Engine.
Gameplay	El jugador debe explorar los escenarios completando minijuegos dispersos para avanzar de un escenario a otro. Pare el modo de realidad virtual el jugador podrá visitar cada uno de los sitios turísticos de manera libre, visualizando información estratégica en puntos importantes de cada escenario.
Modos de juego	a. Modo Tradicional: Videojuego en tercera o primera persona que permite al usuario completar minijuegos entre los distintos escenarios, además de permitir la interacción con la IA. b. Modo de Realidad Virtual: Videojuego que permite al usuario explorar cada uno de los escenarios de forma libre, apoyándolo con información estratégica en puntos claves, además de permitir la interacción con la IA.

Finalmente, los aspectos técnicos implican la selección de las herramientas, las tecnologías que se van a emplear y las plataformas objetivo. Su definición se muestra en la **Tabla 9**.

Tabla 9: Aspectos técnicos del videojuego

Aspecto	Descripción
Herramientas y tecnologías principales	Unreal Engine 5: Motor gráfico Blueprints: Programación y configuración del videojuego. API Convai: Creación, entrenamiento y uso de la IA OpenXR: Desarrollo en Realidad Virtual.
Herramientas y tecnologías adicionales	Blender: creación, texturizado y exportación de modelos 3D. Cesium: Generación de horizontes Metahuman: Creación de personajes realistas
Plataformas objetivo	Windows (Escritorio) Oculus Meta Quest 2 (Gafas de realidad virtual)

Fase de planificación

Esta etapa persigue tanto la organización de las demás fases del proyecto como el detalle de las características a incorporar en el videojuego. Así pues, en esta fase se definieron los roles, sprints, y especificación de requisitos de la aplicación.

a) Roles

Para el desarrollo del producto se asignaron los roles definidos por la metodología SUM, como se describen en la **Tabla 10**.

Tabla 10: Roles y responsabilidades en el desarrollo

Rol	Descripción
Equipo de desarrollo	Autores del trabajo de investigación, quienes responsables de la definición del concepto, diseño y desarrollo del software, creación del arte gráfico y sonoro, etc.
Productor interno	Tutor del trabajo de investigación, quien guía y supervisa las actividades a realizar durante el correcto desarrollo del videojuego
Usuario final	Población general entre 18 y 60 años
Verificador beta	Tutor del trabajo de investigación, quien prueba el producto y determina fallas y/o errores a corregir

b) Especificación del videojuego

Requisitos funcionales

Especifican las funciones que la aplicación debe llevar a cabo, siendo aquellos presentados en la **Tabla 11**, los requisitos funcionales del presente proyecto.

Tabla 11: Requisitos funcionales

ID	Requisito funcional	Descripción	Prioridad
RF01	Escenarios turísticos realistas	Recreación altamente detallada y realista de los sitios turísticos representativos del turismo urbano (Parque Maldonado), rural (Museo La Moya) y de aventura (Volcán Chimborazo).	Alta
RF02	Modo de juego: Videojuego 3D	Interacción activa en un escenario gamificado que permite la exploración y cumplimiento de objetivos.	Alta
RF03	Sistemas de gamificación informativos	Implementación de minijuegos 2D y 3D, diseñados para informar al usuario sobre los atractivos turísticos e historia de un escenario en específico.	Alta
RF04	Modo de juego: Recorrido virtual	Experiencia inmersiva con sistemas de interacción informativos sobre puntos específicos del mapa, para la exploración de los sitios turísticos enriquecida.	Alta

RF05	Sistemas de inteligencia artificial	Integración de NPCs (personas o animales) con comportamientos programados de manera natural, que enriquecen la experiencia inmersiva del usuario.	Media
RF06	Chatbot interactivo	Implementación de un avatar de tipo chatbot que responde preguntas en tiempo real sobre los sitios turísticos.	Alta
RF07	Módulo de sistema de recomendaciones	Generación de sugerencias gastronómicas, turísticas y de alojamiento, basadas en las respuestas del usuario sobre lo que está buscando.	Media
RF08	Sistema de elección de mapas y de personaje	Funcionalidad para cambiar entre los distintos mapas que puede explorar el usuario en modalidad de videojuego 3D y recorrido virtual en VR. El usuario además puede cambiar su avatar género y apariencia.	Baja

Requisitos no funcionales

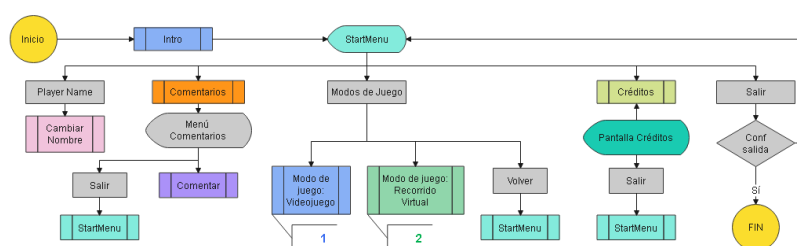
Suponen las características y atributos del funcionamiento general del sistema, siendo los mencionados en la **Tabla 12** aquellos definidos para este proyecto.

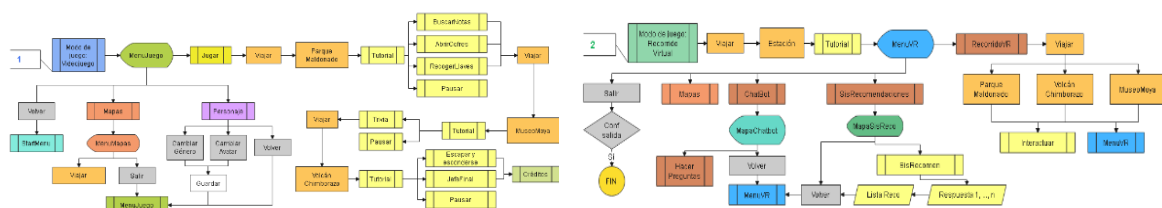
Tabla 12: Requisitos no funcionales

ID	Requisito funcional	Descripción
RNF01	Interfaz gráfica basada en widgets	La interfaz del videojuego y del recorrido VR se diseñó utilizando widgets para una interacción más clara y fluida del usuario.
RNF02	Programación basada en blueprints	El motor gráfico usado para la creación de cada modo de juego es Unreal Engine, cuya lógica de programación se basa en su sistema de programación por nodos o también conocido como blueprints.
RNF03	Rendimiento gráfico	Escenarios renderizados con gráficos de alta calidad, permitiendo al usuario elegir la calidad dependiendo del hardware que utilice a priori de centrarse en el rendimiento final.
RNF04	Usabilidad	Diseño centrado en el usuario, asegurando maximizar la experiencia del usuario al tener un sistema sencillo de manejar.
RNF05	Precisión de comportamiento y respuesta de la IA	Comportamientos de NPCs y sistemas de IA como el Chatbot, diseñados para responder con precisión y realismo a las interacciones de los usuarios, interactuando de manera casi inmediata.
RNF06	Inmersividad	El aplicativo garantizará una experiencia inmersiva y estable al utilizar los dispositivos de realidad virtual.

Diseño

Supone la definición de los principales elementos gráficos y conceptuales que sustentan el diseño del videojuego. En primer lugar, el diagrama de flujo del juego, ilustrado en la **Figura 6**, muestra la estructura y rutas que el jugador puede tomar, las transiciones entre las distintas secciones y la interacción de las mecánicas principales.





Adicionalmente, se diseñaron los wireframes como un primer acercamiento al diseño de la interfaz de usuario, a priori de determinar la disposición básica de los elementos y la organización de la información en pantalla, como se muestran en la **Figura 7**. (La presentación de todos los wireframes se pueden observar en el **Anexo I**)

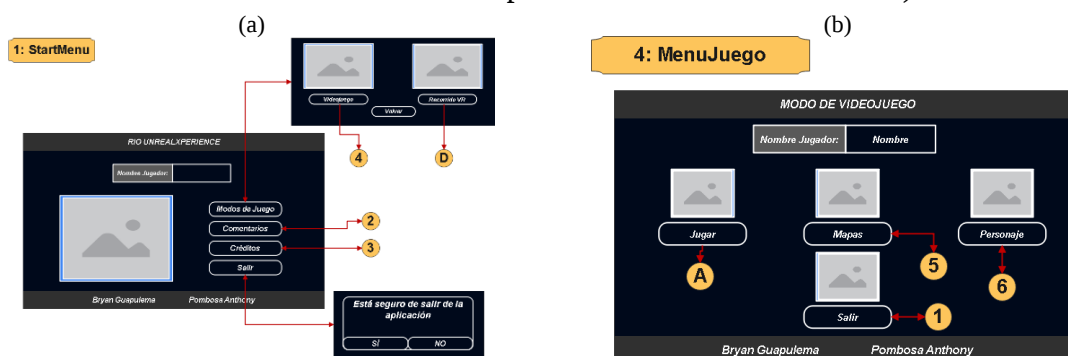


Figura 7: Diseño de interfaces (wireframes)
(a) Wireframe del menú de inicio, (b) Wireframe del Menú de Juego

Asimismo, se desarrollaron los diagramas de estructuración de escenarios (véase la **Figura 8**), que representan la estructura y disposición de los entornos del juego. La presentación de todos los diagramas de estructuración de escenarios se puede observar en el **Anexo II**.

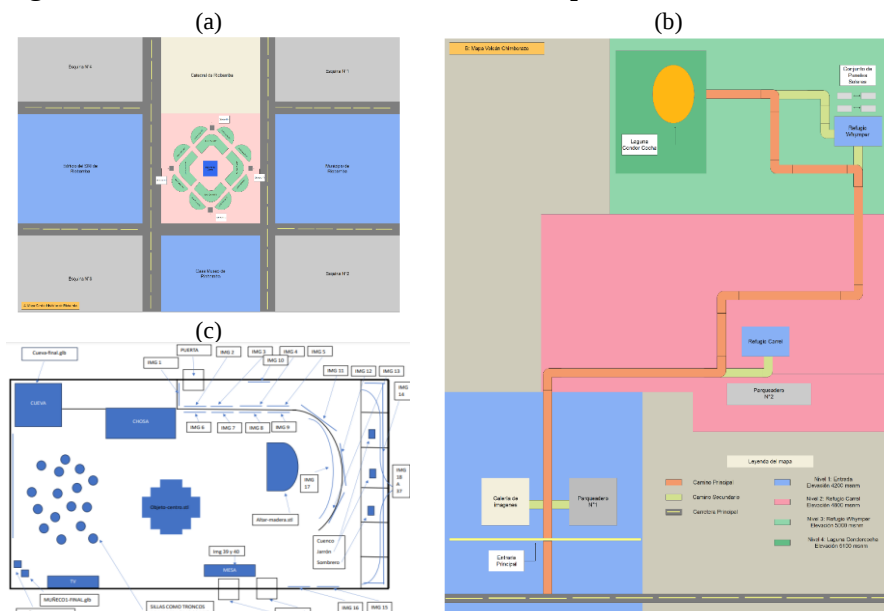


Figura 8: Diseño de estructura de los escenarios principales
(a) Mapa “Parque Maldonado”, (b) Mapa “Museo La Moya”, (c) Mapa “Volcán Chimborazo”

Nótese que si bien **NO** se hace uso de base de datos, se optó por el uso de structs (**Figura 9**), tipo de dato que permite la definición de variables de distinto tipo bajo un mismo nombre, en pro de un desarrollo escalable de funcionalidades.

S_ChestQuestions +Ch_Question: String +Ch_Answer: String	S_LoadingContent +Img_LS_Info: Texture2D +Txt_LS_Info: String	S_NoteList +ImgNote: Texture2D +MaterialNote: Material	S_XS_Questions +XS_Question: String +X_Subject: String	S_ObjectiveList +ObjectiveName: String +ObjectiveDescription: String +IsCompleted: Boolean
S_CommentInfo +Name: String +LastName: String +Date: DateTime +Message: String	S_TourismPlaces +DisplayName: String +PlacePicture: Texture2D +Address: String +Description: String +Type: String +Activities: String +Accesibility: String +Money: String	S_RestaurantPlaces +DisplayName: String +PlacePicture: Texture2D +Address: String +Description: String +Type: String +Athmosphere: String +Budget: String +Schedule: String	S_HotelsPlaces +DisplayName: String +PlacePicture: Texture2D +Address: String +Description: String +Type: String +Budget: String +Services: String +Location: String	S_MapsInfo +TravelString: String +Description: String +Preview: Texture2D
S_VROptionList +Icon: Texture2D +Description: String				S_WWBMQuestions +T_Question: String +T_Answers: String +CorrectIndex: Integer

Figura 9: Structs usadas para el desarrollo

Fase de elaboración

Se centra en el desarrollo del producto final de acuerdo con las especificaciones definidas a priori. Así pues, esta fase se ejecutó con un enfoque iterativo e incremental con el fin de producir versiones funcionales en cada iteración que cubran los requisitos del producto, y sometidas a revisiones que guíen la mejora continua.

a. Arquitectura de la aplicación

Unreal Engine brinda una colección de clases como marco de trabajo, que se ajusta a la tecnología usada, en pro de una programación modular. Este es personalizable y puede contar con una variedad de componentes, sin embargo, para el presente proyecto se optó por el uso de los componentes presentados en la **Figura 10**.

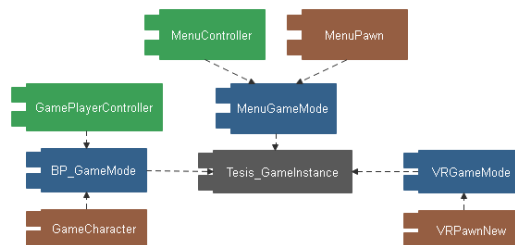


Figura 10: Framework para el proyecto de investigación

Así pues, se creó una instancia de juego que maneje la persistencia de los datos de juego y tres Game Modes que precisan el comportamiento dependiendo de la tecnología: uno para tercera persona, uno para la UI y uno para realidad virtual. Estos archivos son las piezas que conectan la lógica con los escenarios, siendo necesaria su edición en el diseño de cada uno de los sistemas (el desglose de componentes de arquitectura se presenta en el **Anexo IV**).

b. Primera etapa: Montaje de los escenarios

Modelado de objetos 3D

A partir de la información recopilada en cada uno de los sitios turísticos, se procedió a recrear los objetos presentes en los escenarios. Para ello, se utilizó el software Blender, que permitió modelar y editar los objetos tridimensionales, logrando representar con precisión la forma y estructura de cada elemento, (más objetos modelados en Blender se pueden ver en el **Anexo**

III). Para la aplicación de materiales y texturas se usó Unreal Engine, siendo necesaria la exportación de los modelos 3D en formato GLB. Así pues, se asignaron materiales y texturas personalizadas a cada objeto desde Quixel Bridge. El proceso de texturización se basa en conectar los nodos de texturas (mapa de color base, mapa de reflectividad, mapa de texturas normales, etc.) en el editor de materiales para finalmente asignarlos a instancias de material destinadas a cada uno de los elementos 3D, como se representa en la **Figura 11**.

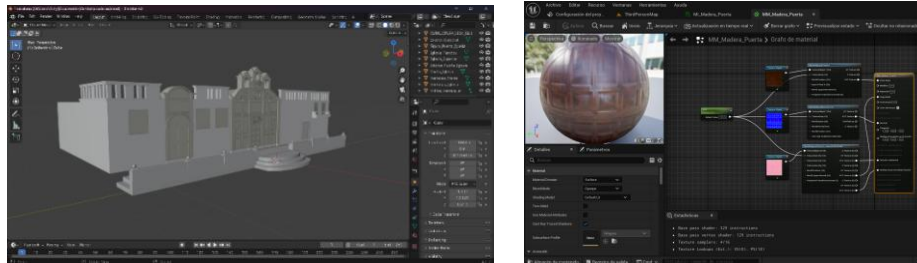


Figura 11: Modelado y texturizado de elementos 3D

Aplicación de puntos de colisión los objetos 3D

Finalizado lo anterior, se configuraron los puntos de colisión de cada objeto, como se ilustra en la **Figura 12**. Esta tarea garantiza que los objetos actúen como barreras físicas que el usuario no puede atravesar, logrando una interacción más realista.

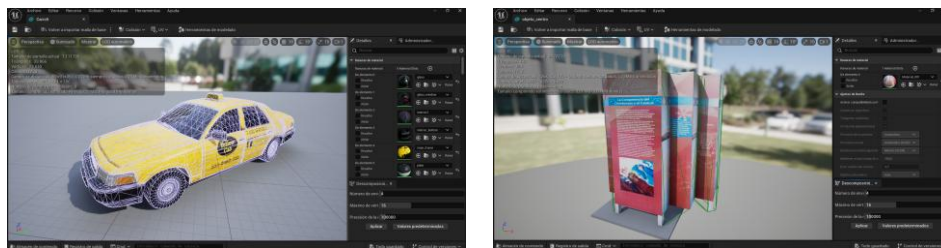


Figura 12: Puntos de colisión de un static mesh

Montaje del escenario: Parque Maldonado

Para el desarrollo del escenario se conservó la iluminación y cielo predeterminado, siendo imperante la recreación de la infraestructura interna según la forma, disposición y vegetación del lugar en la realidad. A continuación, se trabajó en la infraestructura que rodea al escenario, es decir, la colocación de edificios históricos (Catedral de Riobamba, GAD Municipal de Riobamba, Casa Museo de la ciudad y el Antiguo edificio del SRI), edificios circundantes, elementos de decoración como lámparas, basureros, postes, vehículos y otros objetos propios del entorno urbano, como se ilustra en la **Figura 13**.

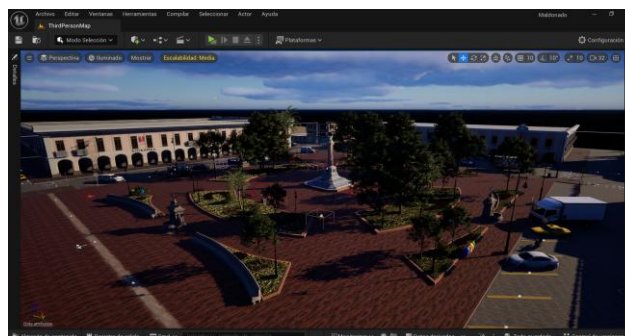


Figura 13: Elementos presentes en el mapa “Parque Maldonado”

Montaje del escenario: Museo de la Moya

Para este fin, se creó un mapa independiente con las configuraciones predeterminadas. Al ser un escenario cerrado, su desarrollo comenzó con la construcción de la infraestructura base: paredes, piso y techo. A continuación, se implementó la decoración interior (conformada por objetos de exposición), para lo cual se utilizó una combinación de modelado tradicional y la técnica de fotogrametría; y se aplicó una iluminación estratégica para asegurar que cada rincón este debidamente iluminado cómo se observa en la **Figura 14**.

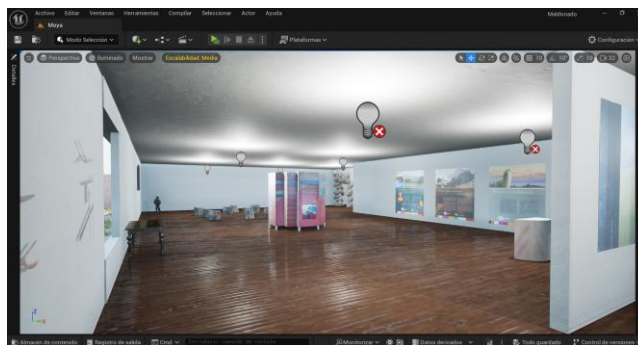


Figura 14: Elementos presentes en el mapa “La Moya”

Montaje del escenario: Volcán Chimborazo

Su desarrollo involucró la creación de un mapa independiente con el modo de landscape para para la generación de la topología del terreno en base a un mapa de alturas. Con el terreno generado, se asignaron texturas y vegetación según la elevación para recrear la geografía de la montaña. Así pues, en las zonas inferiores se utilizaron materiales del suelo andino, mientras que en la cumbre se aplicaron texturas de nieve como se observa en la **Figura 15**

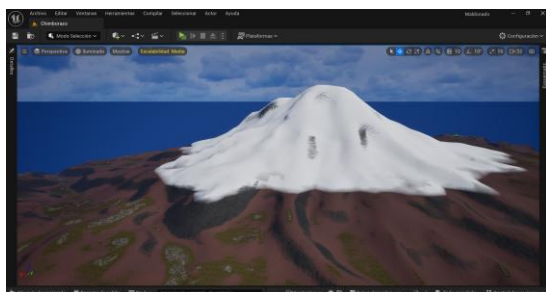


Figura 15: Landscape texturizado del Volcán Chimborazo

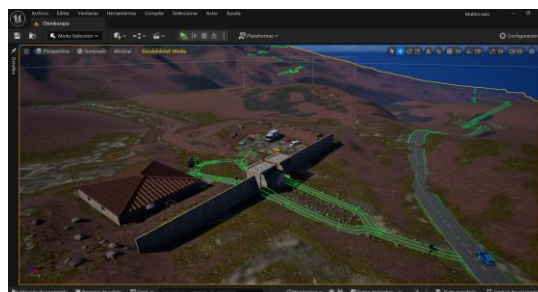


Figura 16: Elementos presentes en el mapa “Volcán Chimborazo”

Posteriormente, se implementó la infraestructura principal del lugar conformada por la entrada, la galería de información turística, los parqueaderos, el Refugio Hermanos Carrel, el Refugio Whymper y la Laguna Condorcocha. Tras ello, se recreó la decoración del escenario con elementos de señalización como letreros informativos y direccionales, vehículos estacionados en parqueaderos, y el diseño de caminos que conectan los diferentes puntos de interés del mapa, como se observa en la **Figura 16**.

Horizonte tridimensional

Para aumentar el realismo al escenario, se añadió un horizonte tridimensional mediante la herramienta Cesium (véase la **Figura 17**), una plataforma geoespacial que permite importar

al escenario cualquier parte del mundo. Para lograrlo, se ingresaron las coordenadas geográficas correspondientes a la ubicación deseada, utilizando el datum global WGS84.

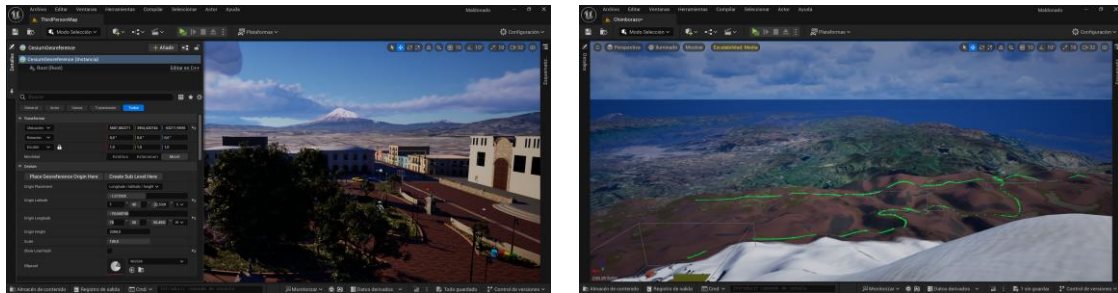


Figura 17: Mapa tridimensional creado en Cesium

c. Segunda etapa: Interfaz de navegabilidad

Desarrollo de las interfaces

Para la creación de las distintas interfaces de la aplicación se crearon widgets bajo las especificaciones de los wireframes definidas a priori y procurando que cumpla con el flujo del videojuego propuesto. Así pues, mediante el editor UMG se crearon cada una de las interfaces incluyendo texto, imágenes, botones, animaciones, entre otros elementos visuales según corresponde. En la **Figura 18** se muestra la creación de algunas interfaces en el editor UMG; aun así, para ver la creación de todas las interfaces consultar el **Anexo V**.

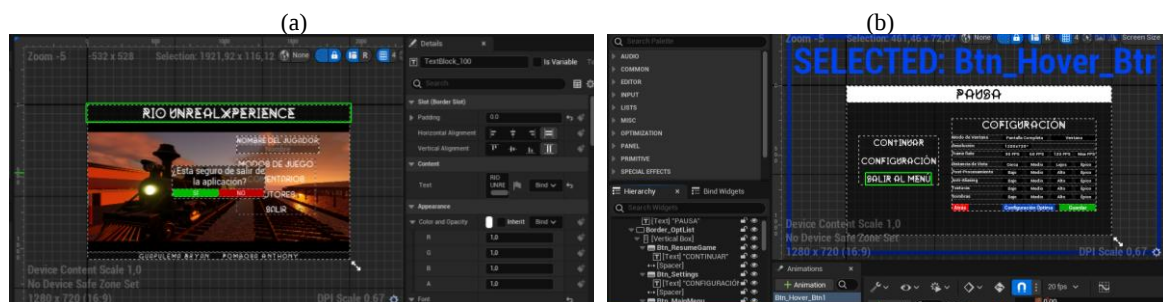


Figura 18: Diseño de interfaces de navegabilidad en el editor UMG

(a) Interfaz del menú de inicio, (b) Interfaz del Menú de Pausa

Para el funcionamiento de cada una de las interfaces se crearon múltiples funciones y eventos que manejan la lógica a través de blueprints como se nota en la **Figura 19**. Para observar la programación de todos los componentes ver el **Anexo VI**.

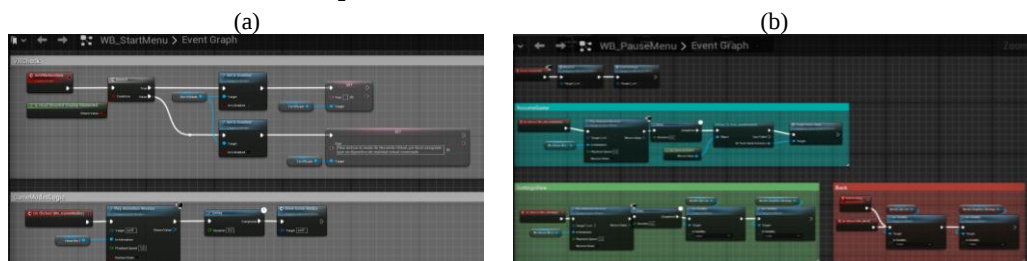


Figura 19: Programación de interfaces de navegabilidad

(a) Programación del menú de inicio, (b) Programación del Menú de Pausa

Para la administración de pantallas de la aplicación se utilizó el patrón de diseño Singleton. Así pues, se creó una función por interfaz en la Game Instance (véase en la **Figura 20**), con

el fin de que puedan ser invocadas en cualquier punto del juego usando la misma instancia del widget evitando errores de superposición.

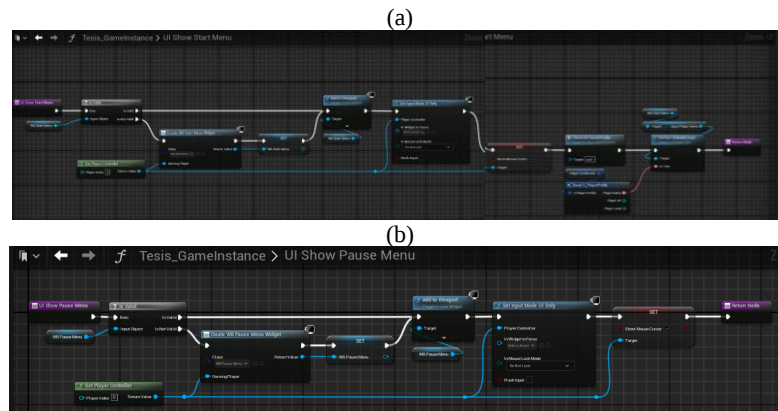


Figura 20: Manejo de interfaces de navegabilidad en la instancia de juego
(a) Función que muestra el menú de inicio, (b) Función que muestra el Menú de Pausa

Sistema de comentarios

Se incorporó un sistema de comentarios que recoge información del usuario y un breve texto, cuyo diseño se creó con el editor UMG conforme a su wireframe. Dicho sistema es llamado desde el menú de inicio y se diseñó para que al iniciar muestre los comentarios existentes, y un panel para agregar uno nuevo. (véase **Figura 21**)



Figura 21: Programación del módulo de comentarios

d. Tercera etapa: Modo de juego -Videojuego

En caso de seleccionar el modo “Videojuego” se despliega la pantalla principal con las opciones afines. Enseguida se presenta el proceso de desarrollo de las distintas funcionalidades en este modo.

Sistemas de selección de personaje

El objetivo del sistema es el cambio del aspecto del personaje ya sea a otro género u avatar. Para mantener el enfoque de escalabilidad se trabajó con vectores que guardan los aspectos, mientras que para la interacción del usuario se diseñó una interfaz que permite seleccionar entre los géneros (masculino y femenino) y los avatares disponibles; cuya programación con blueprints procura cambiar el aspecto al avatar seleccionado como se observa en la **Figura 22**. Para su uso se implementó un nuevo nivel con una cámara que enfoca un personaje genérico que refleja los cambios seleccionados por el usuario.

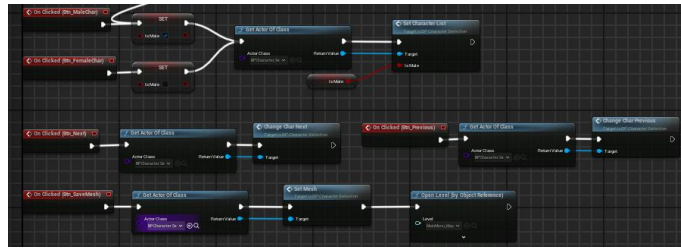


Figura 22: Programación del módulo de selección de personaje

Sistemas de gamificación

i. Mapeo de controles

Para la asignación de controles se crearon múltiples acciones de entrada que definen el tipo de entrada, y un contexto de entrada en donde se especifican los botones que disparan cada una de ellas, como se ilustra en la **Figura 23**. Este enfoque es beneficioso pues permite la definición de controles multiplataforma para una misma acción asegurando que la aplicación sea compatible en varias tecnologías. Nótese que si bien esta sección presenta el mapeo de los controles, estos se definieron en paralelo al desarrollo de los sistemas de juego. Para ver la configuración de todas las acciones y contexto de entrada ver el **Anexo VII**.

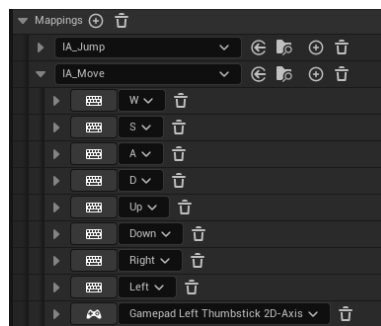


Figura 23: Mapeo de controles del juego

ii. Gamificación del primer nivel: Escenario “Parque Maldonado”

Sistema de interacción

Este sistema es reutilizable para el manejo de interacción con objetos. Para lograrlo, se creó una interfaz cuya función puede ser llamada y sobrescrita en otros blueprints. Para poder usar la interfaz se añadió un evento en el actor, que dibuja una línea desde la cámara del personaje hacia adelante buscando objetos que implementen la interfaz y llamando a la función definida en cada objeto como se muestra en la **Figura 24**. Además, se configuró el sistema para que funcione con la acción “Interact” declarada en los controles.

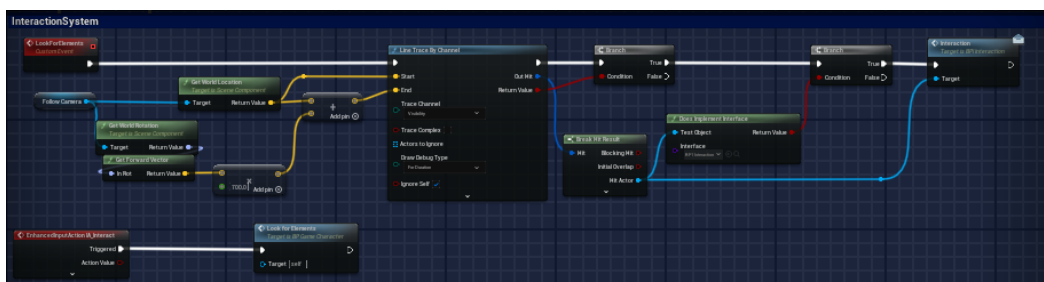


Figura 24: Programación del sistema de interacción.

Sistema de notas

El sistema usa una tabla de datos basada en una struct homónima “S_NoteList”, que contiene los recursos multimedia del sistema de notas. Para su funcionamiento se siguió el diagrama presente en la **Figura 25**, de modo que un widget muestre la nota en pantalla (mediante animaciones) como una imagen obtenida desde la tabla de datos.

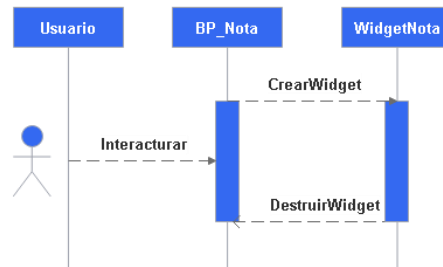


Figura 25: Diagrama de secuencia del sistema de notas.

Para lograrlo, se creó un actor con una esfera de colisión y un prompt de interacción, de tal modo que, al iniciar el juego cada instancia cree una nota obtenida desde la tabla de datos. Para el uso del sistema se implementó el sistema de interacción creado a priori, para que al disparar el evento se cree una instancia del widget con la información correspondiente, se reproduzca un sonido y se bloquee el movimiento del jugador; y en caso de volver a disparar el evento, se destruya el widget y se recupere el movimiento del jugador, como se especifica en la **Figura 26**. Además, se usó la colisión del actor para que el prompt aparezca y desaparezca en función de la cercanía con el usuario.

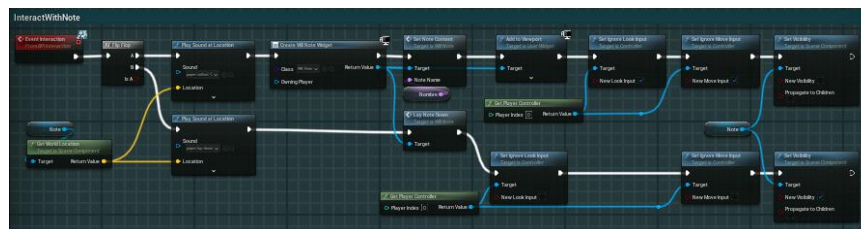


Figura 26: Programación de la interacción con notas.

Sistema de cofres

Para este sistema se creó una tabla de datos basada en la struct homónima “S_ChestQuestions”, con todas las preguntas posibles a aparecer y sus respuestas. Para su funcionamiento se siguió el diagrama presente en la **Figura 27**, usando un widget que muestre en pantalla un tablero con una pregunta aleatoria tomada desde la tabla de datos y maneje el ingreso, y validación de la respuesta del usuario a la pregunta.

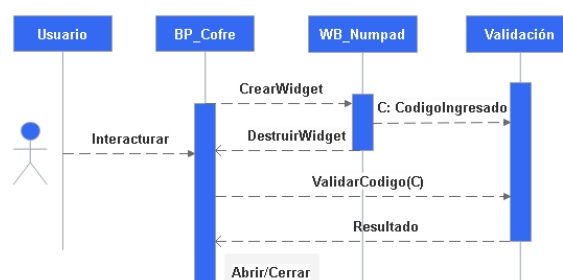


Figura 27: Diagrama de secuencia del sistema de cofres.

iii. Gamificación del segundo nivel: Escenario “La Moya”

Sistema de laberintos

Este sistema se implementó como transición entre mapas con el fin de simular el viaje. Así pues, se crearon los assets del juego 2D: sprites a partir de texturas, flipbooks a partir de sprites, tilesets a partir de texturas y tilemaps a partir de tilesets. Para el diseño de los laberintos se usaron los tilesets, colocándolos uno a uno en un tilemap y configurando su tamaño, disposición y colisión mediante un sistema de capas superpuestas, como se ilustra en la **Figura 31**. (Para ver los tilemaps de todos los mapas ver el **Anexo IX**)

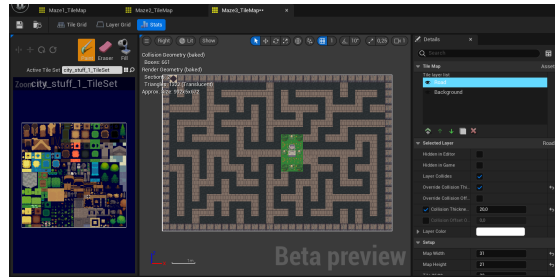


Figura 31: Creación de tilemaps de laberintos

Al ser un juego 2D se creó un modo de juego personalizado, compuesto por dos ficheros. Por un lado, se creó un actor de tipo personaje compuesto por un flipbook, cuya función es el control del movimiento en el laberinto. Por otra parte, se creó un controlador cuya función es deshabilitar los controles en tres dimensiones y asignar una cuenta regresiva para la resolución de cada laberinto. La programación de estos archivos se ilustra en la **Figura 32**.

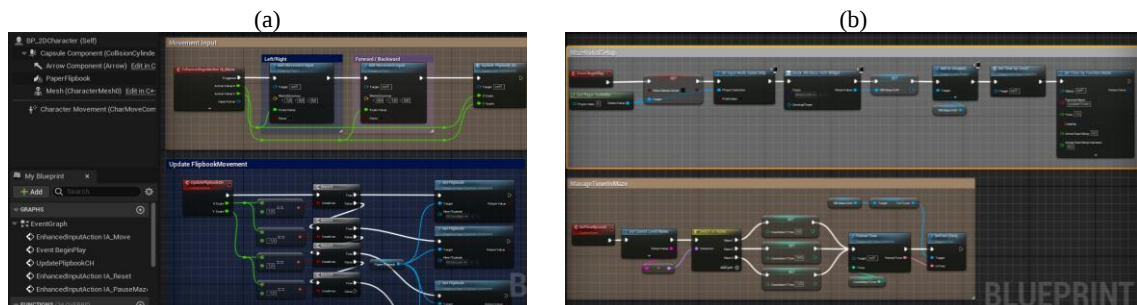


Figura 32: Estructura y programación del framework de laberintos

(a) Pawn: BP_2DCharacter, (b) Controlador: BP_MazeController

Ahora bien, el sistema consta de dos mapas diferentes, cada uno compuesto por una cámara que apunta a un TileMap, el punto de inicio (PlayerStart) y un punto colisionable que marca el fin del laberinto. Además, cada mapa implementa el framework creado antes para el manejo del sistema, y funciona conforme con el diagrama de la **Figura 33**.



Figura 33: Diagrama de secuencia del sistema de laberintos.

Sistema de trivia

Primero se creó una tabla de datos basada en la struct “S_WWBMQuestions”; que contiene las preguntas, opciones y respuestas del sistema. Este sistema se dispara cuando el jugador ingresa en una sección del mapa, y muestra un widget en pantalla con preguntas secuenciales y sus opciones tomadas desde la tabla de datos, en línea con el diagrama de la **Figura 34**.

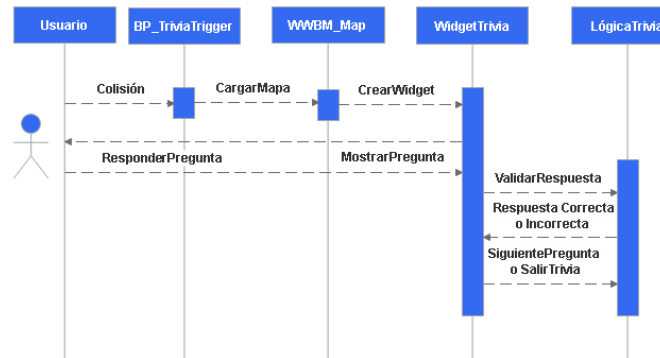


Figura 34: Diagrama de secuencia del sistema de trivia.

Para completar el juego es necesario responder todas las preguntas correctamente, pues de no ser así, se reinicia el sistema. La validación y el comportamiento asociado se definieron en el widget como se ilustra en la **Figura 35**.

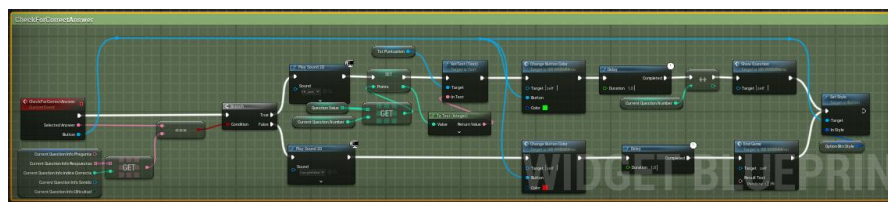


Figura 35: Programación del widget del sistema de trivia

iv. Gamificación del tercer nivel: Escenario “Volcán Chimborazo”

Para la gamificación del escenario se optó por dos sistemas de juego que aplican los sistemas de **inteligencia artificial** proporcionados por Unreal Engine.

Sistema de enemigos inteligentes

El sistema implementa componentes de IA que permite al enemigo ver al jugador y simular su búsqueda, persecución y ataque. Para lograrlo se creó un blackboard con dos llaves que ayudan a determinar el estado de la IA, como se observa en la **Figura 37**; y tres tareas para el árbol de comportamiento (BT_IA_Energy) que maneja su lógica de conducta (**Figura 36**). La programación del resto de tareas está disponible en el **Anexo X**.

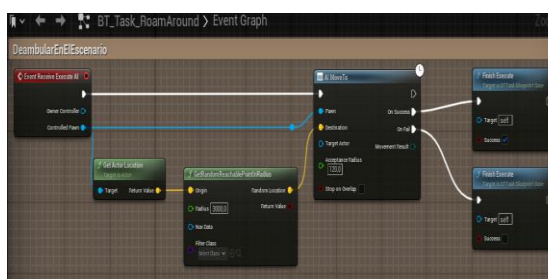


Figura 36: Tarea de comportamiento

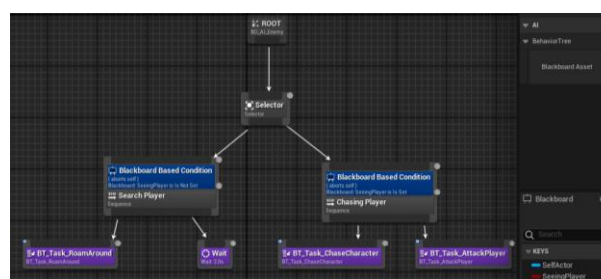


Figura 37: Árbol de comportamiento (BT_AI_Energy)

El actor del enemigo contiene un componente PawnSensing que encapsula un sensor de vista para detectar otros personajes en el escenario. El sistema se configuró para que el enemigo cambie el valor de la llave del blackboard al ver y dejar de ver al jugador, dando paso a las secuencias definidas en el behavior tree. Asimismo, en caso de ejecutar la tarea para atacar se programó la lógica para generar daño al jugador, en línea con lo determinado en el diagrama de la **Figura 38**

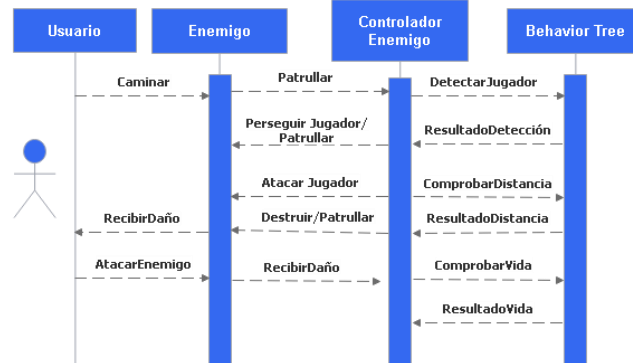


Figura 38: Diagrama de secuencia del sistema de enemigos inteligentes.

Sistema de jefe final

Este sistema es semejante al anterior. El manejo de la programación e implementación de la IA es la misma con la única diferencia del mesh utilizado en el diseño del actor del jefe final. Asimismo, se creó un blackboard con dos llaves y tres tareas para el árbol de comportamiento como se puede observar en la **Figura 39**. La programación de estas tareas es similar a las del apartado anterior; y se puede observar en el **Anexo X**.

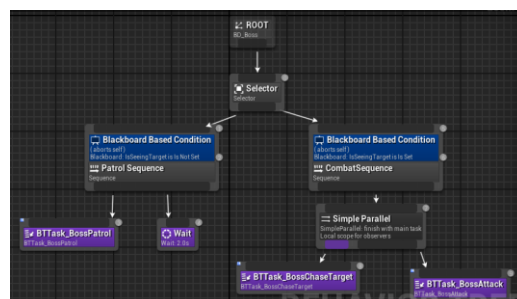


Figura 39: Creación del árbol de comportamiento (BT_Boss)

Para la creación del árbol de comportamiento se incorporó un selector basado en el blackboard, de modo que el jefe patrulle un área cuando no vea al jugador; y que cuando lo perciba se ejecute una secuencia que persigue y ataca al jugador en base a su distancia.

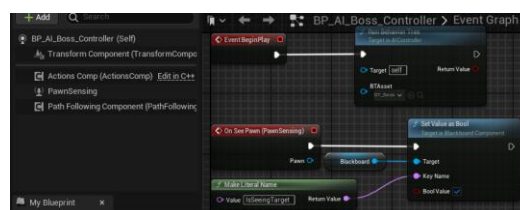


Figura 40: Programación del controlador de la IA del jefe final (AI_Boss_Controller)

Para la ejecución del árbol de comportamiento se configuró un controlador que lo ejecuta al iniciar el juego; e incluye un componente PawnSensing que detecta al jugador en el escenario

y cambiar el valor de la llave del blackboard dando paso a las secuencias definidas en el behavior tree, como se ilustra en la **Figura 40**.

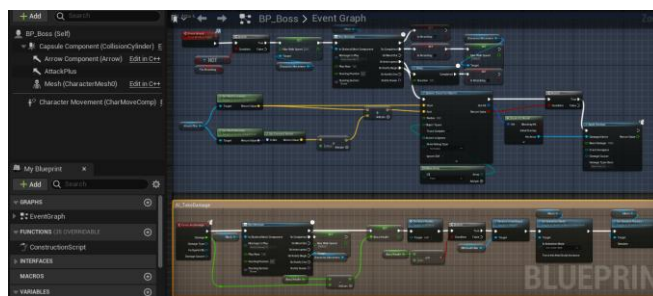


Figura 41: Estructura y programación del personaje jefe final inteligente

Finalmente, como muestra la **Figura 41**, el actor del jefe final está compuesto por un character mesh con la apariencia del enemigo; en cuya programación se manejó la lógica para atacar y generar daño al jugador. Nótese que este actor implementa el controlador creado a priori para la ejecución simultanea del árbol de comportamiento.

Integración de los juegos y escenarios

Tras el desarrollo de los componentes de los sistemas de gamificación en una versión beta del proyecto, se continuó con su implementación en los escenarios. Para ello, se migraron los componentes de juegos desde la versión beta del proyecto a la versión con los escenarios e interfaz de navegabilidad, y se integraron los elementos de los juegos dentro de cada entorno virtual. Así pues, se implementaron los sistemas de notas, cofres, llaves y puertas en el escenario del Parque Maldonado; los sistemas de juegos 2D (laberintos, trivia) en el escenario del Museo La Moya; y los sistemas de juego con IA (enemigos inteligentes y jefe final) en el escenario del Volcán Chimborazo como se ilustra en la **Figura 42**. La implementación de estos sistemas en escenarios se puede revisar en el **Anexo XI**.



Figura 42: Integración de los sistemas de gamificación y escenarios

e. Cuarta Iteración: Modo de juego – Realidad Virtual

Maapeo de controles VR

Al igual que el modo de juego anterior, para la asignación de controles se crearon múltiples acciones y un contexto de entrada, en cuyo contenido se definieron los controles necesarios para manejar la interacción en realidad virtual, como se plasma en la **Figura 43**. Para ver la configuración de todas las acciones y contexto de entrada ver el **Anexo VII**.

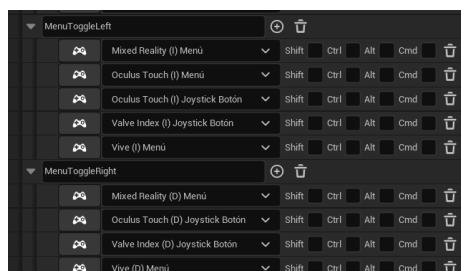


Figura 43: Mapeo de controles de realidad virtual

Menú de inicio VR

En caso de seleccionar el modo “Recorrido Virtual” se traslada al jugador al escenario “La Estación”, en donde el usuario puede desplegar un menú flotante con las opciones correspondientes a dicho modo. El diseño de este menú se desarrolló en una etapa previa, sin embargo, dado que no se puede agregar directamente en la pantalla, se utilizó un actor que contenga la interfaz y un cursor que funge como puntero. Para mover y manejar la interacción del cursor con los mandos VR se usó un bucle continuo alimentado por un sistema de Niagara de Unreal Engine como se observa en la **Figura 44**. Mediante la programación de este actor se manejó la localización y rotación del menú en el escenario, la construcción/destrucción del actor, el cambio de opción en el menú, la interacción con los mandos y con los elementos dentro del widget.

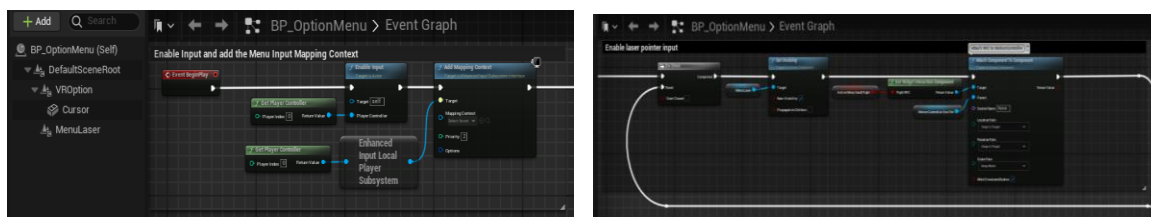


Figura 44: Estructura y programación del actor de opciones VR.

Sistema de selección de mapas

Para esta funcionalidad se creó un panel dinámico que muestra información (nombre, fotografía y descripción) de todos los escenarios disponibles y permite la selección del mapa destino. La programación del sistema procura el cambio de escenario y el establecimiento de las configuraciones necesarias mientras se presenta una pantalla de carga (véase **Figura 45**).

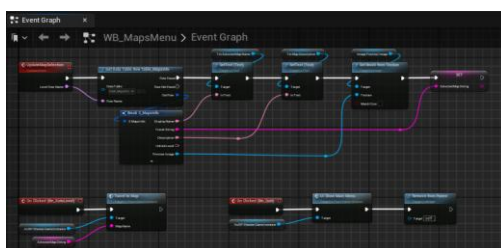


Figura 45: Programación del módulo de selección de mapas

En esencia, la programación del actor de selección de mapas en VR es la misma aplicada sobre el actor del menú de opciones VR, con la única diferencia de que el widget referenciado es el del menú de mapas. Luego, esta opción se añadió al menú de opciones de este modo de juego para que el usuario la pueda usar. (véase en la **Figura 46**).

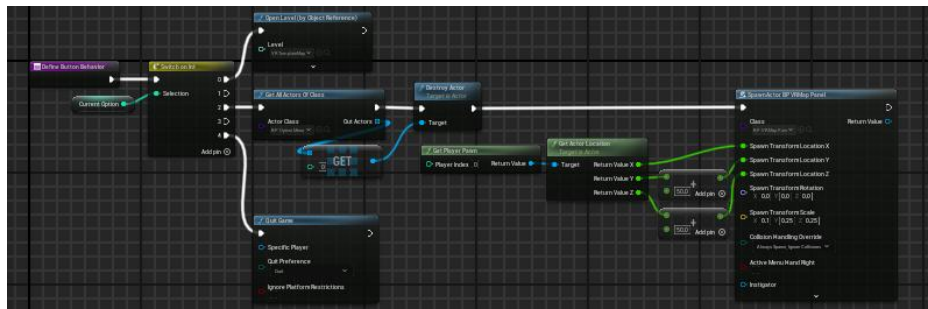


Figura 46: Lógica para el manejo de la selección de opciones en el menú principal VR

f. Quinta Iteración: Sistemas de inteligencia artificial

En adición a los sistemas inteligentes implementados en la gamificación se implementaron tres sistemas de inteligencia artificial, cuya implementación se describe a continuación.

a. Animales IA

Palomas

Con el fin de que la experiencia sea más realista se optó por integrar a palomas como NPCs en el Parque Maldonado ya que son características del lugar. Así pues, se creó un actor de tipo personaje compuesto por un static mesh con el modelo 3D y una caja de colisión cuya programación maneja el tipo de movimiento como se encuentra plasmado en la **Figura 47**.



Figura 47: Estructura y programación del blueprint del actor paloma

Para la lógica del animal se procuró reproducir el comportamiento individual y en parvada. Así pues, se aplicó herencia de controladores de modo que el comportamiento ejecutado por la clase padre es replicado por las clases hijas. Ahora bien, el comportamiento es disparado mediante una caja de colisión que determina el tipo de movimiento y las acciones de vuelo en parvada, comunicadas desde el actor creado a priori, como se ilustra en la **Figura 48**.

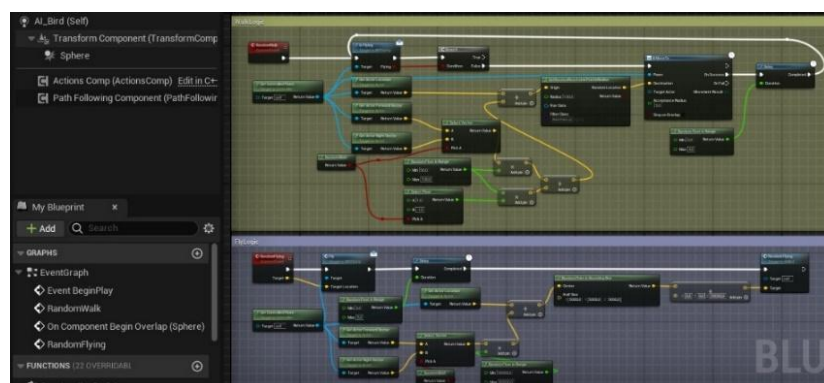


Figura 48: Programación del controlador de IA de las palomas

Alpacas

De manera similar al caso anterior, se optó por integrar a alpacas como NPCs en el Volcán Chimborazo ya que son fauna característica del lugar. Así pues, en primera instancia se creó el modelo 3D y sus animaciones. Para la lógica del animal se seleccionó un enfoque basado en sensores y tareas. Así pues, se creó un actor de tipo personaje, usando el modelo 3D y las animaciones creadas antes; y un componente de inteligencia artificial proporcionado por Unreal Engine del tipo “AI Perception” que constituye un detector de estímulos de cualquier tipo siendo la vista y el oído aquellos configurados para este animal. Dentro de la programación de ese componente se maneja la lógica de detección de enemigos y las tareas a ejecutarse en caso de recibir un estímulo, como se ilustra en la **Figura 49**.

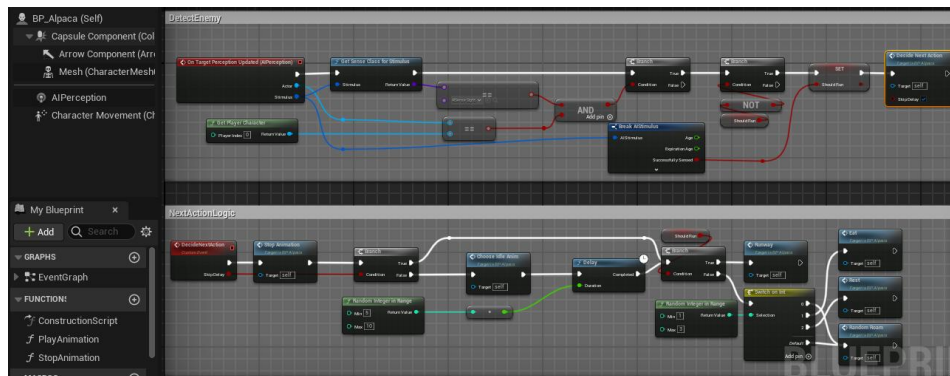


Figura 49: Estructura y programación del blueprint de alpaca

b. Chatbot

El Chatbot implementado fue desarrollado utilizando Convai, una herramienta especializada en la creación de NPCs realistas e interactivos con capacidades de lenguaje natural. Gracias a este componente, el usuario puede tener una interacción fluida y natural con el personaje no jugable presente en los escenarios como observa en la **Figura 50**.

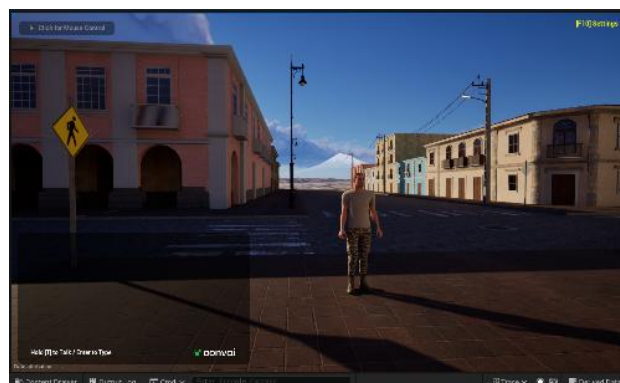


Figura 50: Implementación del Chatbot

Dentro de Unreal Engine, se integró un NPC que se conecta con la plataforma de Convai mediante una API. Esto permite que el personaje tenga acceso a un modelo de inteligencia artificial diseñado para interpretar y responder preguntas del usuario en base a la información de entrenamiento de la IA en la plataforma de Convai, como se presenta en la **Figura 51**. Los usuarios pueden interactuar con el chatbot mediante comandos de voz o texto y el NPC ubicado en el escenario responderá a la pregunta en ambos formatos.

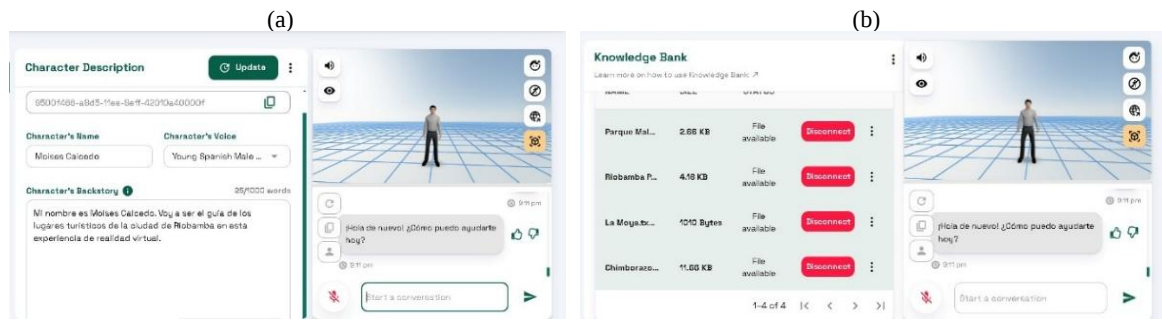


Figura 51: Personalización y entrenamiento de la IA en Convai
(a) Personalización de la IA, (b) Entrenamiento de la IA en base a archivos

c. Sistema de recomendaciones

Con el fin de hacer la experiencia más interactiva se optó por crear un sistema experto simple para la recomendación de lugares de la ciudad, en las categorías: Gastronomía, Alojamiento y Turismo. Para la base de conocimientos se levantó información de 15 lugares por categoría usando 4 filtros y se almacenaron en una tabla de datos como se presenta en la **Figura 52**.

Figura 52: Base de conocimiento del sistema experto



Figura 53: Interfaces del sistema experto

Para el manejo del sistema experto se creó una interfaz basada en widgets (véase **Figura 53**) que presentan preguntas que aplican los filtros sobre los resultados mediante un sistema de inferencia como se muestra en la **Figura 54**.

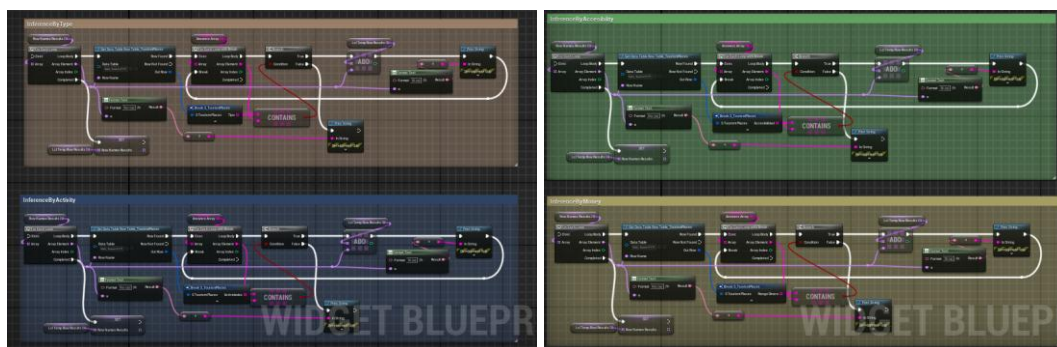


Figura 54: Motor de inferencia del sistema experto

Este sistema toma como pregunta principal la selección de categoría mientras que el resto de las preguntas asociadas como filtros, de modo que dependiendo de las opciones seleccionadas por el usuario se construye dinámicamente una lista de los lugares que cumplen con las características solicitadas. Finalmente, para la presentación de resultados se diseñó una interfaz que detalla información de los lugares resultantes y que está embebida en dentro de un actor de pantalla disponible al seleccionar la opción correspondiente en el menú de realidad virtual (véase **Figura 55**).

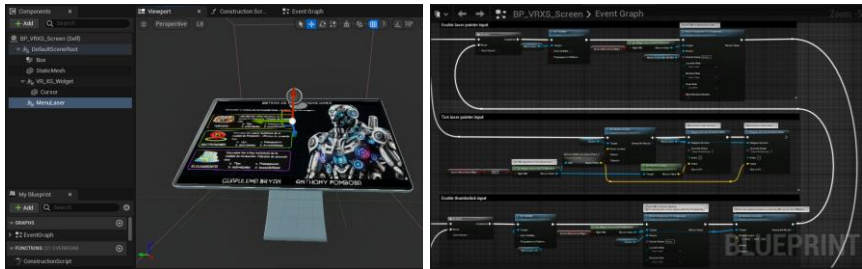


Figura 55: Blueprint del actor del sistema experto

Fase beta

Dado que las pruebas y ajustes de funcionalidades se ejecutaron en cada incremento de desarrollo, esta fase contempló la planificación y ejecución de pruebas según los indicadores de capacidad de interacción evaluados en este proyecto: **aprendizabilidad, operabilidad e involucración del usuario**; en concordancia con la norma ISO 25010:2023.

a. Planificación de las pruebas

En primer lugar, se elaboró un cuestionario de 12 preguntas de opción múltiple dividido en 3 secciones según lo expuesto en la **Tabla 13**.

Tabla 13: Distribución de preguntas en el cuestionario		
Sección	# Preguntas	Motivo
Aprendizabilidad	6	Esta sección contiene seis preguntas debido a la importancia de evaluar si el videojuego y el recorrido virtual, resultan fácil de entender y usar para los usuarios, enfocando más en el apartado de la interfaz, tecnologías adicionales y mecánicas básicas.
Operabilidad	3	En el caso de operabilidad, se plantearon tres preguntas que se centran en aspectos clave relacionados con el funcionamiento técnico del videojuego y la fluidez de sus interacciones.
Involucración del usuario	3	La sección de involucración del usuario consta de tres preguntas, las cuales fueron diseñadas para evaluar aspectos específicos que impactan en la percepción general del videojuego.

En función de obtener una valoración cuantificable de las respuestas se optó por usar la escala de Likert presentada en la **Tabla 14** como estándar para todas las preguntas.

Tabla 14: Escala de Likert aplicada en el cuestionario	
Alternativa de Respuesta	Equivalencia
Deficiente	1
Poco Satisfactorio	2
Cuasi Satisfactorio	3
Satisfactorio	4

Así pues, la encuesta fue creada en la herramienta Google Forms tomando como base el diseño del cuestionario presente en el **Anexo XII**. La encuesta proporcionada a los participantes se encuentra disponible en <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScKA9UUVLhi2uNZt2bqX8iWQESyZZp-pP-Fv6ayW2gFfaMOuVw/viewform?usp=sharing>

b. Ejecución de las pruebas

Para la ejecución de las pruebas se usaron equipos proporcionados por los investigadores a priori de evitar sesgos en los resultados relacionados con el hardware según el flujo ilustrado en la **Figura 56**. Así pues, debido a la naturaleza portable del hardware las pruebas tomaron lugar en escenarios a conveniencia de los usuarios, con una duración media de 15 minutos por participante, como se ilustra en la **Figura 57**.

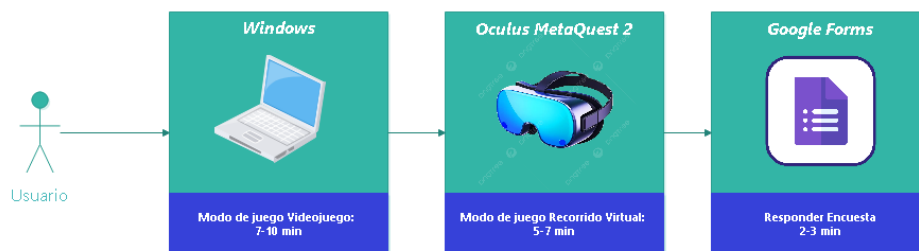


Figura 56: Flujo de ejecución de las pruebas

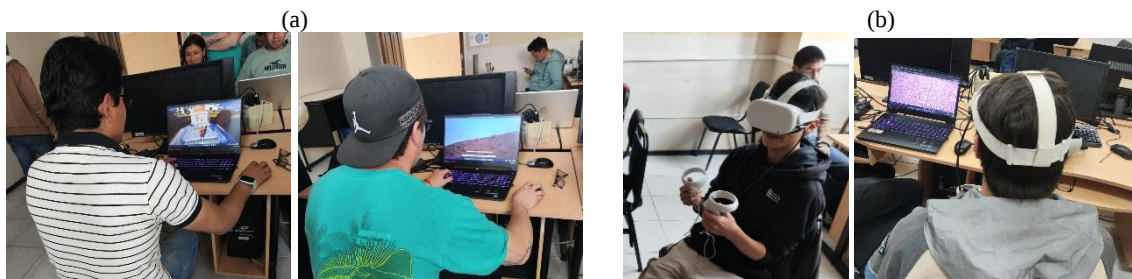


Figura 57: Ejecución de las pruebas por los usuarios
(a) Uso del modo videojuego, (b) Uso del modo VR

Fase de cierre

Esta etapa supone la liberación del juego al usuario final. Sin embargo, cuando se trata de versiones tempranas del producto, como el prototipo desarrollado en este proyecto de investigación, esta etapa puede usarse para hacer una evaluación de desarrollo que registre los hallazgos claves sobre el mismo (problemas identificados y mejoras posibles). Así pues, en esta etapa se ejecutaron ajustes menores de optimización de recursos en ejecución, y mejora del lenguaje tanto en las interfaces como en los mensajes de ayuda (sistema de tutorial y objetivos). En cuanto a la evaluación, en esta fase se ejecutaron reuniones con el tutor del proyecto de investigación para identificar problemas en el desarrollo y mejoras posibles en el producto; cuyo resultado se resume en la **Tabla 15**.

Tabla 15: Evaluación del desarrollo del prototipo

Problemas identificados en el desarrollo	Mejoras posibles en el producto
Carencia de un sistema de versiones accesible	Implementación de un sistema multijugador para experiencias compartidas en VR
Dificultad en la configuración de controladores de realidad virtual	Conexión con una base de datos gubernamental que alimente la base de conocimientos del sistema experto
Adaptación de sistemas a widgets 3D para presentación correcta en el viewport.	Optimización del uso de recursos en escenarios
Exigencia alta de recursos hardware en el desarrollo para el desarrollo del proyecto	Adecuación para dispositivos de menos recursos y móviles

Fase de gestión de riesgos

La fase de gestión de riesgos está presente durante todo el ciclo de vida de desarrollo y recolecta información acerca de los riesgos que podrían dificultar el proceso de desarrollo en cualquiera de sus fases, como afectaría en caso de suceder y acciones para mitigarlos. La gestión de riesgos de este proyecto de investigación se presenta en la **Tabla 16**.

Tabla 16: Gestión de riesgos del proyecto

Descripción del Riesgo	Probabilidad	Impacto posible	Acciones de mitigación
Retrasos en la recopilación de información necesaria para la representación de los escenarios.	Media	Atrasos en la planificación y cronograma general del proyecto.	Definir un cronograma detallado para visitar cada uno de los lugares turísticos.
Altos requerimientos de hardware por Unreal Engine.	Alta	Limitaciones en la ejecución del software de desarrollo, debido a equipos de bajos recursos.	Establecer estaciones de trabajo adecuadas, que permitan a los desarrolladores realizar sus tareas sin limitaciones.
Falta de experiencia en el uso de la herramienta de desarrollo Unreal Engine.	Media	Mayores tiempos de desarrollo, además de posibles fallas de programación y diseño.	Asistir a cursos en línea o buscar videos en internet, que expliquen el funcionamiento tanto lógico como de diseño del software.
Mala optimización del rendimiento de los escenarios virtuales.	Media	Tiempos de carga prolongados, caídas en la tasa de cuadros por segundo (FPS), cierres inesperados del software y pérdida de inmersión.	Realizar pruebas de rendimiento, optimizar los modelos 3D y texturas usando técnicas como texture streaming en Unreal Engine.
Falta de hardware adecuado para ejecutar el apartado de Realidad Virtual.	Alta	Imposibilidad de realizar pruebas en modo VR, lo que paraliza el desarrollo del videojuego al no poder hacer una comprobación de funcionamiento.	Adquirir equipos de realidad virtual para el desarrollo, que garanticen requerimientos mínimos para la ejecución y pruebas necesarias.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

a. Procesamiento de los datos con la escala de Likert

Con el fin de responder la pregunta de investigación se aplicó la escala de Likert definida en la **Tabla 14** sobre los resultados de la encuesta obtenidos en la ejecución de pruebas. A continuación, en la **Tabla 17**, se presenta el puntaje promedio obtenido por eje e indicador.

Tabla 17: Media por indicador y general

Indicador	Aprendizabilidad	Operabilidad	Involucración del usuario	Capacidad de Interacción
Media	3,50	3,54	3,59	3,55

Los resultados obtenidos reflejan que todos los ejes evaluados presentan una experiencia mayoritariamente positiva, con promedios que oscilan entre 3.50 y 3.59 en una escala máxima de 4 puntos. El eje de Aprendizabilidad (3,50) sugiere que los usuarios encontraron intuitivo y accesible el proceso de aprendizaje para utilizar las funcionalidades implementadas, tanto en las interfaces de usuario (UI) como en los controles de desplazamiento del personaje en los distintos modos de juego y minijuegos distribuidos en los escenarios turísticos virtuales.

Por otro lado, el eje de operabilidad (3.54) indica que los usuarios percibieron una adecuada interacción con los controles, tiempos de respuesta óptimos, una navegación fluida dentro del entorno virtual, interacción natural y eficiente con el asistente virtual (Chatbot). El eje de involucración del usuario registró el promedio más alto (3.59), lo cual refleja una buena atracción y participación del usuario, atribuible a la representación atractiva y realista de los escenarios turísticos en el videojuego. Finalmente, El promedio del indicador general (capacidad de interacción) refuerza esta tendencia general positiva con 3.55; mostrando una experiencia equilibrada en términos de interacción, jugabilidad, rendimiento y realismo, con resultados consistentes a lo largo de sus ejes.

Para un análisis modular de los ejes de la Capacidad de Interacción en evaluación se empleó una sumatoria de los valores de cada pregunta que conforman los ejes, y se asignaron dos categorías de edad (Menor a 30 años como “Adulto Joven” y mayores a 30 años como “Adulto”) como se presenta en la **Tabla 18**.

Tabla 18: Resumen del procesamiento de datos (Tras escala de Likert)

Nº	Grupo Edad	Aprendizabilidad	Operabilidad	Involucración del usuario	Capacidad de Interacción
1	Adulto Joven	23,00	12,00	11,00	46,00
2	Adulto Joven	24,00	12,00	12,00	48,00
3	Adulto Joven	23,00	12,00	12,00	47,00
4	Adulto Joven	24,00	12,00	12,00	48,00
...		...	...	...	...
41	Adulto Joven	22,00	9,00	11,00	42,00

Así pues, en la **Tabla 19** se presentan los estadísticos descriptivos de esta transformación.

Tabla 19: Resultados estadísticos del procesamiento de datos

		Aprendizabilidad	Operabilidad	Involucración del Usuario	Capacidad de Interacción
N	Válido	41	41	41	41
	Perdidos	0	0	0	0
Media		21,0244	10,6341	10,7805	42,4390
Mediana		22,0000	11,0000	11,0000	43,0000
Moda		22,00	12,00	11,00	42,00
Desv. Estándar		2,28569	1,24008	1,08426	3,96263
Mínimo		14,00	8,00	8,00	31,00
Máximo		24,00	12,00	12,00	48,00

El análisis descriptivo muestra una baja dispersión de los datos en los ejes evaluados, es decir, una alta uniformidad en las percepciones de los participantes respecto a cada dimensión analizada. El indicador general (Capacidad de Interacción) presentó la mayor variabilidad, evidenciada por una desviación estándar de 3,96 y un rango de 17 puntos (mínimo de 31 y máximo de 48). Esta dispersión puede atribuirse a la involucración de los 3 ejes en análisis: aprendizabilidad, operabilidad e involucración del usuario. Nótese que en todos los ejes las medias, medianas y modas se encuentran próximas al valor máximo posible en sus respectivas escalas; lo que sugiere una tendencia general positiva en la experiencia de los usuarios.

b. Diagramas de pastel de los resultados

En función a lo anterior, se muestra una representación visual de los resultados de cada uno de los ejes considerados para el indicador de Capacidad de interacción. Estos diagramas consolidan los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento de medición aplicado en un solo valor para su interpretación.

i. Aprendizabilidad

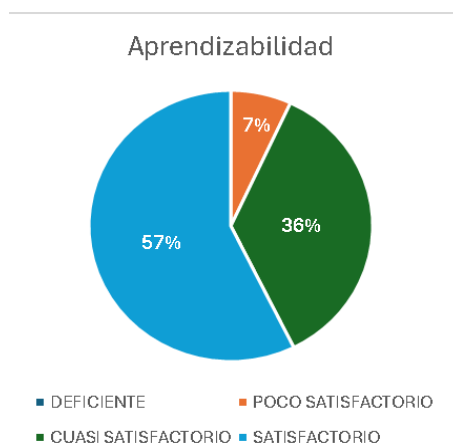


Figura 58: Resultados de preguntas del indicador “Aprendizabilidad”

De la consolidación del resultado obtenido en el eje de Aprendizabilidad (**Figura 58**), se infiere que el indicador de mayor respuesta es el que indica un nivel “Satisfactorio” con un 57%. Este resultado puede atribuirse a la implementación de mecánicas de interacción intuitivas, la disposición clara de las interfaces de usuario y la correcta estructuración de

mensajes de ayuda y tutoriales. Dichos elementos pudieron contribuir a reducir la curva de aprendizaje inicial, facilitando así la comprensión y el dominio de las funcionalidades en ambos modos de juego.

Sin embargo, el 36% de las respuestas que califican la experiencia como "Cuasi satisfactoria" y el 7% como "Poco satisfactoria", indicando que si bien la experiencia de aprendizaje fue en general positiva, aún existen aspectos que pueden optimizarse. Así pues, resulta necesario realizar ajustes en elementos que incrementan la carga cognitiva en usuarios menos experimentados, y por extensión afectan la percepción de facilidad de uso. Entre las posibles acciones a seguir para minimizar las respuestas menos satisfactorias radican: elevar el nivel de las guías, tutoriales o diseños para reducir la percepción de complejidad, optimizar aún más la experiencia de aprendizaje y adaptación.

ii. Operabilidad

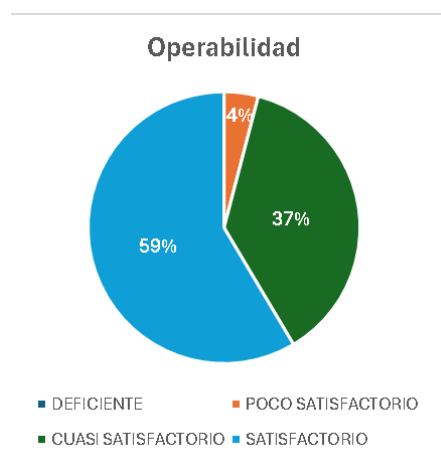


Figura 59: Resultados de preguntas del indicador “Operabilidad”

En el eje de Operabilidad (**Figura 59**), se nota que el indicador con mayor respuesta es “Satisfactorio” con el 59%. Este resultado puede atribuirse a la correcta implementación de mecanismos de respuesta eficientes en la aplicación diseñados en función de una latencia mínima en la respuesta a las entradas del usuario y una arquitectura de interacción optimizada. Lo anterior se puede evidenciar en la adecuada sensibilidad y precisión de los controles en ambos modos de juego, así como en la capacidad del chatbot para ofrecer respuestas coherentes y naturales en las interacciones, satisfaciendo la experiencia de comunicación de los usuarios.

Por otra parte, los resultados presentan un segmento “Cuasi satisfactorio” del 37% y “Poco satisfactorio” apenas del 4%, lo que refleja la existencia de oportunidades de mejora. Esto sugiere la conveniencia de optimizar el rendimiento del sistema, mejorar la precisión o fluidez de los controles, la naturalidad y/o fluidez del lenguaje del chatbot, en pro de mejorar la percepción general de la reactividad del videojuego, asegurando una experiencia más consistente y agradable que mejore la sensación de control por parte del usuario

iii. Involucración del usuario

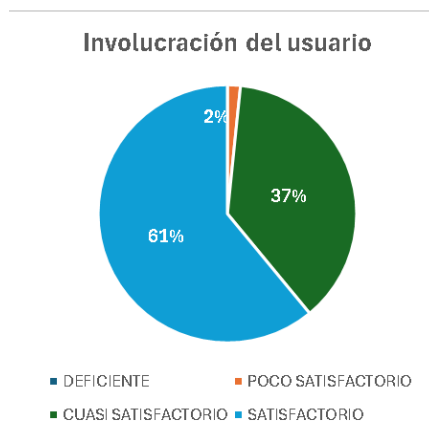


Figura 60: Resultados de preguntas del indicador “Involucración del usuario”

El eje de Involucración del usuario (**Figura 60**) mostró un resultado mayoritario con el 61% como “Satisfactorio”. Este resultado puede atribuirse a la implementación de mecanismos de interacción que favorecen la permanencia activa del usuario dentro de la aplicación, tales como la representación visual atractiva de los escenarios turísticos y la inclusión de un chatbot como recurso de acompañamiento interactivo. La entrega de retroalimentación inmediata y la percepción de control por parte del usuario son factores determinantes para incrementar el grado de involucración, aspectos que fueron integrados en el desarrollo del aplicativo y que podrían explicar la alta valoración obtenida.

Sin embargo, el 37% de las respuestas que clasifican la experiencia como "Cuasi satisfactoria" y el 2% como "Poco satisfactoria" indican áreas donde los factores de usabilidad y experiencia de usuario aún presentan oportunidades de mejora. Específicamente, la posible falta de naturalidad en las respuestas del chatbot, la necesidad de un flujo conversacional más dinámico, o la limitada capacidad de adaptación del sistema a las acciones del usuario podrían haber generado una percepción de interacción menos fluida o significativa para este segmento de usuarios. Esto se alinea con que una baja adaptabilidad del sistema y respuestas poco contextuales disminuyen la percepción de involucración y satisfacción, lo que justifica la necesidad de perfeccionar la funcionalidad del chatbot y enriquecer las dinámicas de interacción para futuras iteraciones del aplicativo.

iv. Resultados del indicador “Capacidad de interacción”

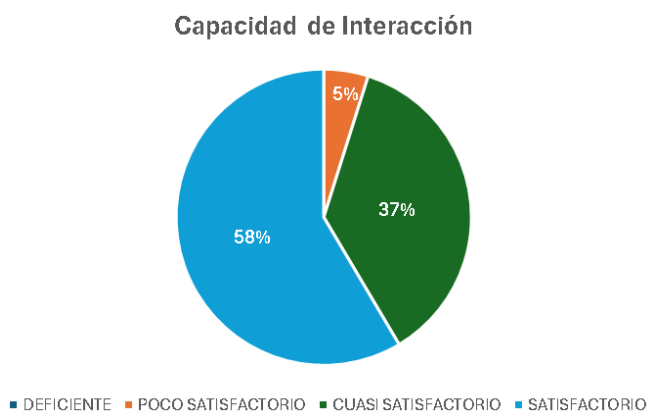


Figura 61: Resultados del indicador de “Capacidad de Interacción”

Una vez que se agruparon los resultados de los tres ejes evaluados (**Figura 61**), se determina que el 58% de los usuarios encuentran satisfactoria la experiencia general del aplicativo en sus modos de juego. Este resultado refleja satisfacción a las mecánicas intuitivas que promueven una comprensión adecuada, interfaces que facilitan la interacción del usuario en modo escritorio y VR, un buen nivel de respuesta a las acciones, controles que generalmente cumplen con las expectativas; y que los sistemas de inteligencia artificial como el chatbot, ofrece respuestas naturales y adecuadas.

Por otro lado, del análisis se desprende que existe un 37% de usuarios que evalúan con un nivel “Cuasi satisfactorio” y apenas un 5% “Poco satisfactorio”, lo que refleja la oportunidad de ajustes en los tres ejes considerados para la optimización el aplicativo y así incrementar aún más la satisfacción y el nivel de interés de los jugadores, logrando una experiencia más envolvente y realista para todos los usuarios.

Ahora bien, apoyado en la escala de Likert de 4 niveles, donde “Deficiente” y “Poco Satisfactorio” indican una postura negativa en la evaluación, y “Cuasi Satisfactorio” y “Satisfactorio” proponen una postura positiva. Se puede notar una incidencia negativa de apenas 5%, mientras y un 95% de incidencia positiva sobre la capacidad de interacción del usuario. Estos resultados sugieren una percepción de efectividad en el indicador de “Capacidad de Interacción”, con una buena operabilidad del aplicativo en sus dos modos de juego, facilidad de aprendizaje y adaptación de los usuarios con las funcionalidades. Además se infiere una importante involucración del usuario mediante una experiencia inmersiva, realista e interesante en la exploración de escenarios turísticos de la ciudad de Riobamba.

c. Prueba de comparación de medias

Adicionalmente, se optó por aplicar un análisis inferencial complementario apoyado de una **prueba de comparación de medias** para determinar si la edad es un factor determinante en la capacidad de interacción del aplicativo. Para ello, en primera instancia se ejecutó una prueba de normalidad basada en los grupos de edad establecidos en la **Tabla 18**, sobre el indicador objetivo, a priori de decidir la prueba a ejecutarse.

Tabla 20: Pruebas de normalidad por basada en grupo de edad

Indicador	Rango de Edad (-30, +30)	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Capacidad de	Adulto Joven	,159	31	,045	,933	31	,052
Interacción	Adulto	,223	10	,172	,938	10	,526

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La **Tabla 20** que refleja la prueba de normalidad para el indicador general “Capacidad de Interacción” evidenció una distribución normal de los datos, con un valor p (0.052 y 0.526) superior al nivel de significancia (0.05). En función de estos resultados, se ejecutó la prueba paramétrica T para igualdad de medias entre ambos grupos asumiendo varianzas desiguales.

Tabla 21: Resultados de la prueba T para la igualdad de medias

		Prueba t para la igualdad de medias						
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
							Inferior	Superior
Capacidad de Interacción	Se asumen varianzas iguales	1,629	39	,111	2,30000	1,41223	-,55650	5,15650
	No se asumen varianzas iguales	1,319	11,633	,213	2,30000	1,74412	-1,51345	6,11345

Los resultados de la prueba (**Tabla 21**) permite inferir que en el caso de la Capacidad de Interacción la conclusión fue la misma. Con un valor p (0.213) mayor a 0.05 se concluye que las medias de los resultados de “Capacidad de Interacción” entre ambos grupos es estadísticamente la misma. Esto significa que el aplicativo es consistente entre los grupos evaluados sin que existan variaciones relevantes atribuibles a las características de los usuarios. Luego, este resultado respalda la robustez del diseño de interacción así como las tecnologías implementadas, sugiriendo la carecía de sesgos o discrepancias relevantes en su recepción por parte de distintos perfiles de usuarios.

4.2 Discusión

En esta investigación, se evaluó la capacidad de interacción de los usuarios en base a la norma ISO 25010:2023, que establece estándares claros para la calidad de sistemas de software, específicamente en términos de usabilidad y experiencia del usuario.

Al contrastar los resultados obtenidos con proyectos similares, como “Sistema de realidad virtual para la gestión de la visualización e interacción con los ecosistemas del Bioparque AMARU, Cuenca, Ecuador” [11], donde se encontraron limitaciones en la fluidez de los controles de interacción, empeorando la capacidad de interacción de los usuarios. En este proyecto, se eliminó estas limitaciones implementando una interfaz optimizada y mediante la utilización de Unreal Engine, que garantiza un buen rendimiento técnico, donde los resultados reflejaron un alto nivel de satisfacción, con un 95% de los usuarios indicando estar satisfechos.

Ahora, si bien ambos proyectos comparten objetos educativos y entornos explorables en realidad virtual, esta investigación resalta la integración de nuevas tecnologías avanzadas que maximizan la inmersión e interacción del usuario final, donde la IA marca una diferencia fundamental en este videojuego. El Chatbot implementado, además de ofrecer información contextual de cada uno de los escenarios turísticos, responde preguntas las cuales guían al jugador en los escenarios virtuales. Este nivel de interacción es muy poco común en proyectos similares y representan un avance considerable en términos de interacción humano-computador.

Cabe recalcar que, con relación a los resultados obtenidos, el aplicativo no presenta diferencias importantes en las medias de los grupos de edad de adultos jóvenes y adultos, lo que sugiere que el videojuego está ambientado para todas las edades. Esto contrasta con otras investigaciones como “Desarrollo de un Videojuego para la Enseñanza-Aprendizaje de la Historia de los Sitios Turísticos de la Ciudad de Loja” [33], la cual únicamente fue aplicada en estudiantes de una escuela, limitando así la posibilidad de obtener resultados de personas de diferentes edades. Por el contrario, esta investigación muestra que las tecnologías utilizadas en el videojuego promueven una experiencia accesible para todos los usuarios.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Tras la investigación sobre el desarrollo de aplicaciones que integren Unreal Engine, inteligencia artificial y realidad virtual se encontraron 4 metodologías adecuadas para el desarrollo de aplicativos de esta naturaleza: Scrum, Kanban, SUM y UCD. La metodología SUM fue aquella que se ajustó mejor a las características y contexto de desarrollo de esta investigación pues optimizó el ciclo de desarrollo del aplicativo permitiendo centrarse en la interactividad, creación de entornos realistas, e integración de elementos de inteligencia artificial y realidad virtual.
- El uso de un enfoque modular para el desarrollo de funcionalidades brindó una base estructurada y escalable para la implementación continua de cambios. Asimismo, el uso del marco de trabajo de Unreal Engine y la programación basada en blueprints facilitó la implementación de funcionalidades complejas y optimizó el rendimiento gráfico del juego, proporcionando una experiencia fluida y visualmente atractiva. Finalmente, la integración de elementos de gamificación por escenario, la interacción mediante puntos de información, un chatbot y la exploración inmersiva virtual, aportaron significativamente a la experiencia del usuario con el aplicativo.
- La evaluación de la capacidad de interacción, basada en los criterios de aprendizabilidad, operabilidad e involucración del usuario definidos en la norma ISO 25010:2023, sobre el producto de gamificación desarrollado con las tecnologías de realidad virtual e inteligencia artificial, demuestra un **95% de interacción efectiva del usuario** durante la exploración de los escenarios turísticos de la ciudad de Riobamba. Concluyendo en una alta satisfacción del usuario con el aplicativo y la efectividad en su aprendizaje, facilidad de uso y capacidad para mantener el interés de los participantes.

5.2 Recomendaciones

- Se sugiere el uso de la metodología SUM en el desarrollo de productos similares, con especial atención a las evaluaciones continuas para asegurar el cumplimiento adecuado de los objetivos adecuadamente y la ejecución de ajustes de ser necesario.
- Es importante mantener el enfoque modular y la programación basada en blueprints para futuras actualizaciones, permitiendo integrar elementos de gamificación y experiencias inmersivas, realizando pruebas con usuarios para identificar oportunidades de mejora en base a la capacidad de interacción del aplicativo.
- Se recomienda continuar aplicando evaluaciones constantes de la capacidad de interacción del aplicativo, partiendo de los criterios establecidos en la norma ISO 25010:2023. Esto permitirá detectar áreas de mejoras, resultando en un porcentaje más alto de la interacción efectiva del usuario final.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Le Louvre, «Louvre,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.louvre.fr/es/explora/vida-del-museo/la-gioconda-en-casa-gracias-a-la-realidad-virtual>.
- [2] Cypha , «MachuPicchu360VR,» [En línea]. Available: <http://machupicchu360vr.com/about#/>.
- [3] F. Herrera y P. Buñay, «Prototipo de un videojuego para representar los mitos y leyendas del ecuador utilizando el motor de juegos Unreal Engine.,» Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, 2023.
- [4] J. Brito y F. Samaniego, «Diseño e implementación de una aplicación multiplataforma virtual e interactiva, en la “Universidad Nacional de Chimborazo”, Campus “Edison Riera”,» Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, 2023.
- [5] Ministerio de Turismo, «Rendición de Cuentas 2023,» 2024.
- [6] Statista, «La realidad virtual (RV) - Datos estadísticos,» 2024. [En línea]. Available: <https://es.statista.com/temas/9481/la-realidad-virtual-rv/#topicOverview>.
- [7] J. Diaz, L. Fava, C. Banchoff, A. Schiavoni y S. Martin, «Juegos serios y aplicaciones interactivas usando realidad aumentada y realidad virtual,» Laboratorio de Investigación en Nuevas Tecnologías Informáticas., La Plata, 2020.
- [8] Virtual Yosemite, «Virtual Yosemite Tour,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.virtualyosemite.org/>.
- [9] Embratur, 2020. [En línea].
- [10] Andean Forests, «Andean forests- Interactive VR journey,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.andeanforests.org/ecuador/>.
- [11] J. Matute-Álvarez, A. Tenén-Banegas, S. Sañay-Sañay and J. Gaona-Pineda, "Sistema de realidad virtual para la gestión de la visualización e interacción con los ecosistemas del Bioparque AMARU Cuenca, Ecuador," *MQRInvestigar*, vol. VII, no. 3, p. 3313–3338, 2023.
- [12] D. Jaramillo y P. Buñay, «Desarrollo de una aplicación para turismo inteligente de las organizaciones comunitarias de la provincia de Chimborazo utilizando realidad mixta.,» Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, 2022.
- [13] D. D. Ponte-Huamán, S. E. Cieza-Mostacero and V. F. Luque-Sanchez, "Influencia de las Aplicaciones de Realidad Virtual en la Promoción del Turismo: Una revisión sistemática de la literatura," *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, no. 64, pp. 416-428, 2023.
- [14] R. L. Zavaleta-Loloy, S. E. Cieza-Mostacero and J. F. Pacheco-Torres, "Influencia de los Videojuegos en el Turismo: Una Revisión Sistemática de la literatura," *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, pp. 404-415, 2023.
- [15] G. Leon-Paredes, O. Bravo-Quezada, E. Sacoto-Cabrera, W. Calle-Siavichay, L. Jimenez-Gonzalez and J. Aguirre-Benalcazar, "Virtual Reality Platform for Sustainable Road Education among Users of Urban Mobility in Cuenca, Ecuador," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications(IJACSA)*, vol. XIII, no. 6, 2022.
- [16] H. Garzón, «Propuesta de gamificación en el proceso de capacitaciones de seguridad industrial. Caso Dundee Precious Metals Loja - Ecuador,» Universidad Politécnica Salesiana, 2023.

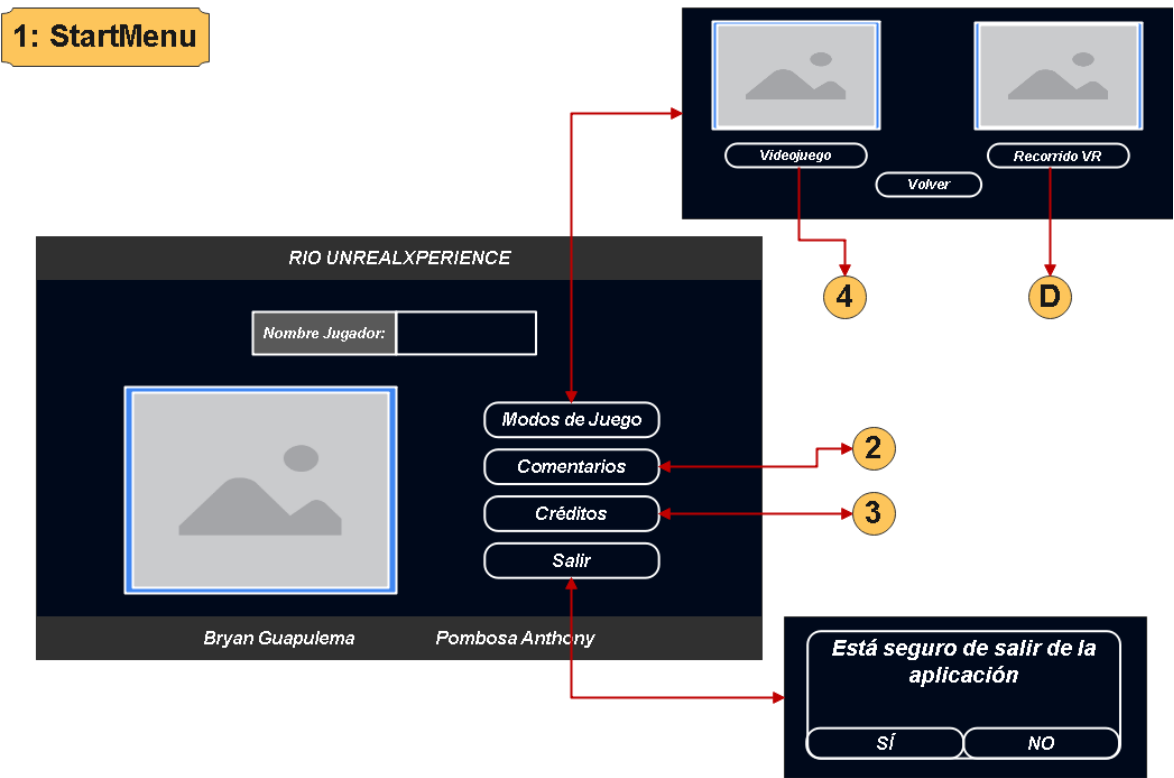
- [17] F. Abu-Abed y S. Zhironkin, «New Game Artificial Intelligence Tools for Virtual Mine on Unreal Engine,» *Appl. Sci*, vol. XIII, nº X, p. 6339, 2023.
- [18] R. Kothari, S. Nawar, S. Kothari y J. Jeswani, «Game Development using Artificial Intelligence in Unreal Engine,» *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. VIII, nº IV, pp. 1925-1936, 2024.
- [19] M. Muzammul, M. Imran y M. Kashif, «Applied Artificial Intelligence in 3D-game (HYSTERIA) using UNREAL ENGINE4,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/applied-artificial-intelligence-3d-game-hysteria/docview/2656407144/se-2>.
- [20] Y. Xie, Y. Chen, Z. Wang and Y. Ou, "AI intelligent wayfinding based on Unreal Engine 4 static map,," *Journal of Physics: Conference Series*, 2022.
- [21] E. Escobar-Sarango, «Desarrollo del modelado de escenarios, animación de sprites 2.5d, música y efectos de sonido para un videojuego de rol llamado “Quito Quest”,» Universidad Central del Ecuador, Quito, 2019.
- [22] Blender Foundation, «Blender Documentation,» 2024. [En línea]. Available: https://docs.blender.org/manual/es/dev/getting_started/about/introduction.html.
- [23] S. Iacono, M. Scaramuzzino, L. Martini, C. Panelli, D. Zolezzi, M. Perotti, A. Traverso and G. Viardo Vercelli, "Virtual Reality in Cultural Heritage: A Setup for Balzi Rossi Museum," *Appl. Sci*, vol. XIV, no. IX, p. 3562, 2024.
- [24] J. Ambros-Antemate, M. D. P. Beristain-Colorado, M. Vargas-Treviño, J. Gutiérrez-Gutiérrez, P. Hernández-Cruz, I. Gallegos-Velasco y A. Moreno-Rodríguez, «Software Engineering Frameworks Used for Serious Games Development in Physical Rehabilitation: Systematic Review,» *JMIR Serious Games*, vol. IX, nº 4, octubre 2021.
- [25] S. Criollo-C, A. Yáñez y S. Solano, «Desarrollo de una aplicación de realidad virtual para apoyo a la psicomotricidad en niños,» *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, nº 58, pp. 397-408, Mayo 2023.
- [26] E. Crespo-Martinez, S. Bueno and M. D. Gallego, "A Video Game for Entrepreneurship Learning in Ecuador: Development Study," *JMIR Form Res*, vol. VII, 2023.
- [27] R. Fernández, «DESARROLLO DE VIDEOJUEGO PARA REALIDAD VIRTUAL CON INTERACCIÓN MULTIMODAL,» Escuela Politécnica Superior de Jaén, Jaén, 2022.
- [28] J. Muñoz, «Creación de un videojuego de realidad virtual utilizando Unreal Engine 4,» Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial, 2017.
- [29] F. Bezares, G. Toledo and F. M. ., E. Aguilar, "Aplicación de realidad aumentada centrada en el niño como recurso en un ambiente virtual de aprendizaje," *Apertura (Guadalajara, Jal.)*, vol. XII, no. 1, 2020.
- [30] M. Castillo, A. Eslava, G. De la Cruz and J. Ortega, "Agile, User-Centered Design and Quality in Software Processes for Mobile Application Development Teaching," *International Journal of Software Engineering & Applications*, vol. XIV, no. 5, 2023.
- [31] C. León y L. Barona, «DESARROLLO DE UNA INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA USANDO RECONOCIMIENTO DE GESTOS DE LA MANO,» ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito, 2022.
- [32] N. Acerenza, A. Coppes, G. Mesa, A. Viera, E. Fernandez, T. Laurenzo y D. Vallespir, «Una Metodología para Desarrollo de Videojuegos,» Simposio Argentino de Ingeniería de Software, 2009.

- [33] E. Cartuche y M. Palma, «Desarrollo de un videojuego para la enseñanza-aprendizaje de la historia de los sitios turísticos de la ciudad de Loja.,» 2016.
- [34] C. Castro-Salaverry, P. Rondo-Llajaruna and S. Cieza-Mostacero, "Videojuego para Mejorar el Análisis Experimental: Un estudio de Caso en una Universidad Privada de Trujillo," *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, no. 67, pp. 16-31, 2024.
- [35] ISO 25010, "ISO/IEC 25010," 2023. [Online]. Available: <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>.
- [36] QuestionPro, «QuestionPro,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.questionpro.com/es/tama%C3%B1o-de-la-muestra.html>.
- [37] ISO25000, «Usabilidad,» 2021. [En línea]. Available: <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010/23-usabilidad>.
- [38] R. Calderón, M. E. Yáñez, D. Kerly and B. Carolina, "Realidad virtual y aumentada en la educación superior: experiencias inmersivas para el aprendizaje profundo," *RELIGACIÓN. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. VIII, no. 37, 2023.
- [39] S. Cortés y F. Guzman, «La realidad virtual como recurso en las capacitaciones de seguridad y salud en el trabajo, surgimiento, impacto y oportunidades de futuro en el Ecuador,» Universidad Internacional SEK, 2023.
- [40] B. Mariño y E. Cuzco, «Evaluación de un prototipo de fisioterapia asistida para el miembro superior de infantes con hemiplejía izquierda, utilizando un entorno de realidad virtual y la teleoperación de un brazo robótico en la Unidad Educativa Especializada “Carlos Garbay Montes,» Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, 2024.
- [41] F. Campozano, B. López and O. Alay, "Turismo de realidad virtual, una opción para la oferta turística de Jipijapa, ciudad Patrimonio Cultural Nacional del Ecuador," *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, vol. VII, no. 9, pp. 2238-2253, 2022.
- [42] X. Gruezo, M. Gracia, J. C. Angulo and K. Santos, "La Realidad Virtual y Realidad Aumentada Para Dar a Conocer las Ofertas Turísticas del Ecuador," *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, vol. VIII, no. 5, pp. 1737-1749, 2023.
- [43] W. F. Araujo-Chuan, S. E. Cieza-Mostacero and J. F. Pacheco-Torres, "Influencia de las aplicaciones con realidad virtual en la difusión turística: Una revisión sistemática de la literatura," *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, pp. 294-305, 2023.
- [44] L. Londoño y M. Rojas, «De los juegos a la gamificación: propuesta de un modelo integrado,» *Educación y Educadores*, vol. 23, nº 3, pp. 493-512, 2020.

ANEXOS

Anexo I: Wireframes de interfaces de usuario

a. Boceto: Menú de inicio

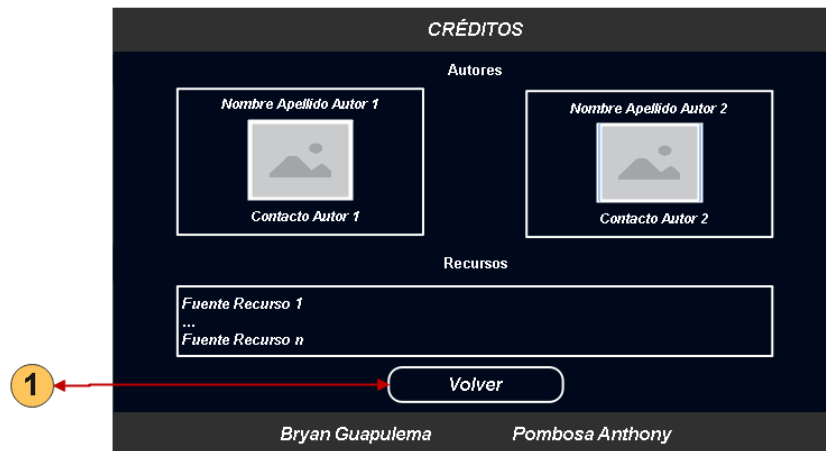


b. Boceto: Menú de comentarios



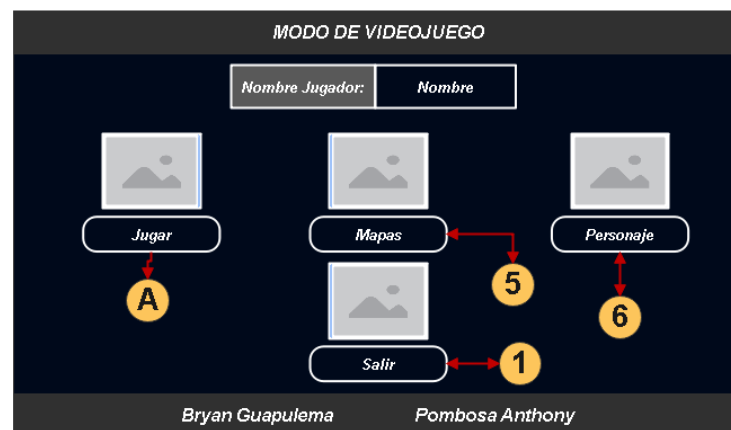
c. Boceto: Pantalla de créditos

3: PantallaCreditos



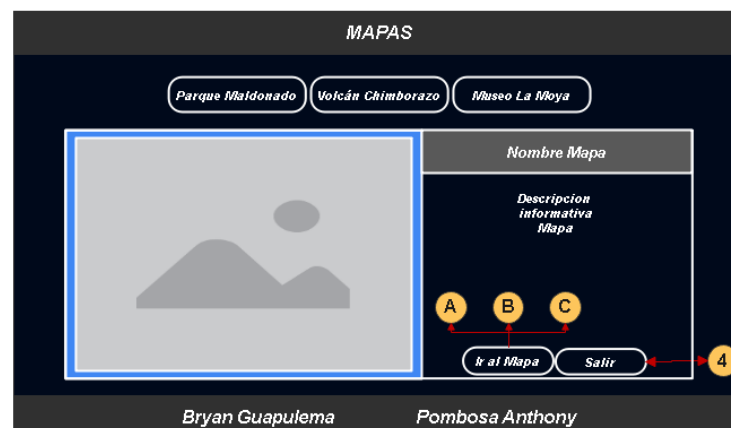
d. Boceto: Menú de modo de juego – videojuego

4: MenuJuego

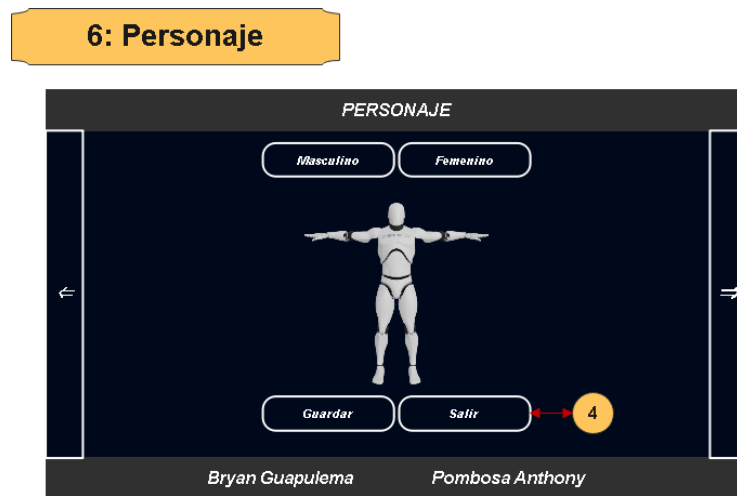


e. Boceto: Menú de mapas

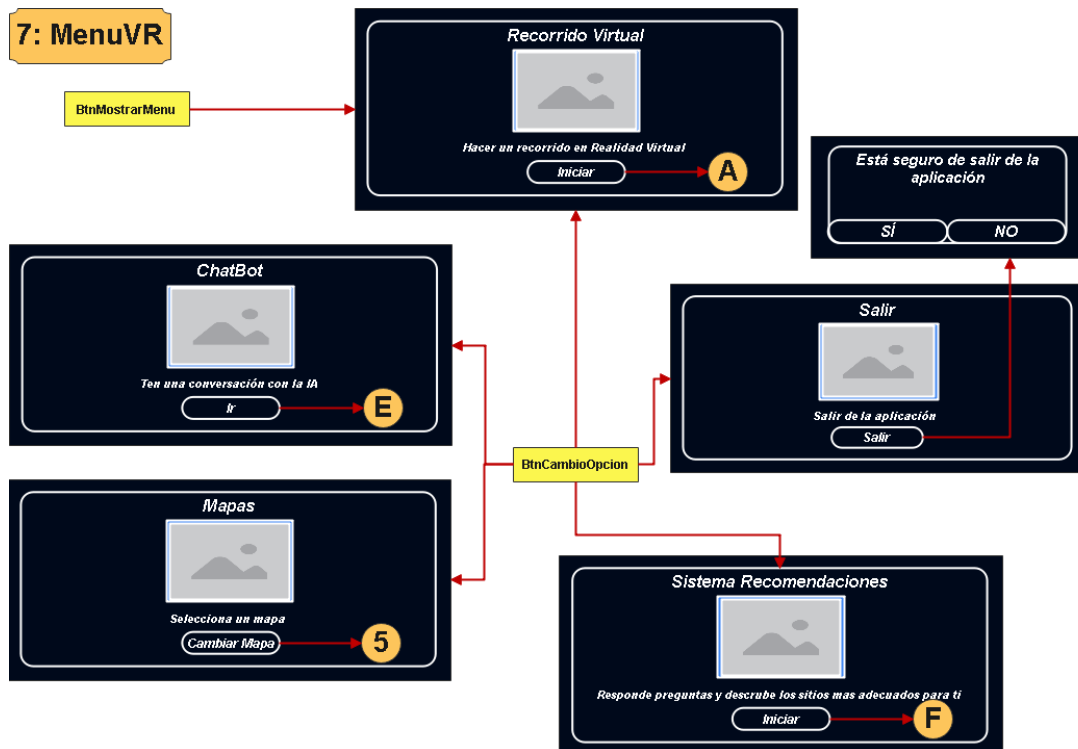
5: Mapas



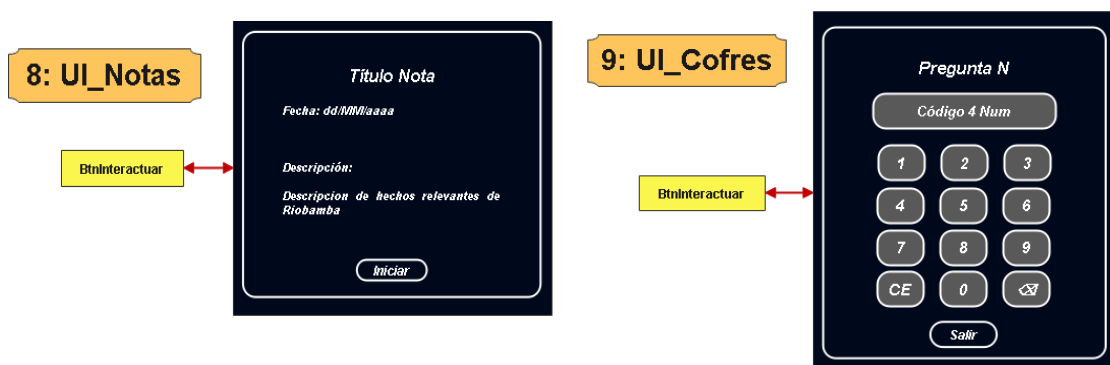
f. Boceto: Menú de personaje



g. Boceto: Menú de modo de juego - recorrido virtual

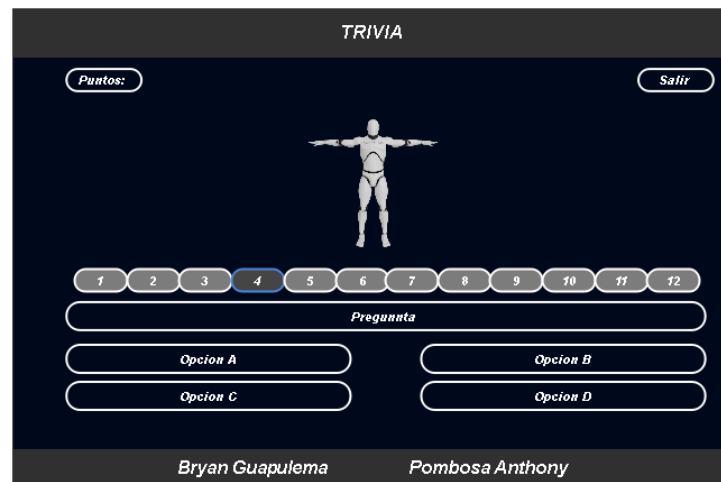


h. Boceto: UI sistema notas y UI sistema cofres



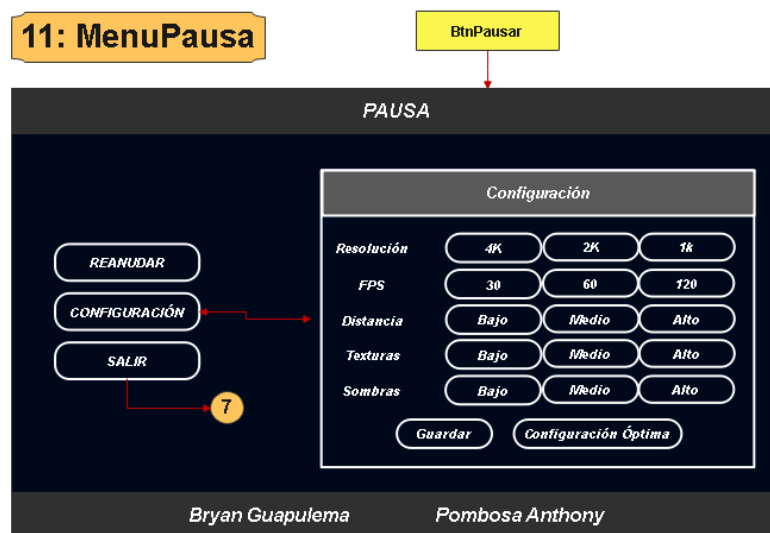
i. Boceto: UI sistema trivia

10: UI_Trivia



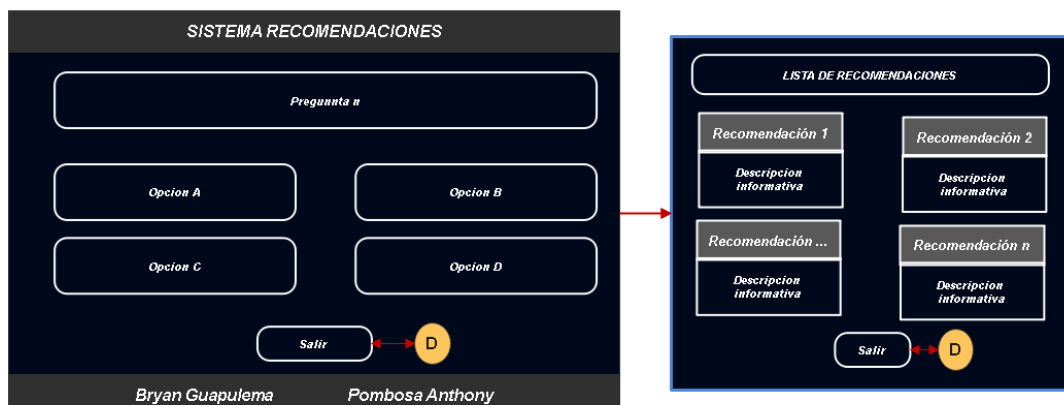
j. Boceto: Menú pausa

11: MenuPausa



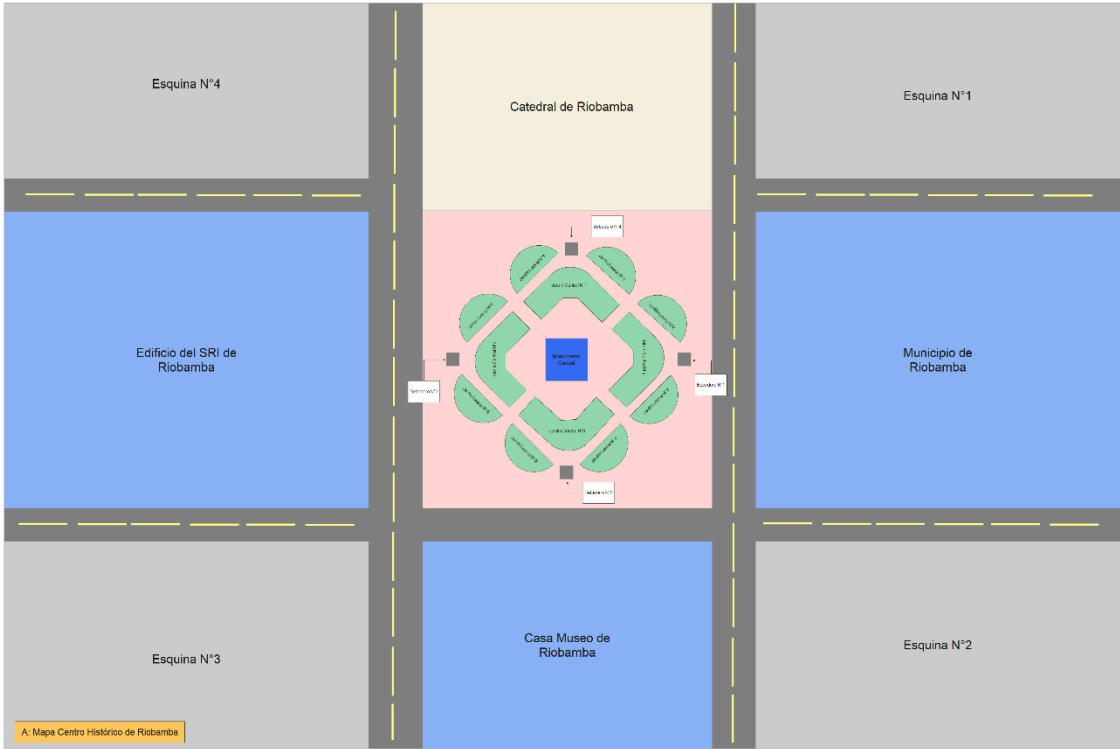
k. Boceto: UI sistema de recomendaciones

12: UI_SisReco

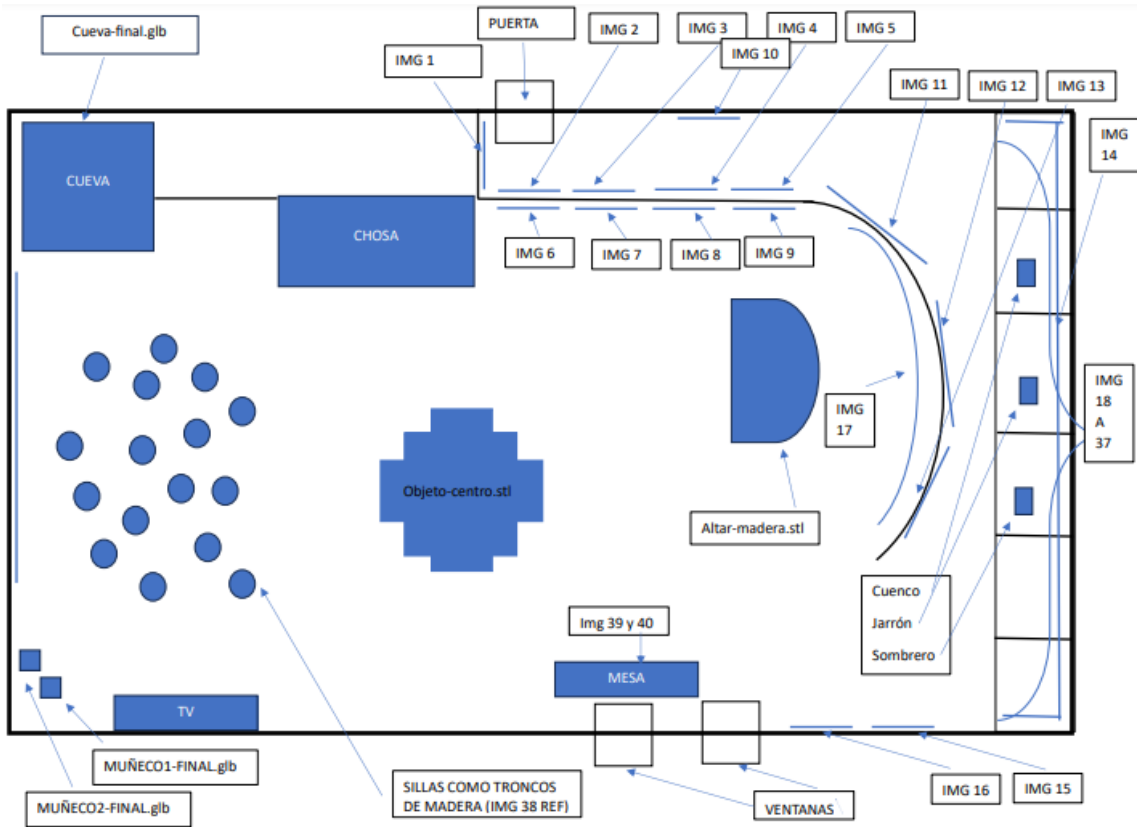


Anexo II: Bocetos del diseño de los escenarios

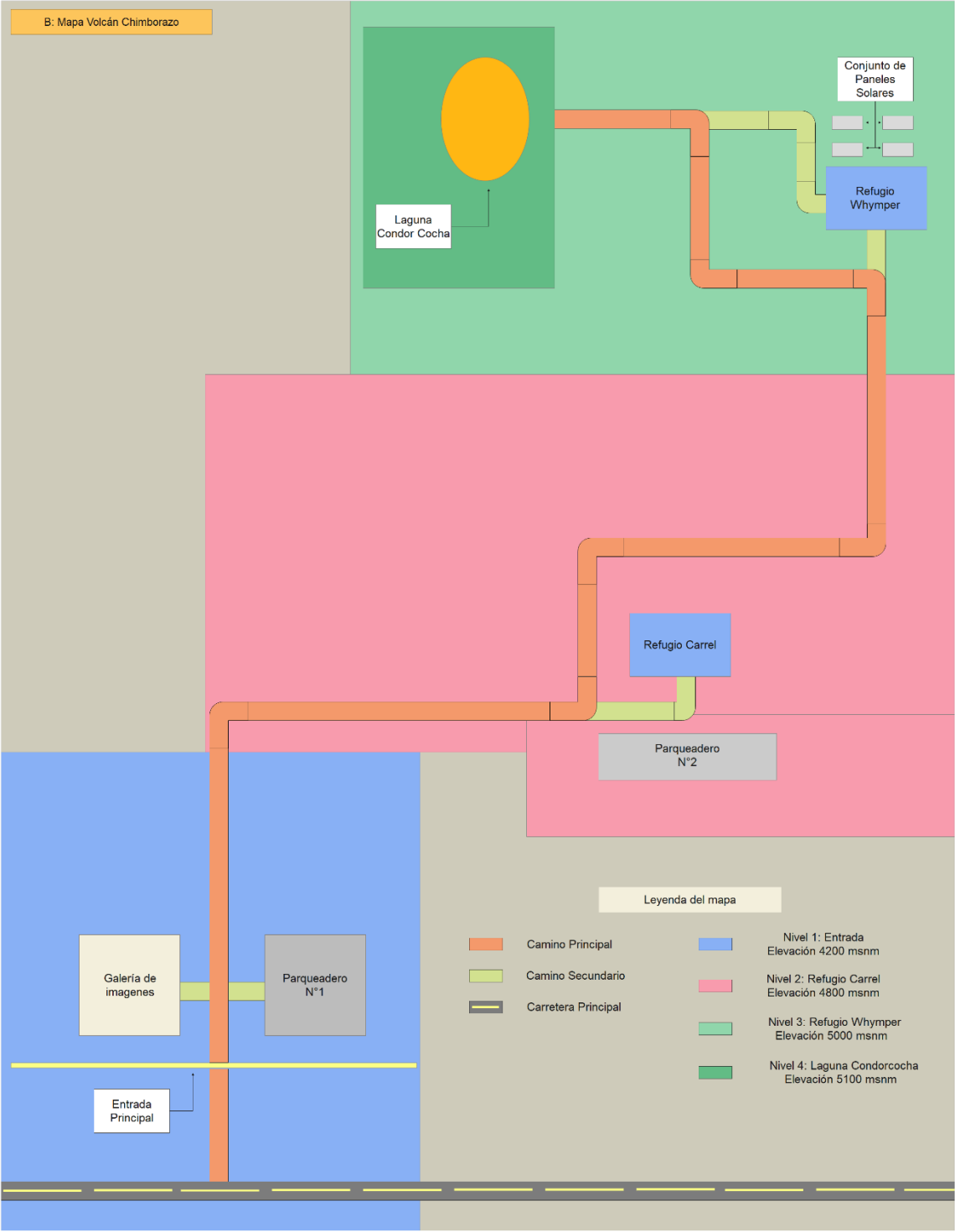
a. Boceto: Estructura del escenario “Parque Maldonado”



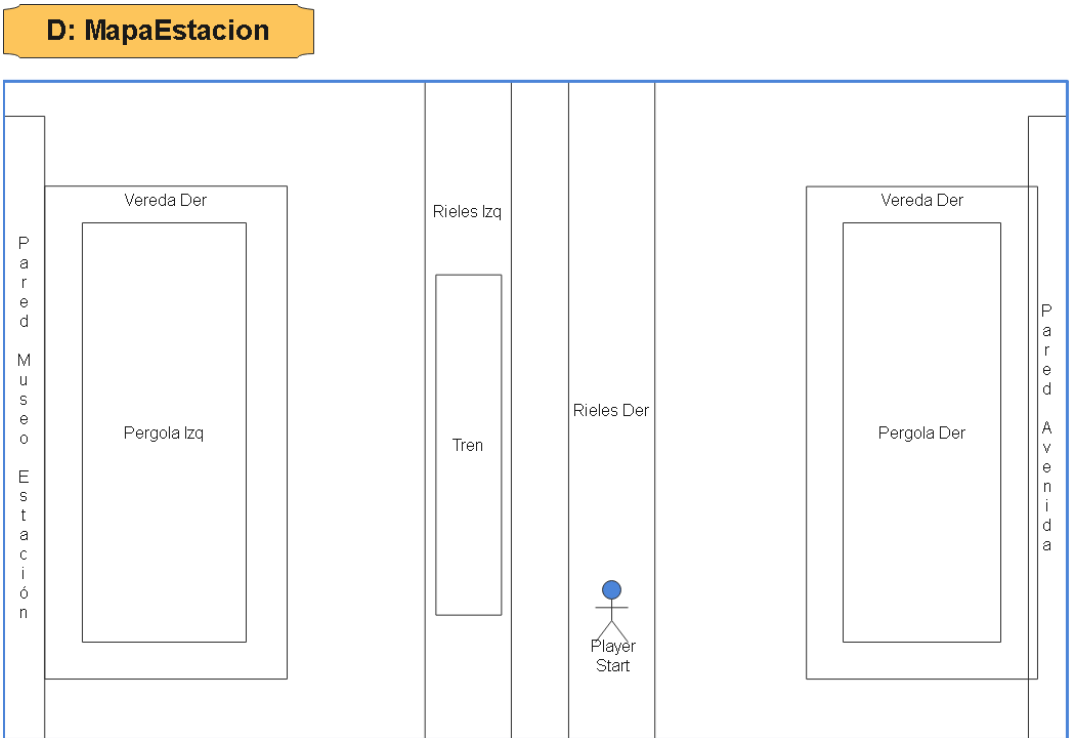
b. Boceto: Estructura del escenario “Museo la Moya”



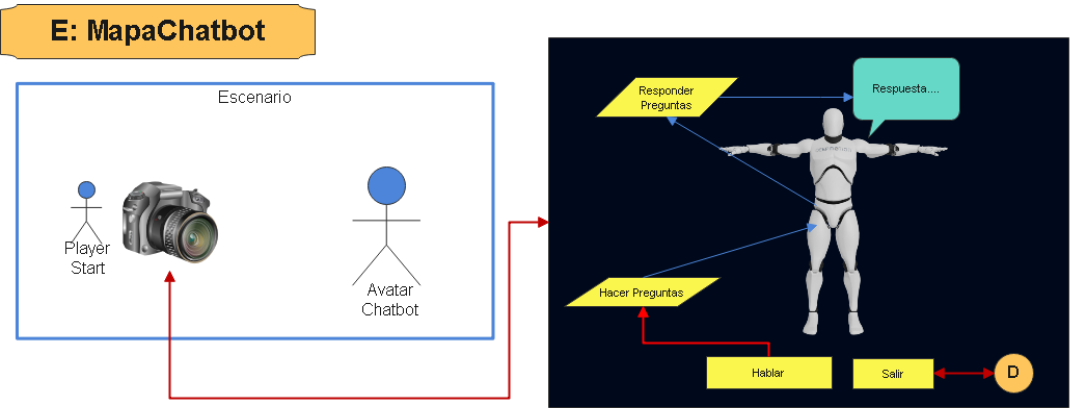
c. Boceto: Estructura del escenario “Volcán Chimborazo”



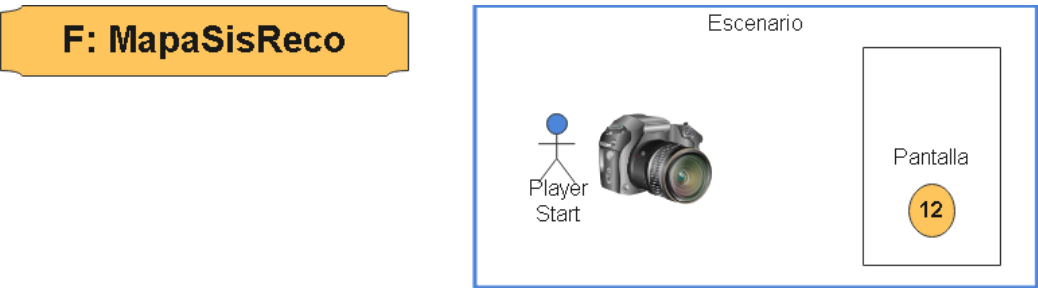
d. Boceto: Estructura del escenario “Estación”



e. Boceto: Estructura del escenario “Mapa chatbot”

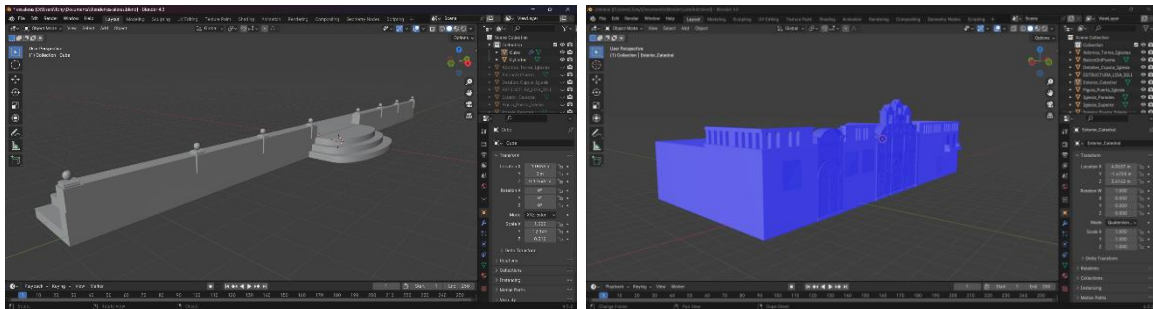


f. Boceto: Estructura del escenario “Mapa sistema recomendaciones”

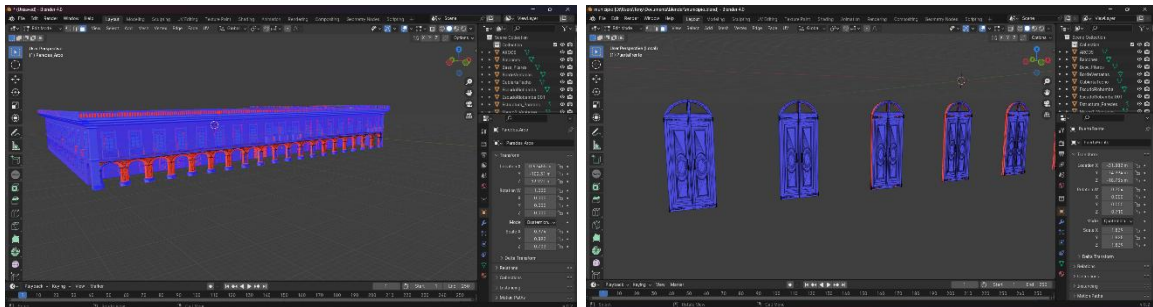


Anexo III: Modelado de objetos 3D

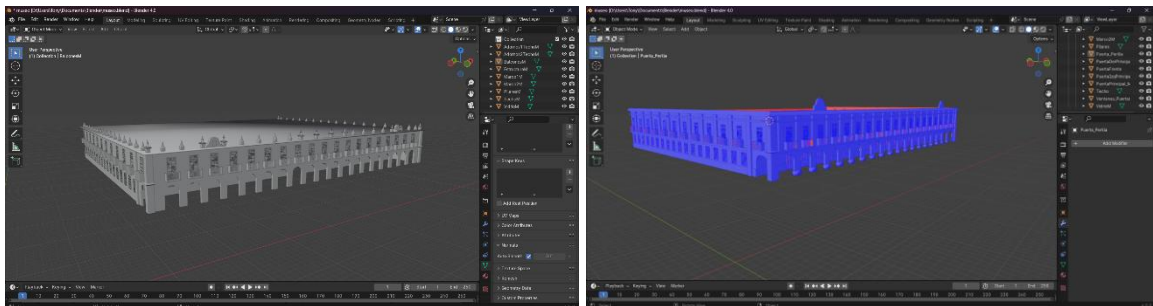
a. Catedral de Riobamba



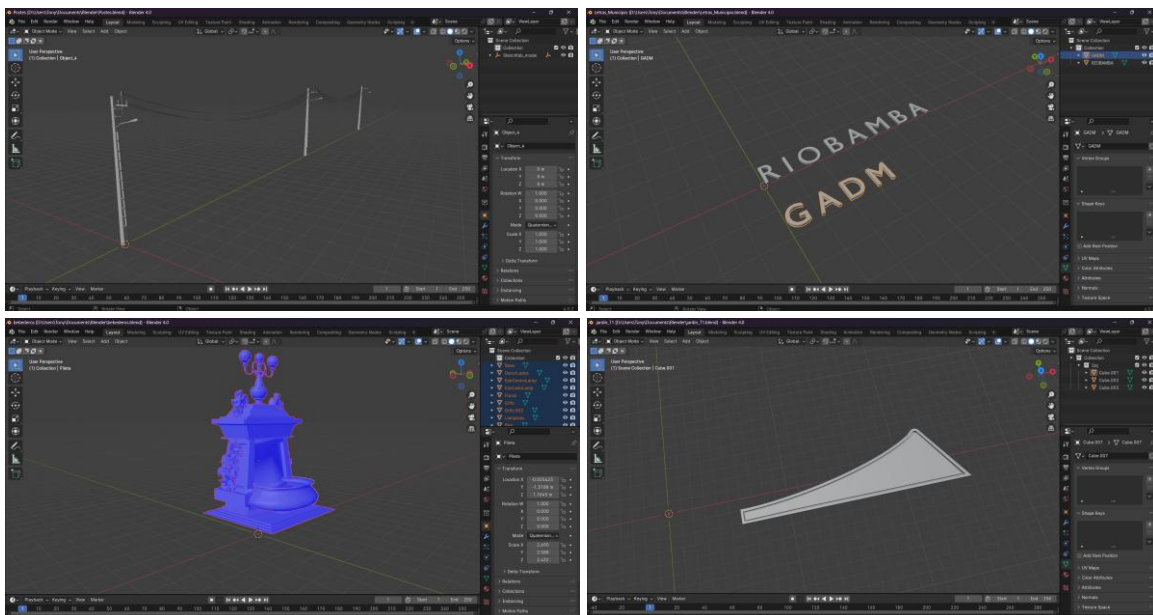
b. Municipio de Riobamba



c. Museo de la ciudad de Riobamba

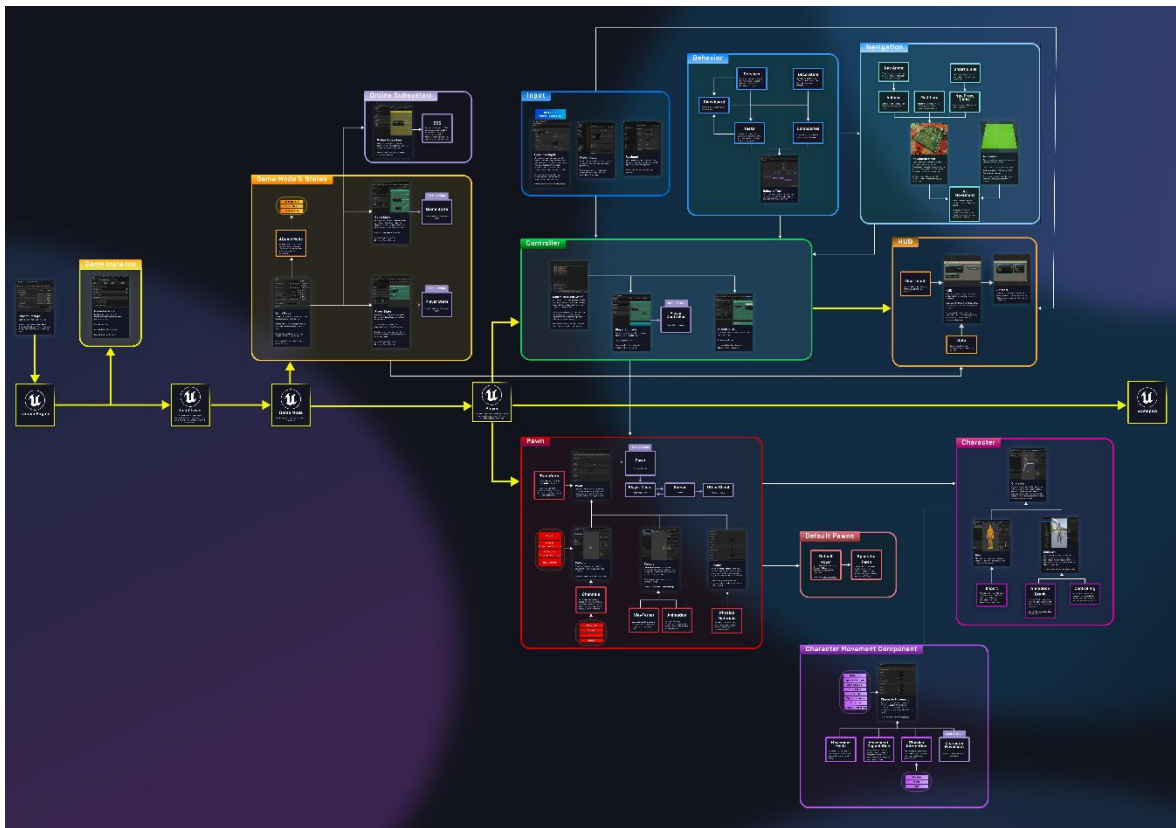


d. Decoración adicional de escenarios



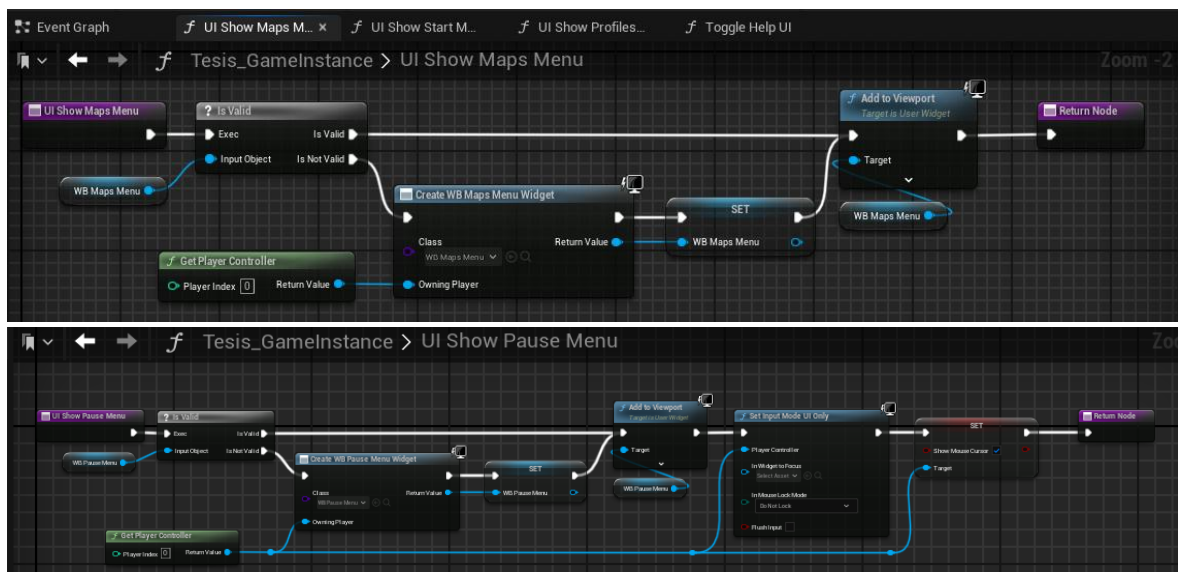
Anexo IV: Framework de trabajo

a. Arquitectura de la aplicación



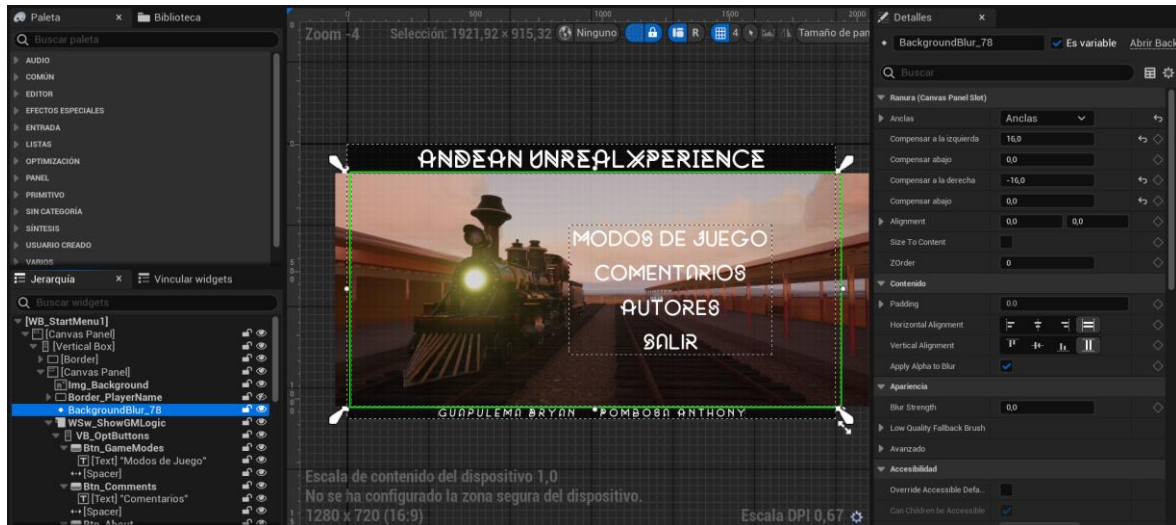
Para profundizar en la arquitectura de la aplicación puede consultarse la documentación oficial de Unreal Engine: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/gameplay-framework-in-unreal-engine>

b. Instancia de juego: Tesis_GameInstance

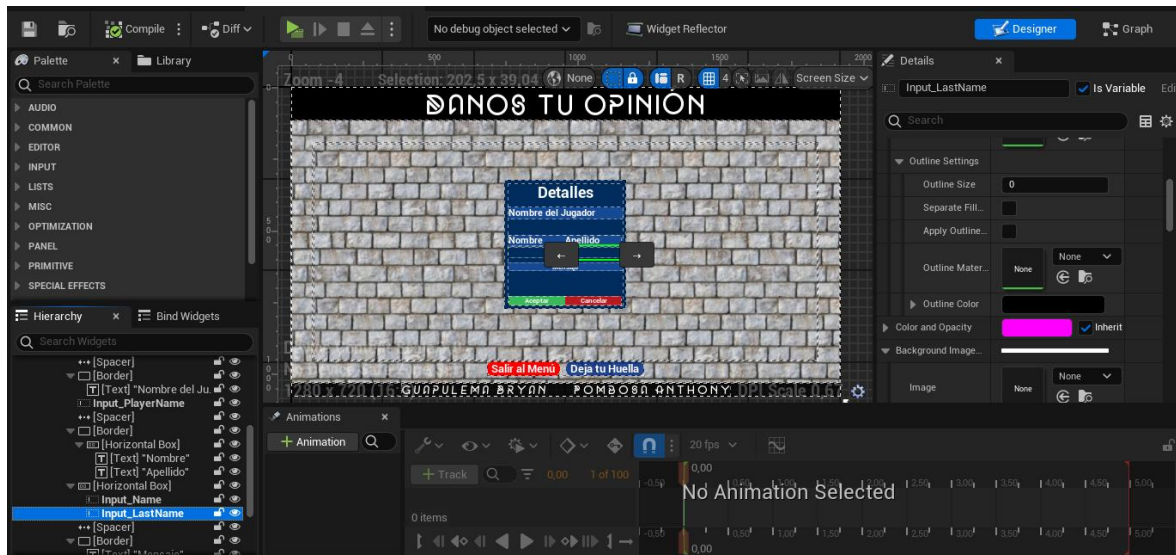


Anexo V: Creación de interfaces de usuario con el editor UMG

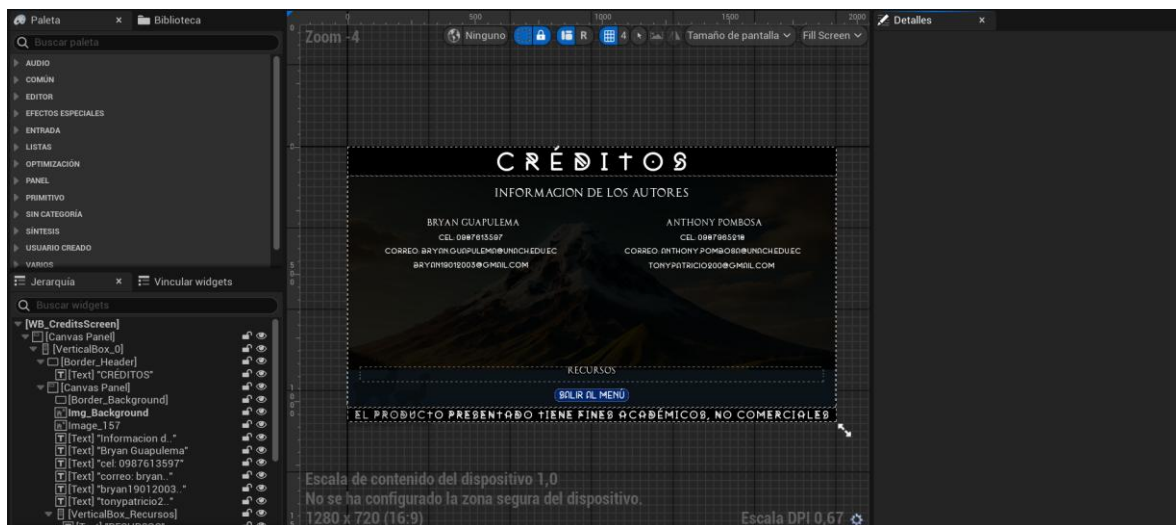
a. Menú de inicio



b. Sistema de comentarios



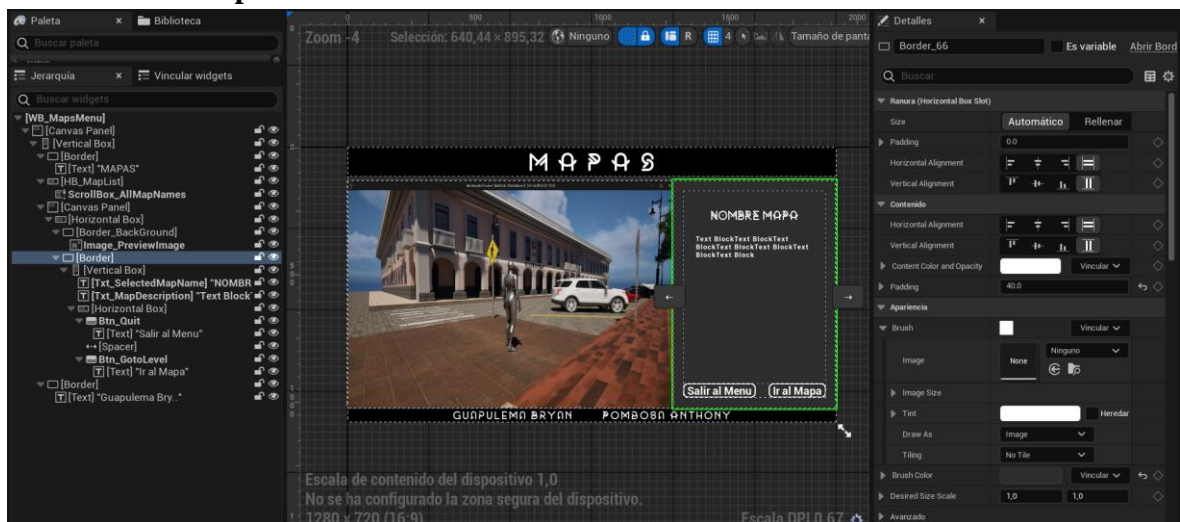
c. Pantalla de créditos



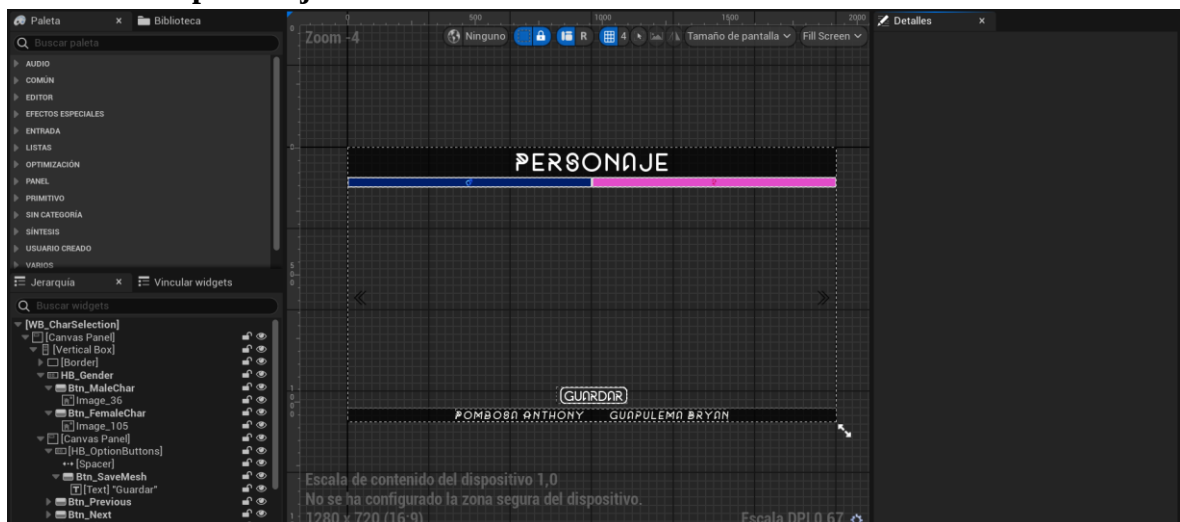
d. Modos de juego



e. Menú mapas



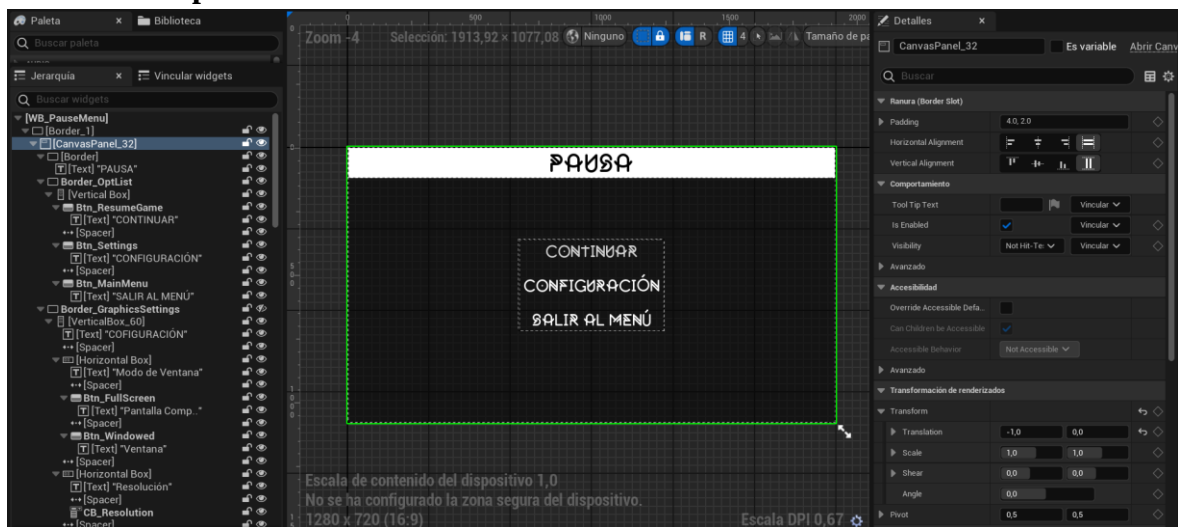
f. Menú personaje



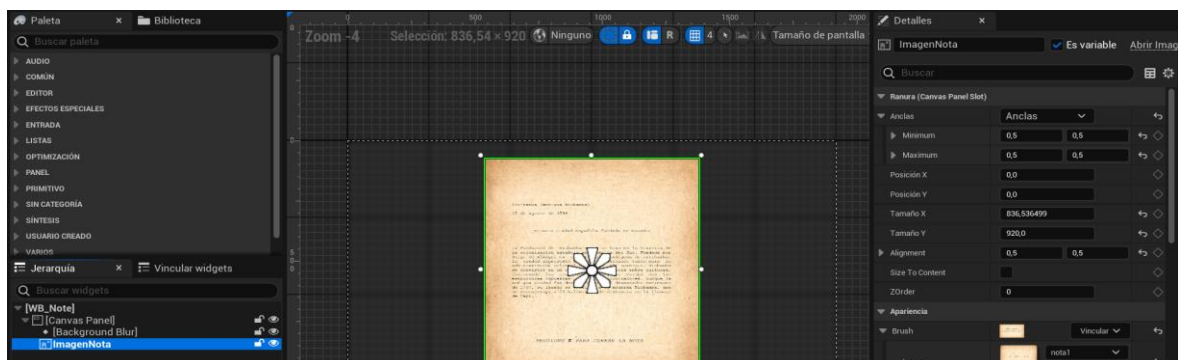
g. Menú modos de juego VR



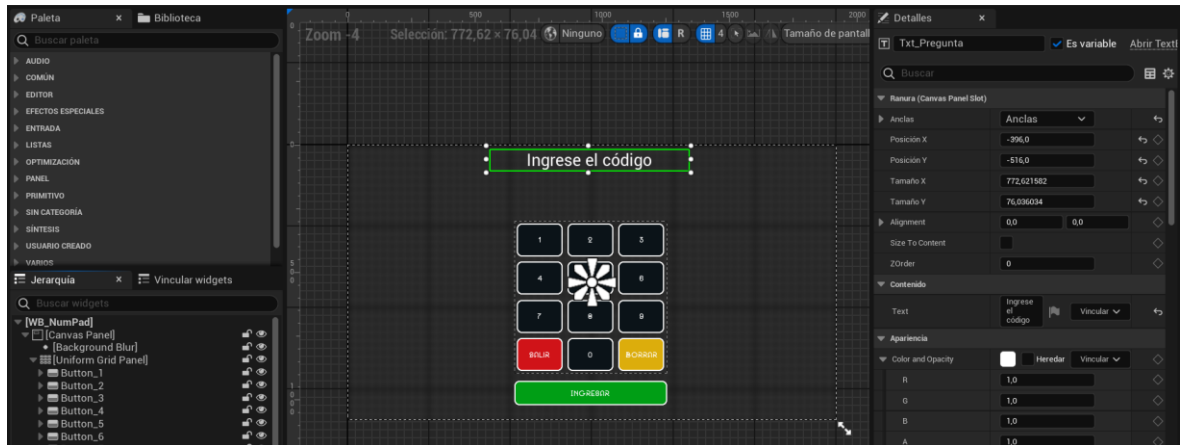
h. Menú pausa



i. Sistema de notas



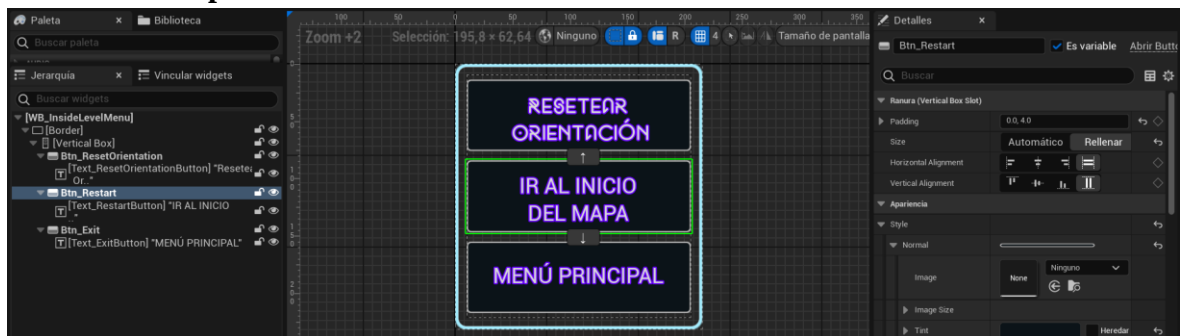
j. Sistema de cofres



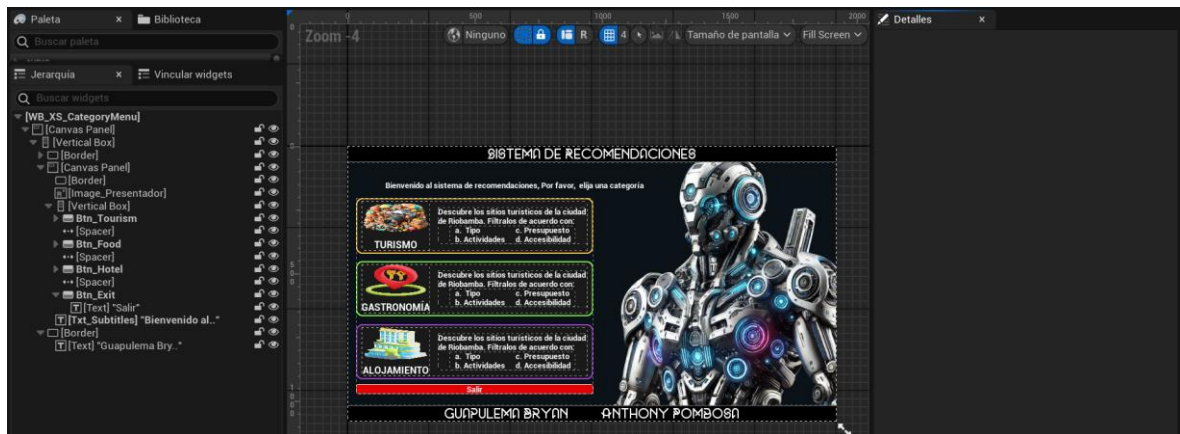
k. Sistema de trivia



l. Menú opciones VR

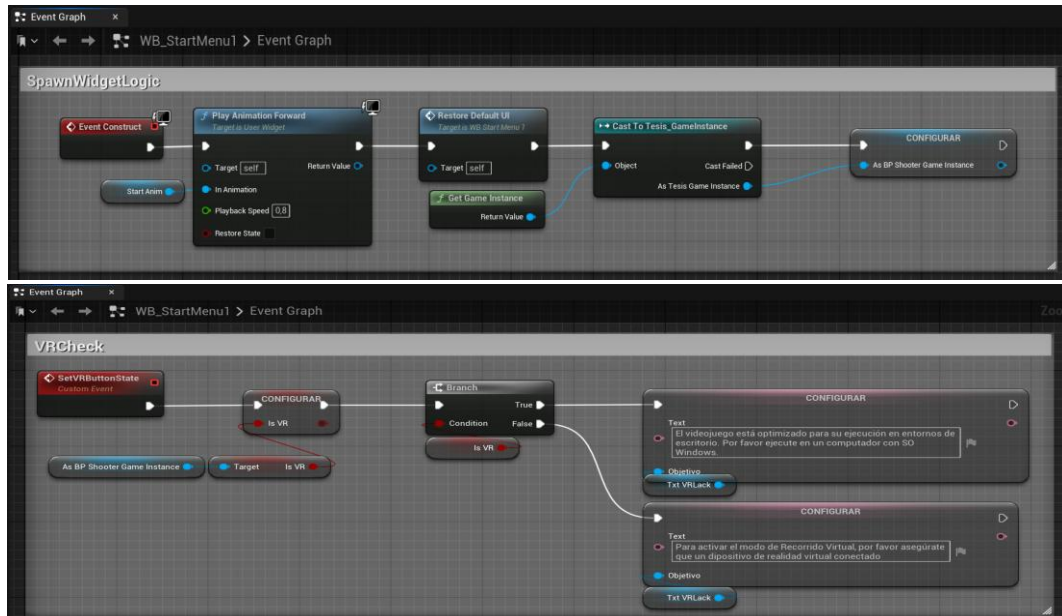


m. Sistema de recomendaciones

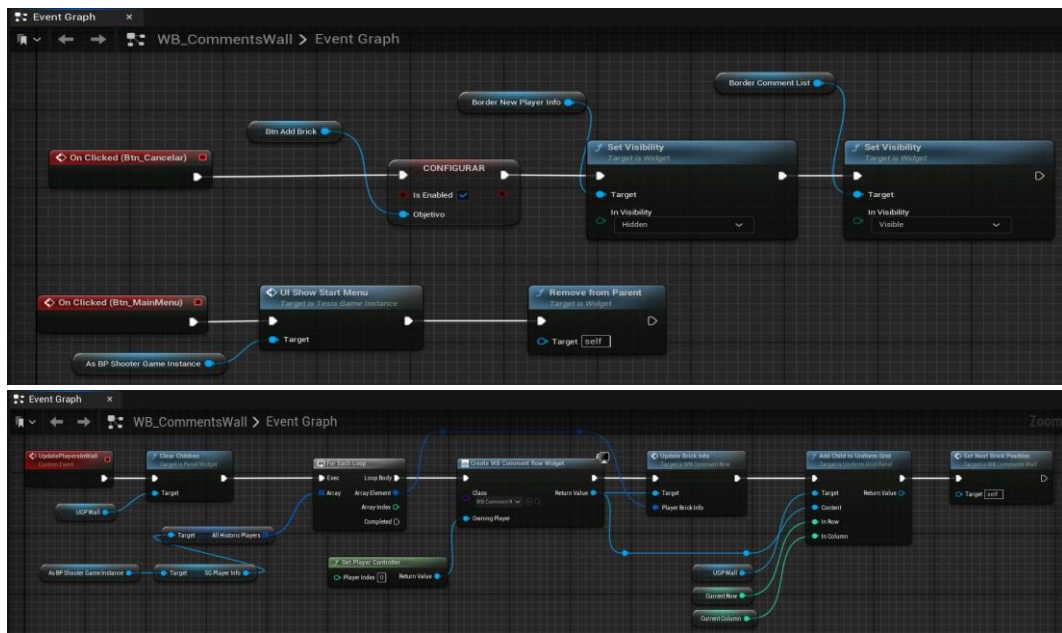


Anexo VI: Programación de los sistemas e interfaces

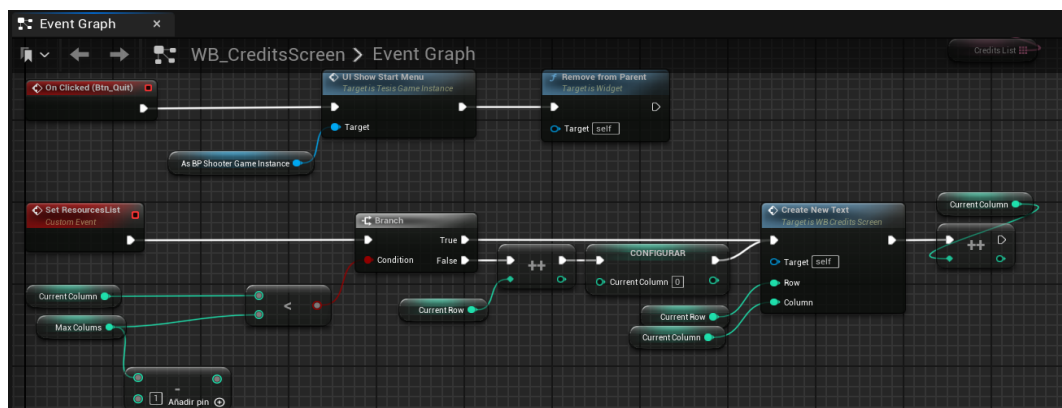
a. Menú de inicio



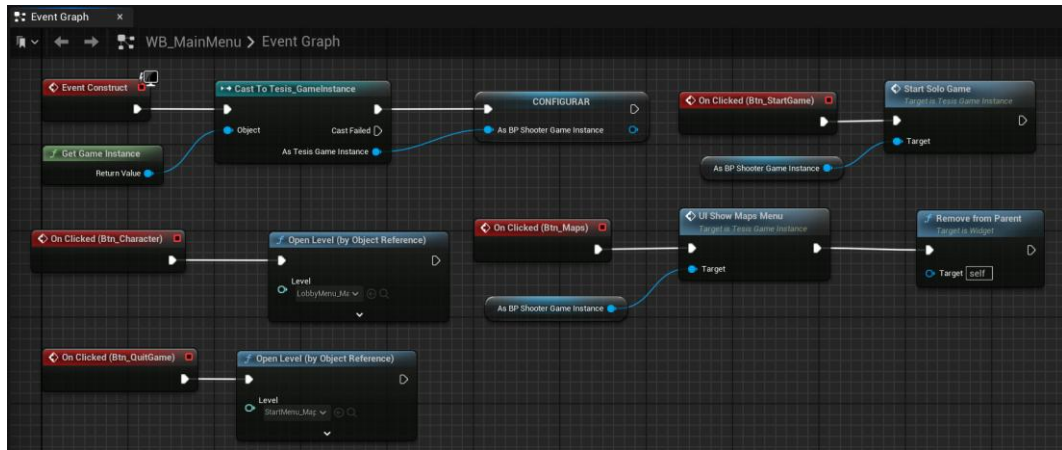
b. Sistema de comentarios



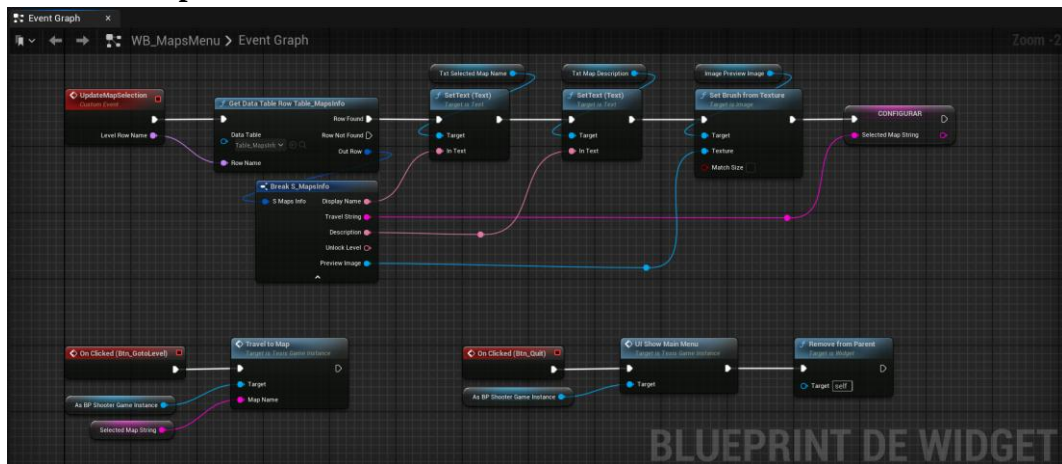
c. Pantalla de créditos



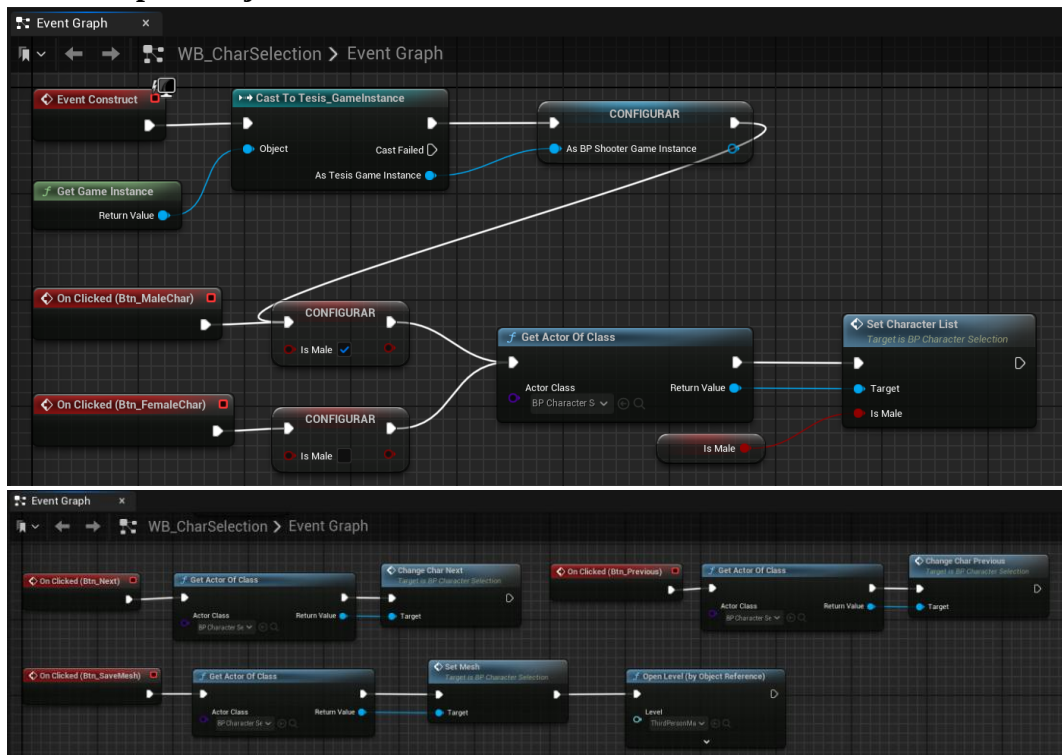
d. Modos de juego



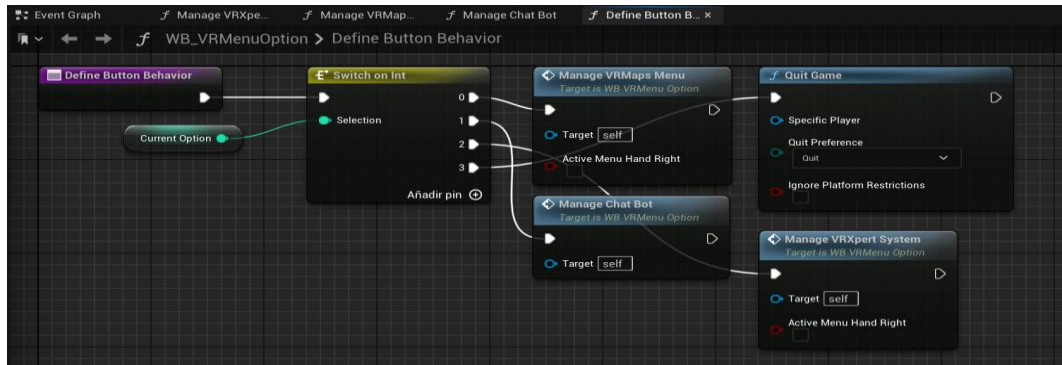
e. Menú mapas



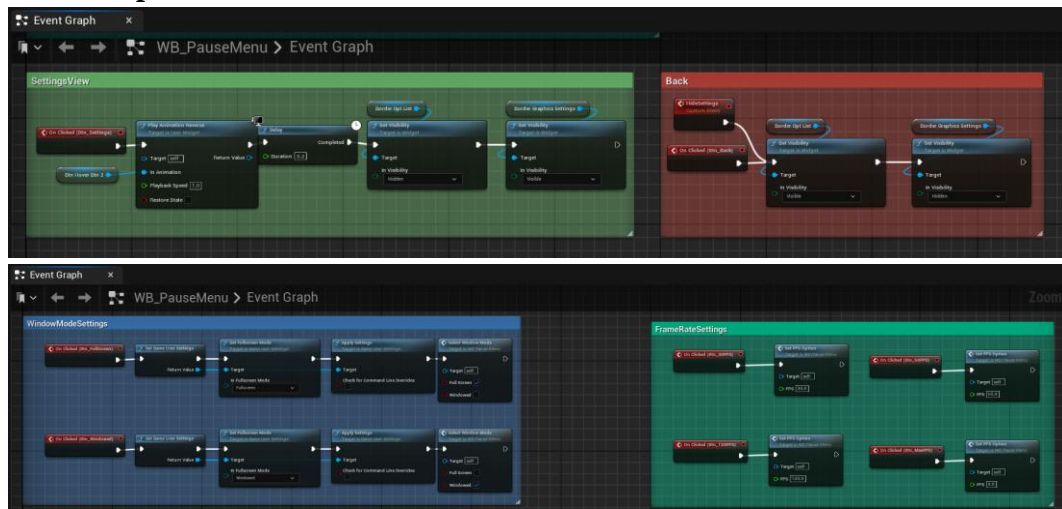
f. Menú personaje



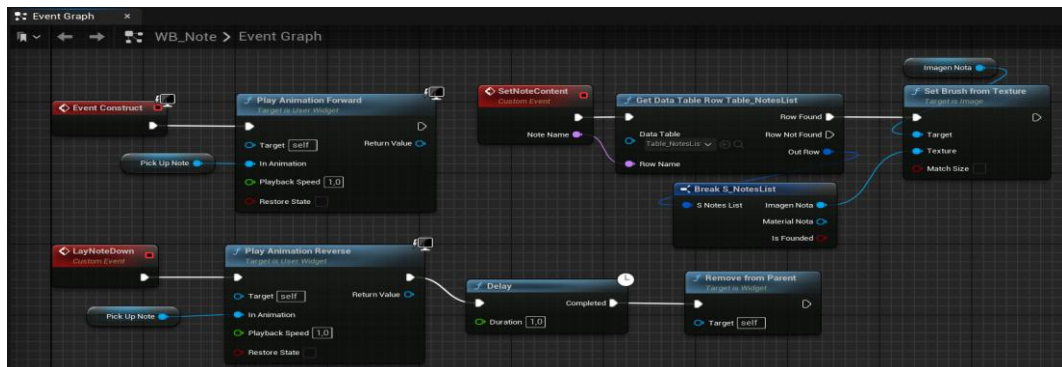
g. Menú modos de juego VR



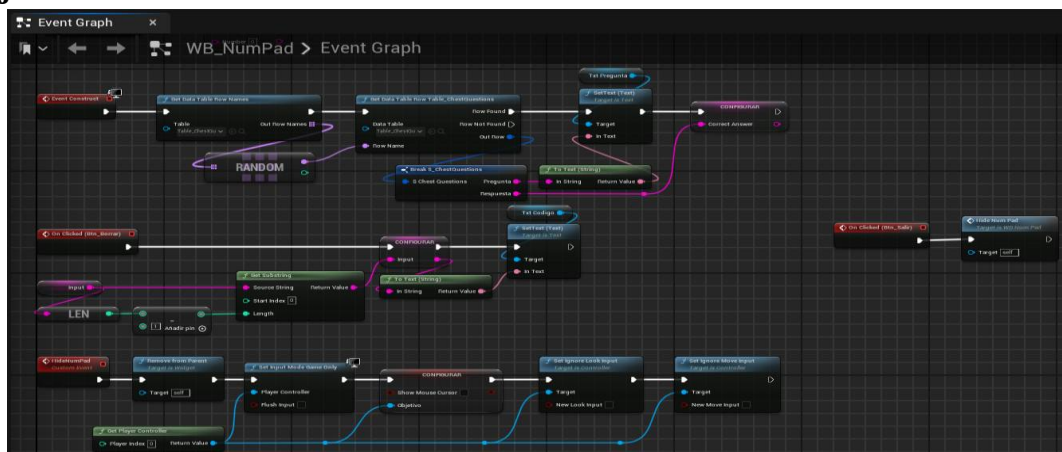
h. Menú pausa



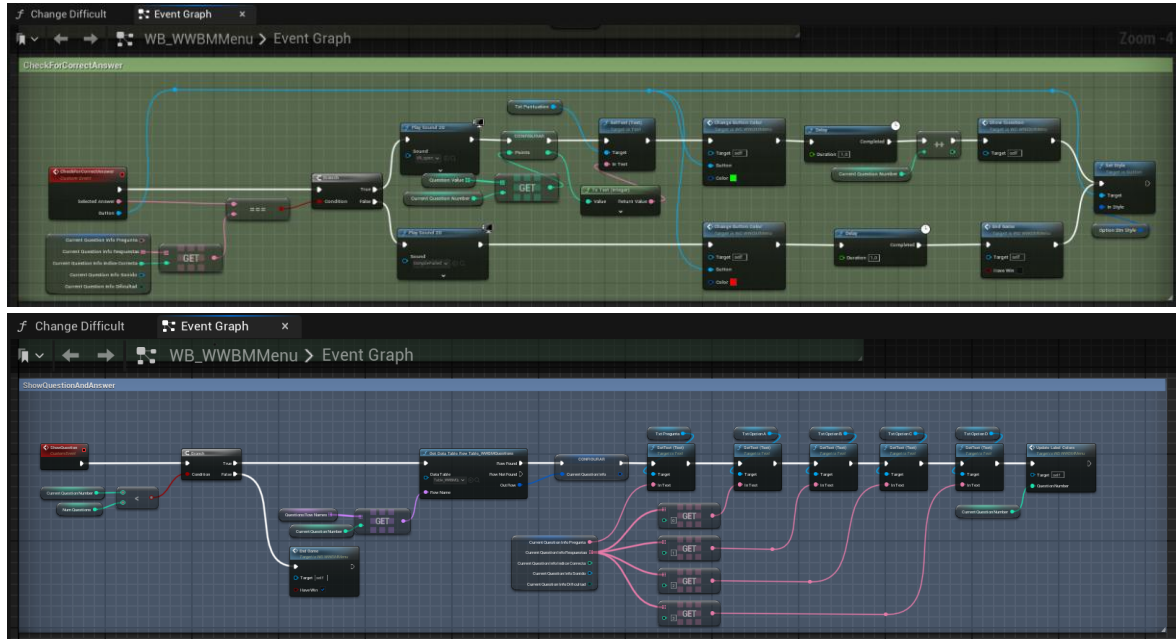
i. Sistemas de notas



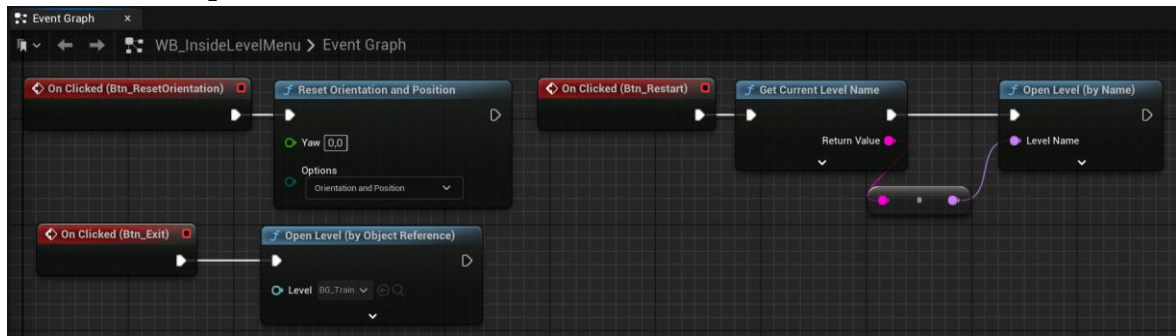
j. Sistema de cofres



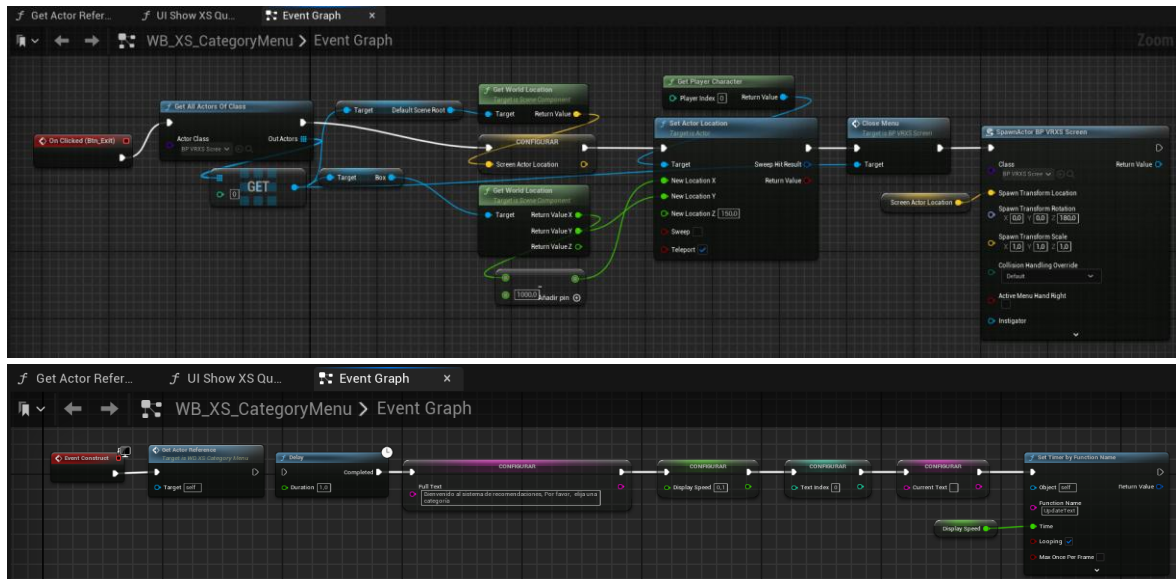
k. Sistema de trivia



I. Menú opciones VR



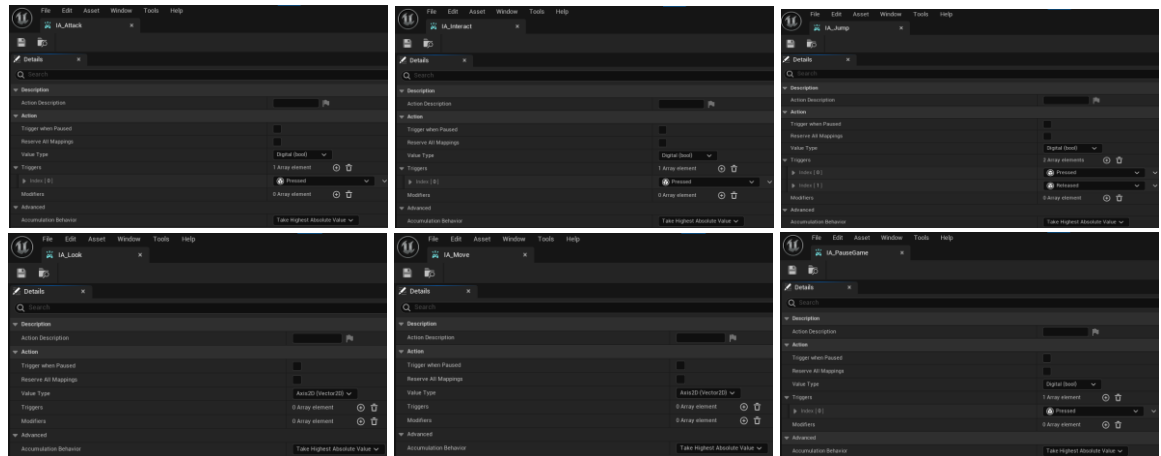
m. Sistema de recomendaciones



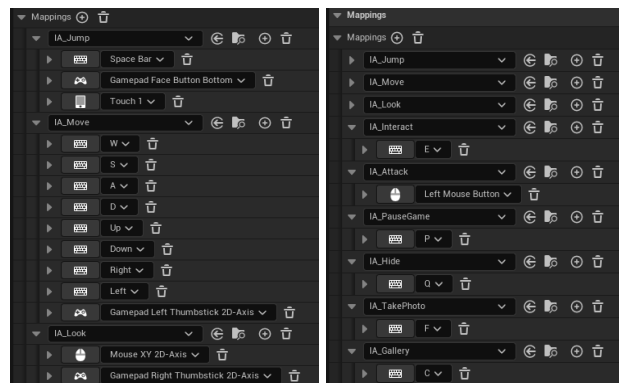
Anexo VII: Mapeo de controles

I. Videojuego

a. Acciones de entrada (Input actions)

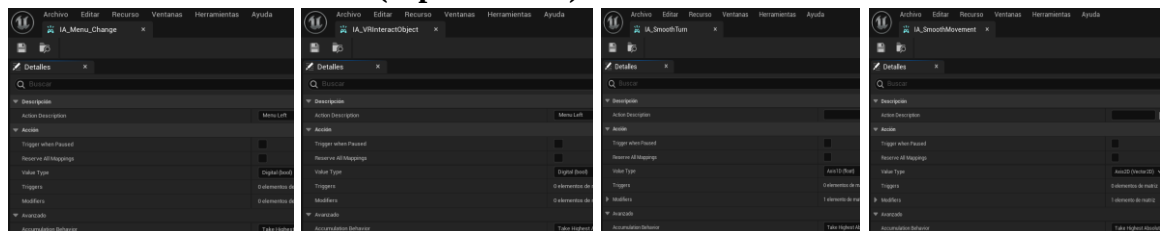


b. Contexto de mapeo (Mapping context)

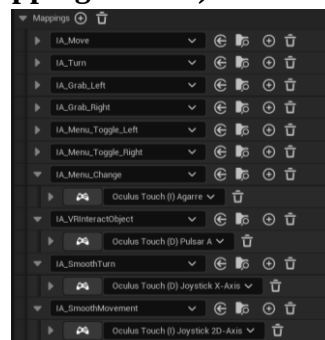


II. Realidad virtual

a. Acciones de entrada (Input actions)

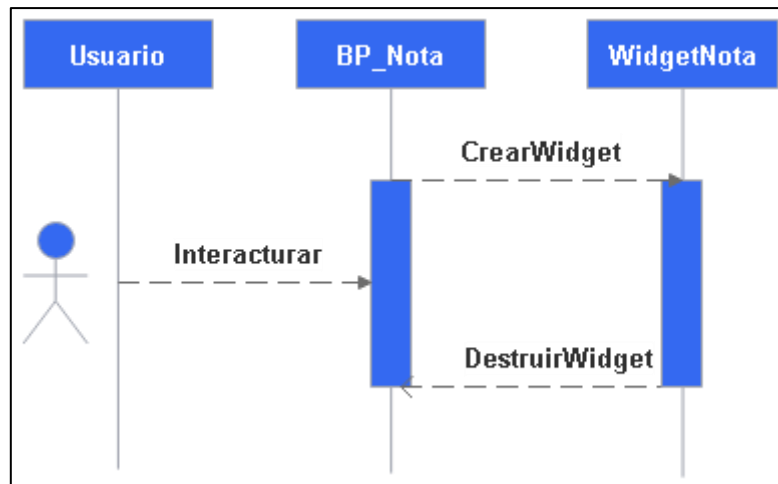


b. Contexto de mapeo (Mapping context)

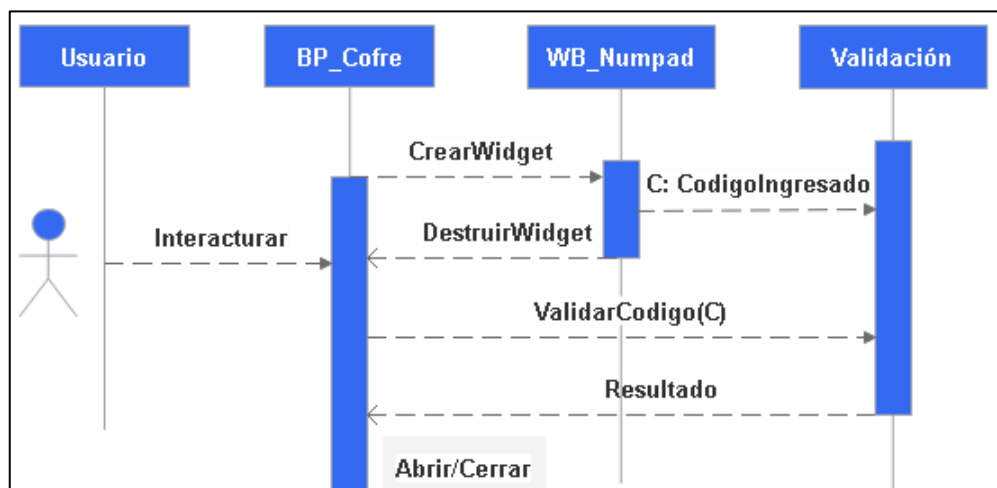


Anexo VIII: Diagramas de secuencia de los sistemas de juego

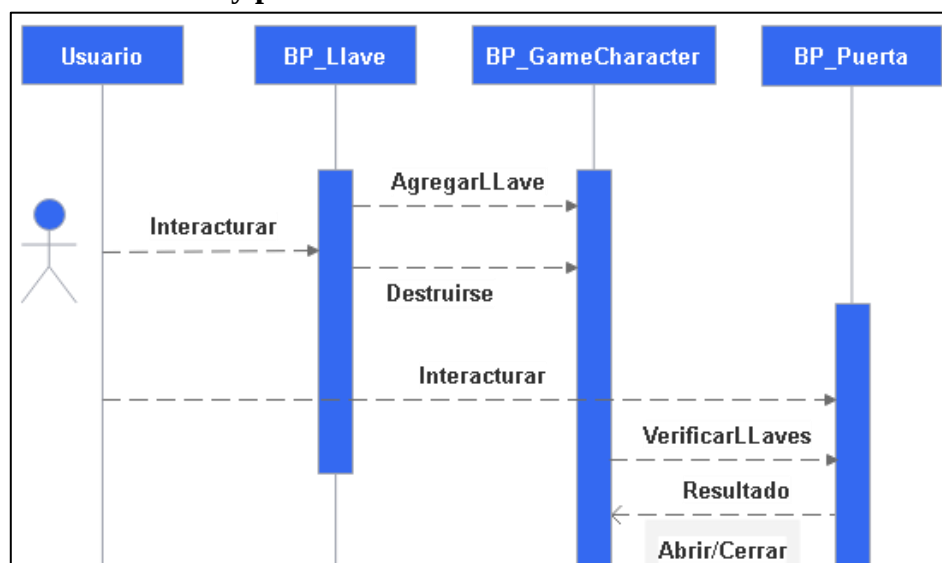
a. Sistema de notas



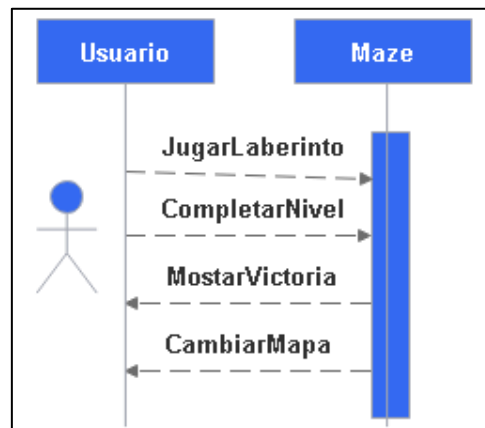
b. Sistema de cofres



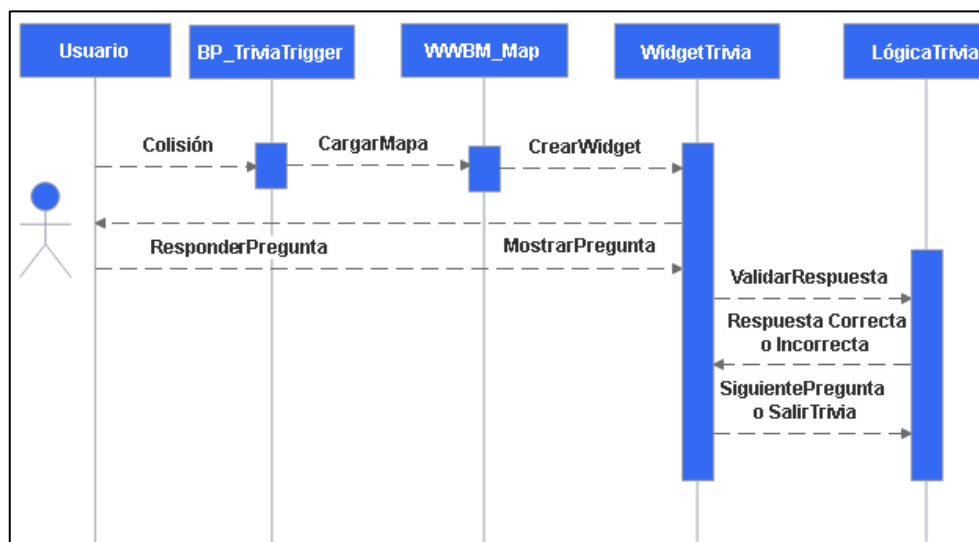
c. Sistema de llaves y puertas



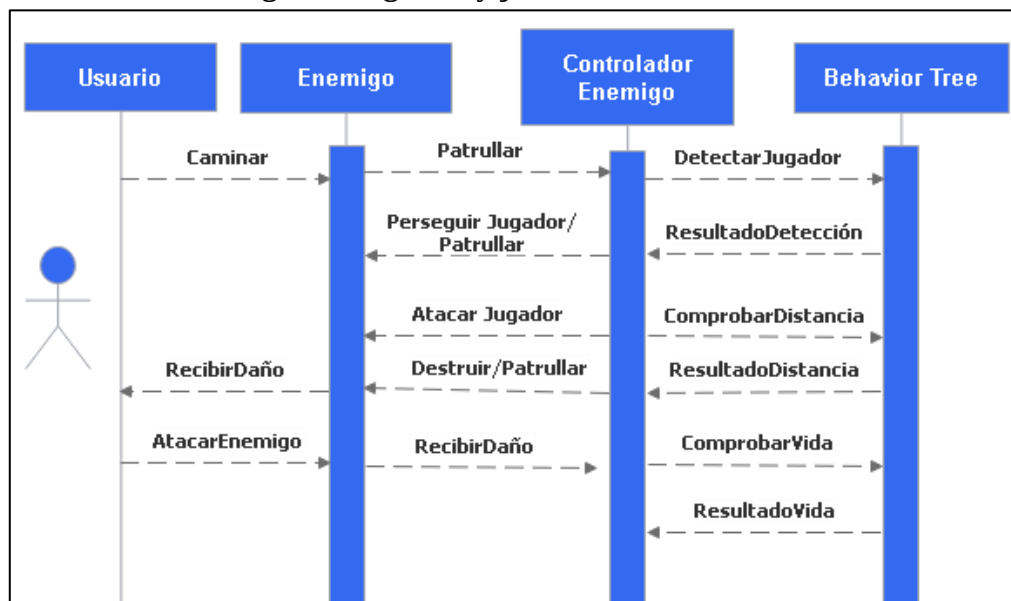
d. Sistema de laberintos



e. Sistema de trivia

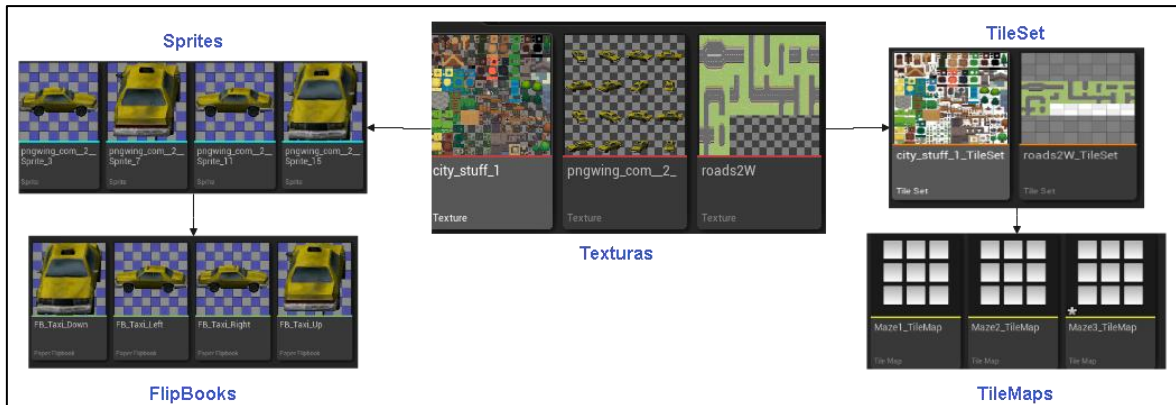


f. Sistema de enemigos inteligentes y jefe final

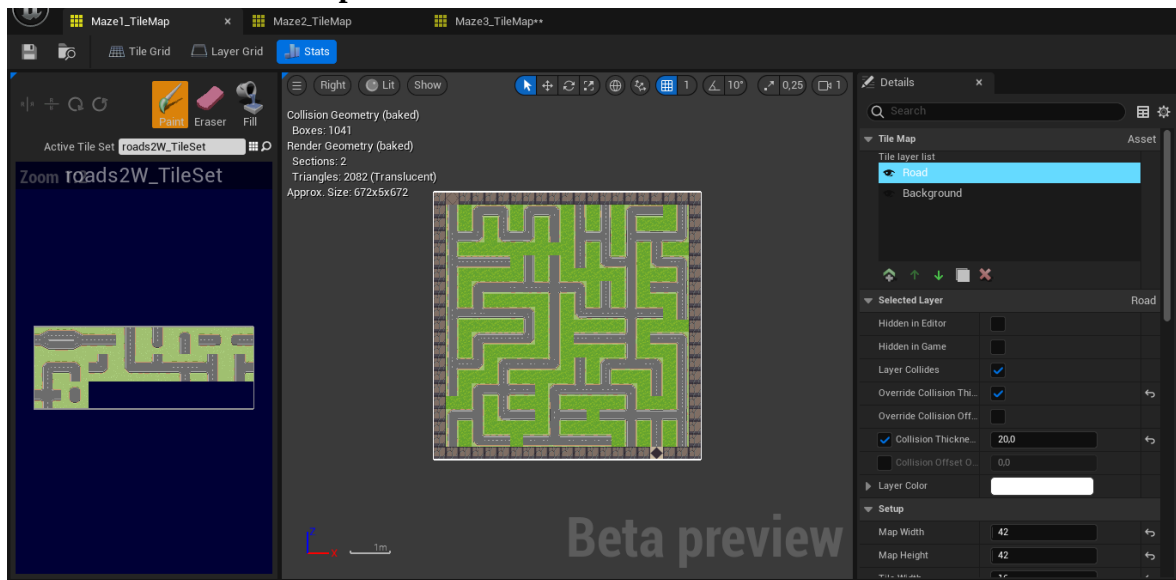


Anexo IX: Diseño de TilesMaps de laberintos

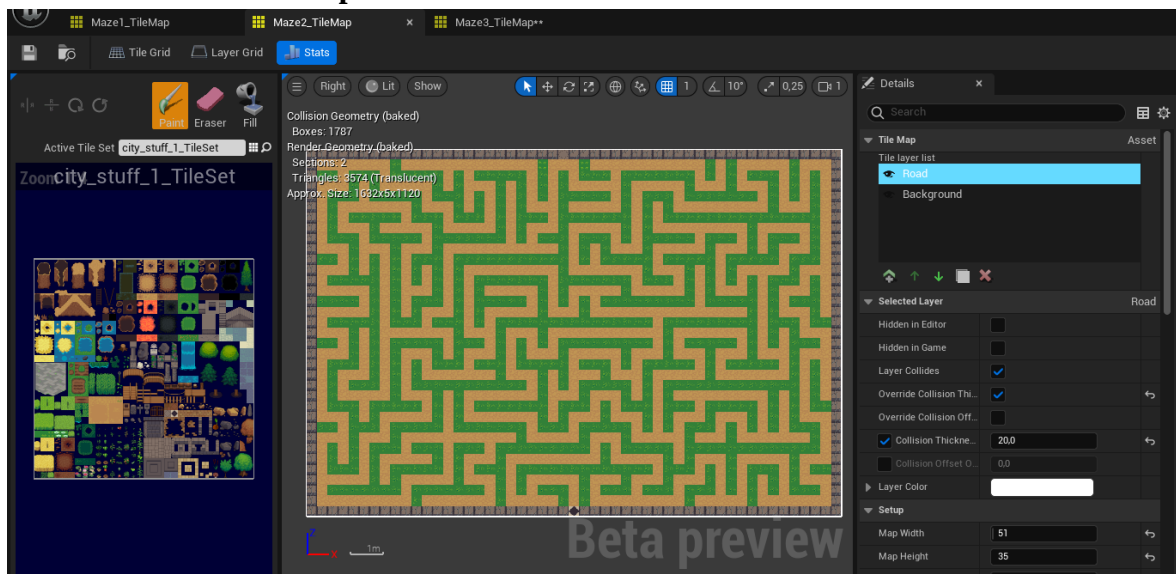
a. Relación entre assets 2D del sistema de laberintos



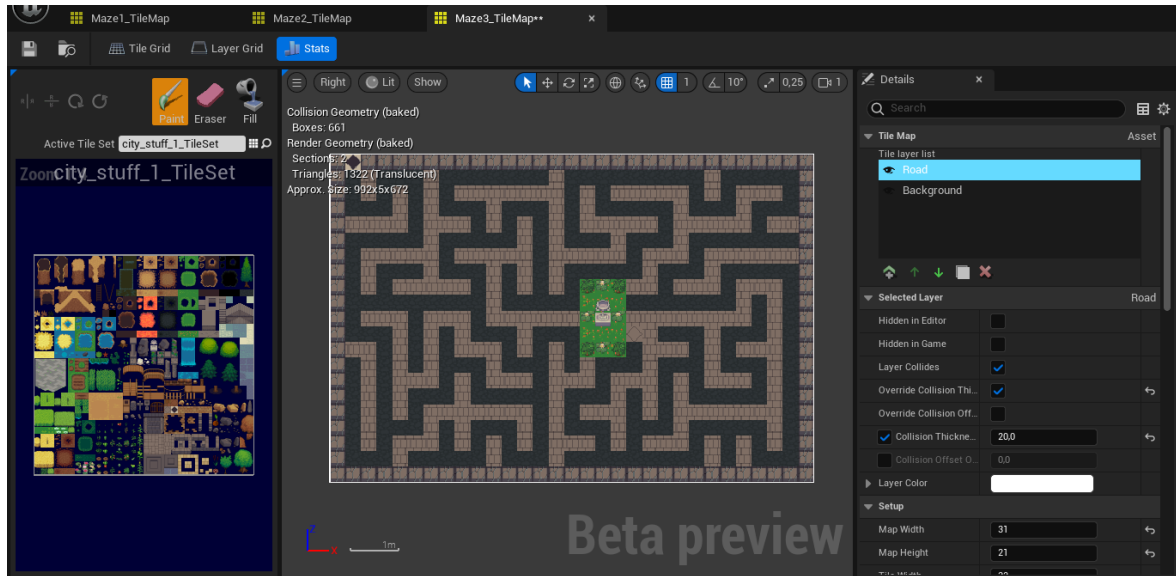
b. Diseño del tilemap del laberinto 1



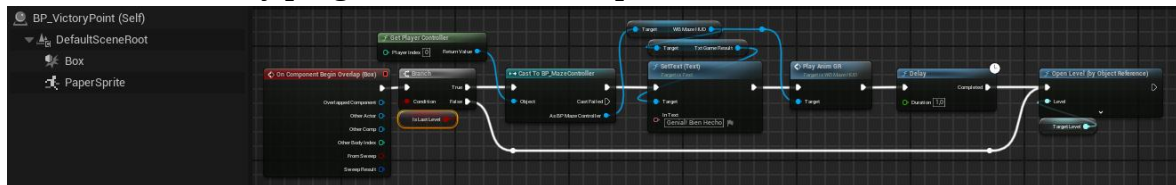
c. Diseño del tilemap del laberinto 2



d. Diseño del tilemap del laberinto 3

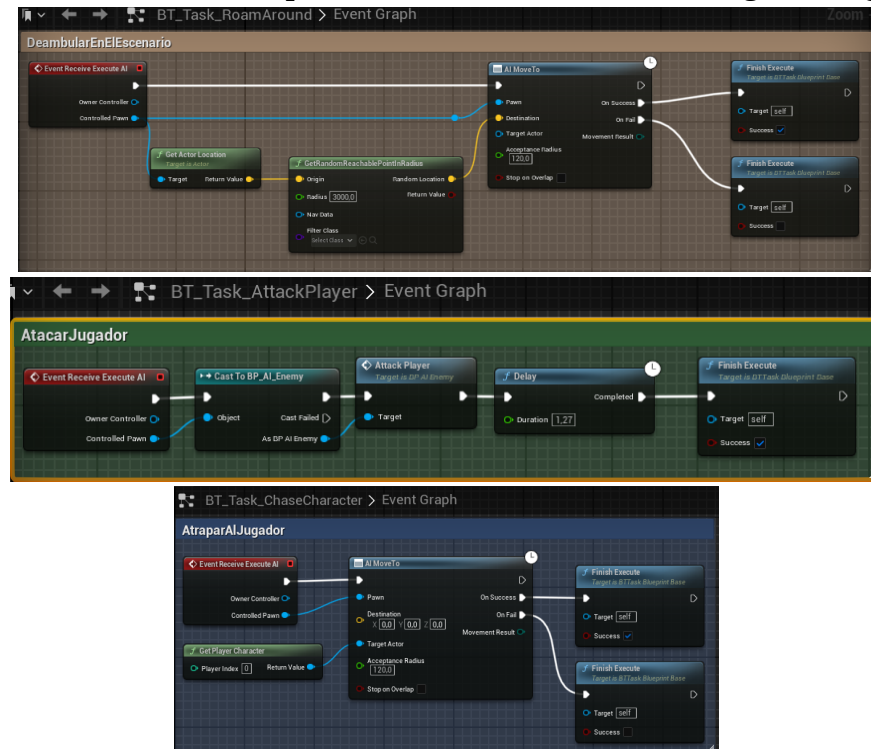


e. Estructura y programación del actor punto de victoria

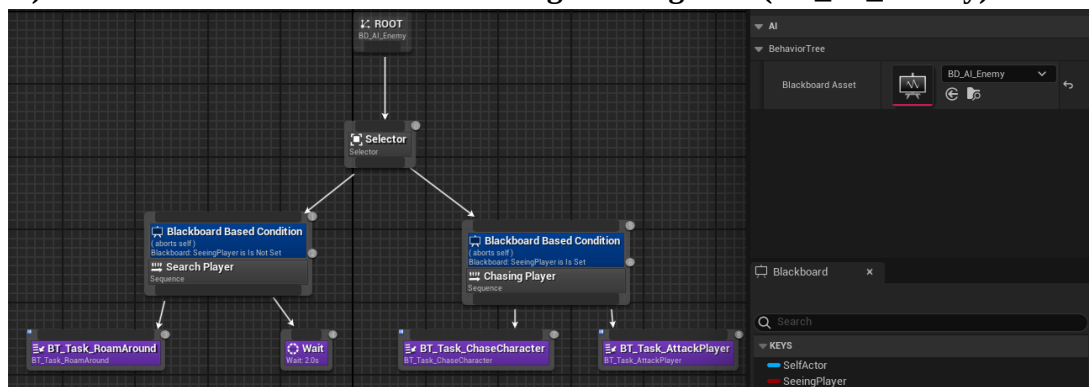


Anexo X: Sistemas de inteligencia artificial en la gamificación

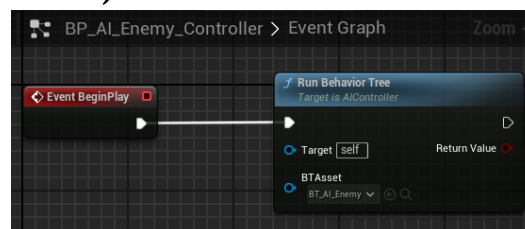
a) Tareas del árbol de comportamiento del sistema de enemigos inteligentes



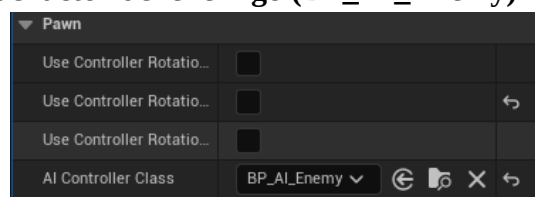
b) Behavior Tree del sistema de enemigos inteligentes (BT_AI_Enemy)

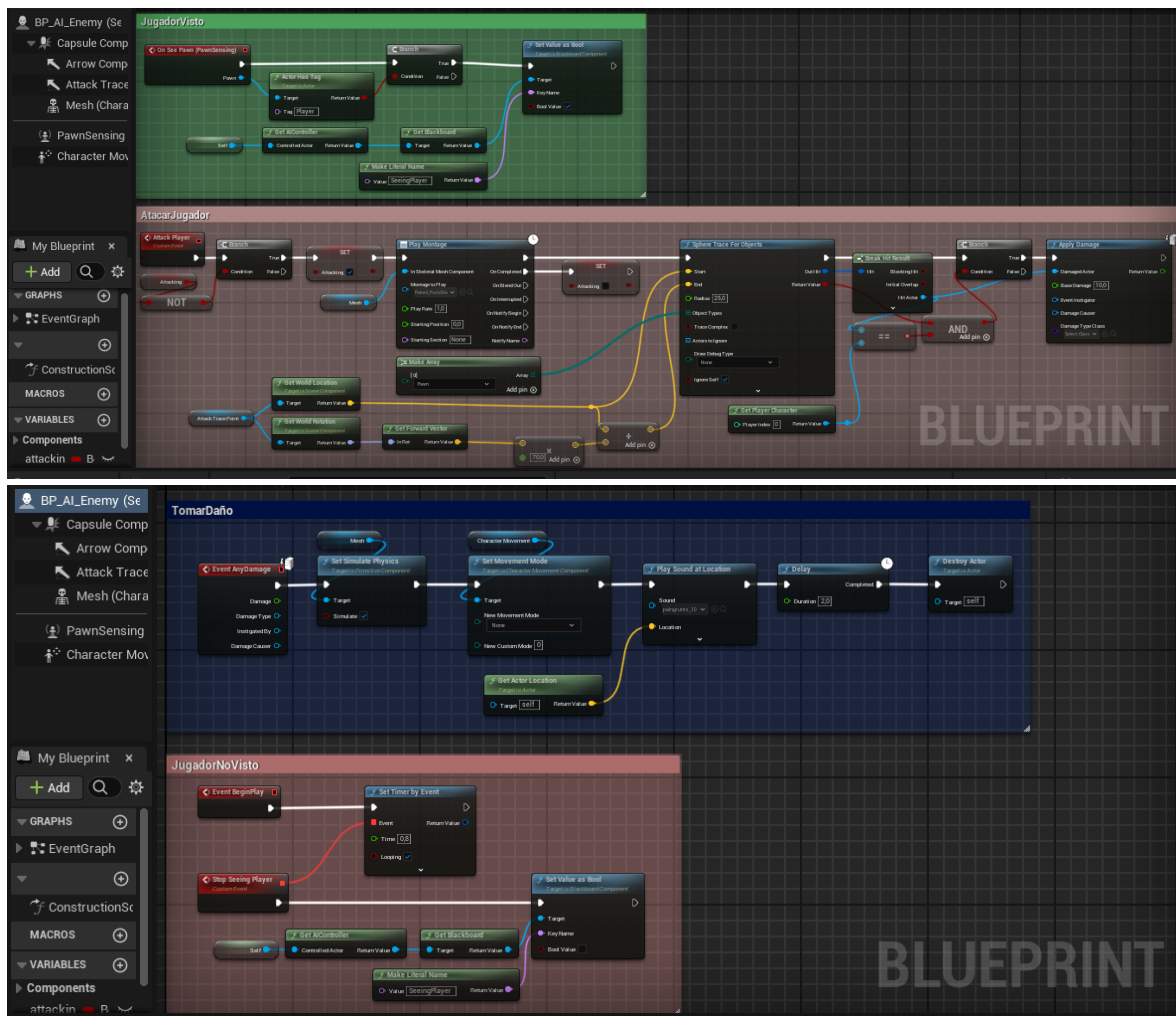


c) Controlador de la IA del sistema de enemigos inteligentes (IA_Enemy_Controller)

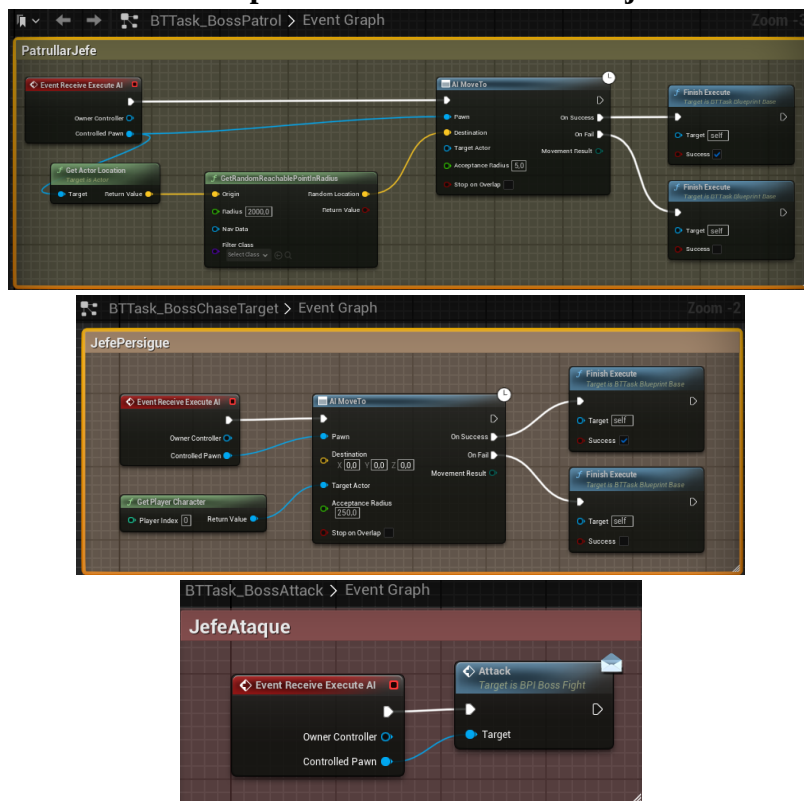


d) Programación del actor del enemigo (BP_AI_Enemy)

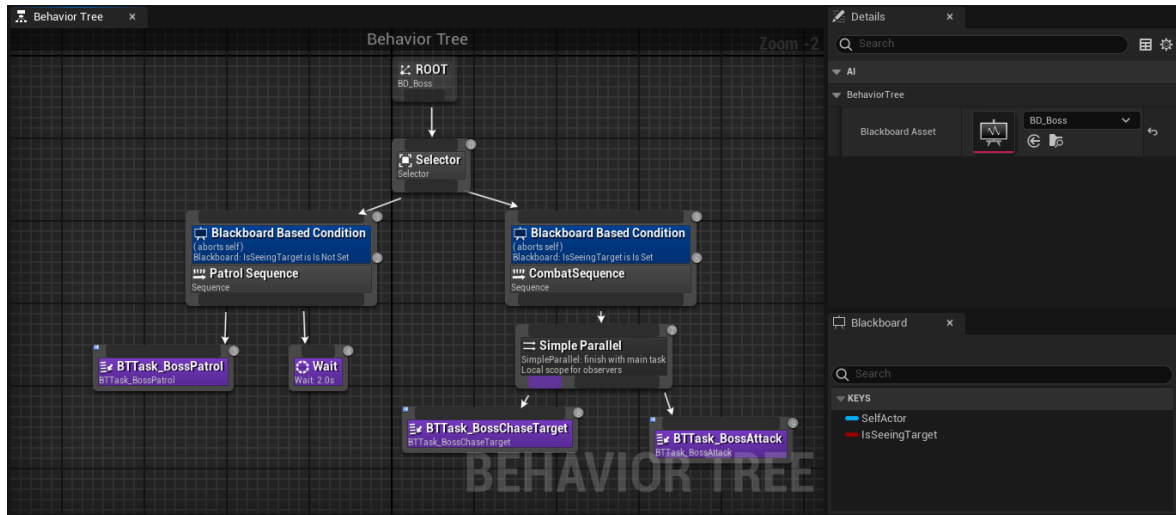




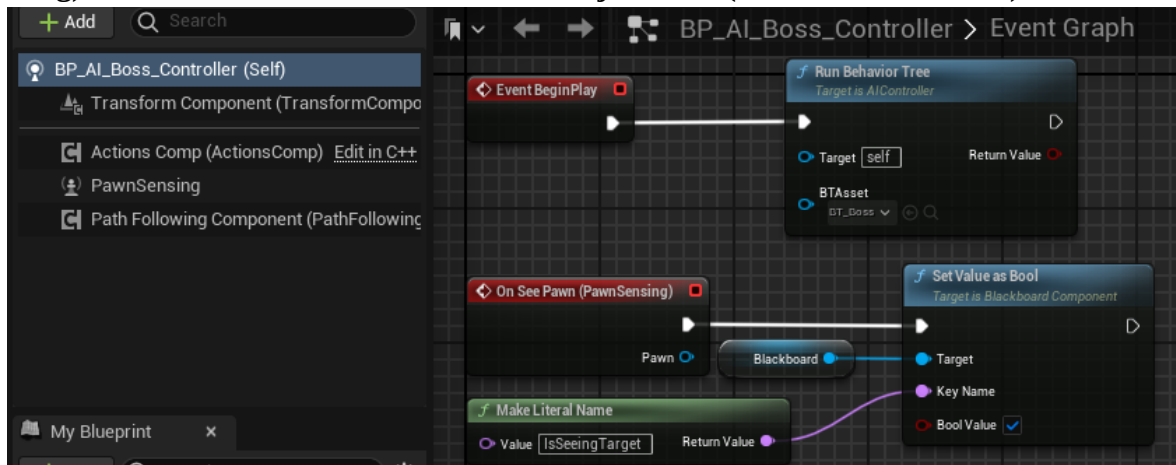
e) Tareas del árbol de comportamiento del sistema de jefe final



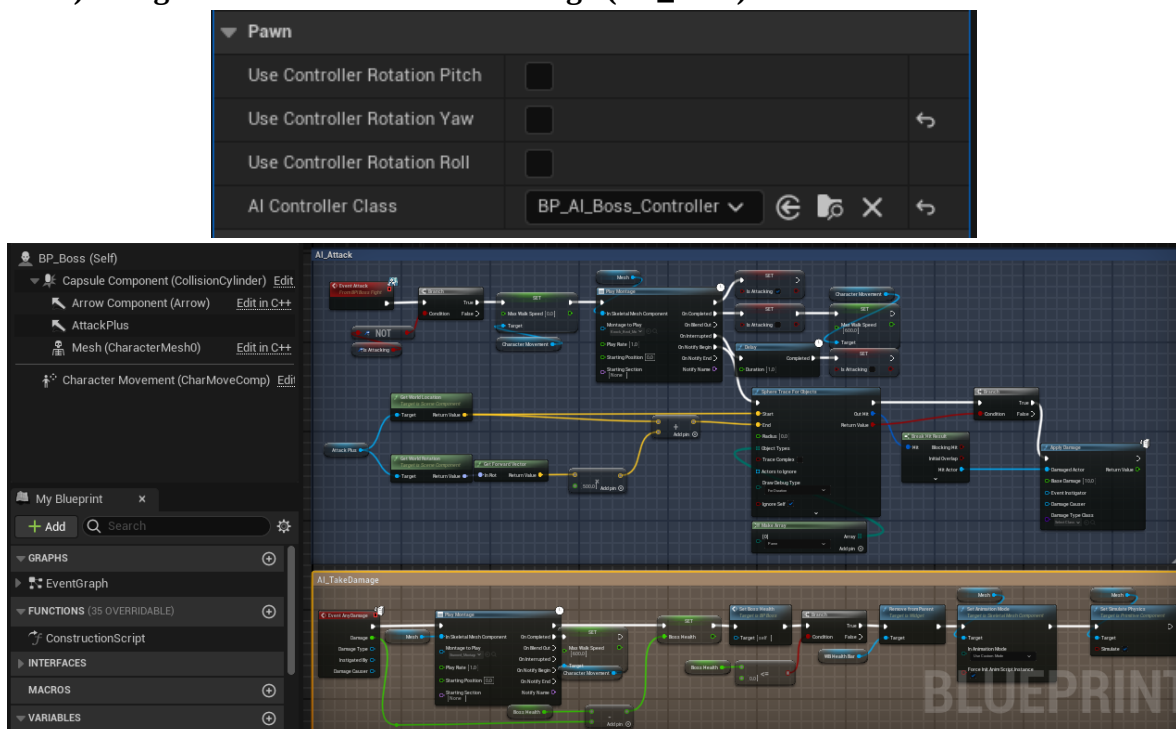
f) Behavior Tree del sistema de jefe final (BT_Boss)



g) Controlador de la IA del sistema de jefe final (IA_Boss_Controller)

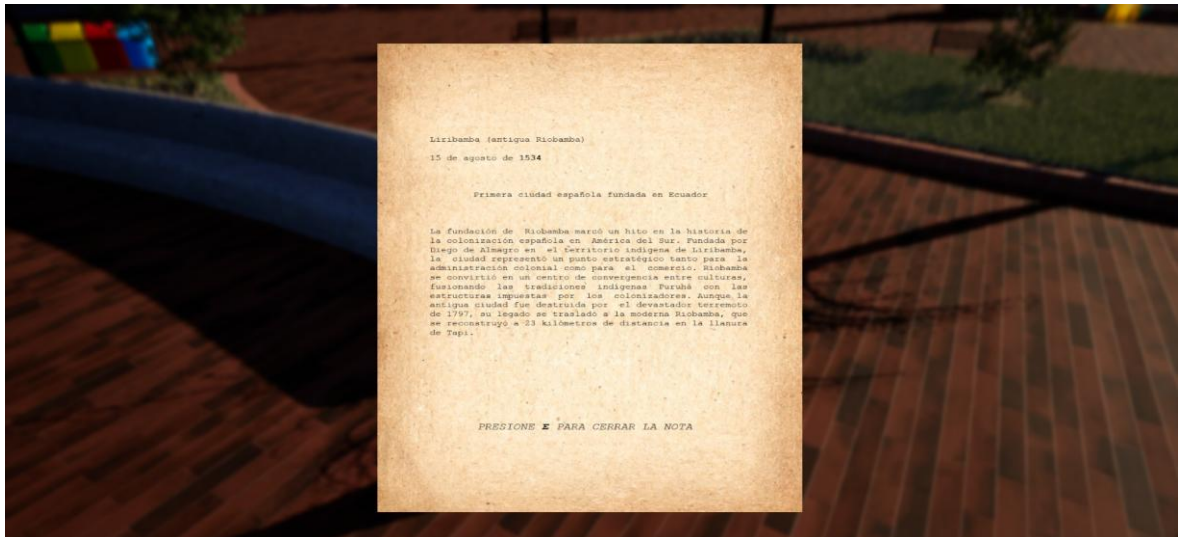
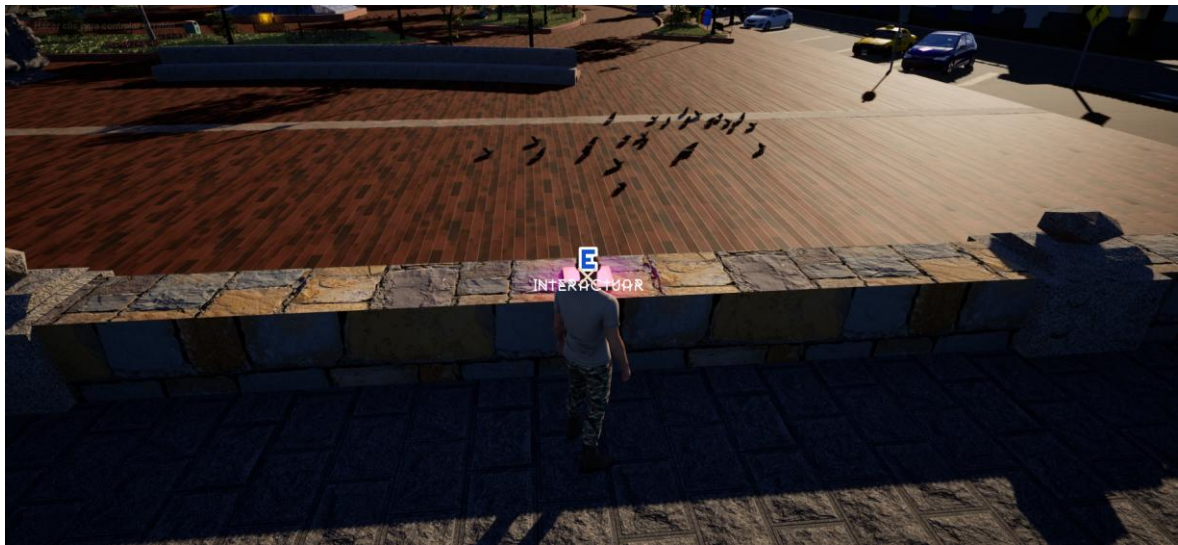


h) Programación del actor del enemigo (BP_Boss)

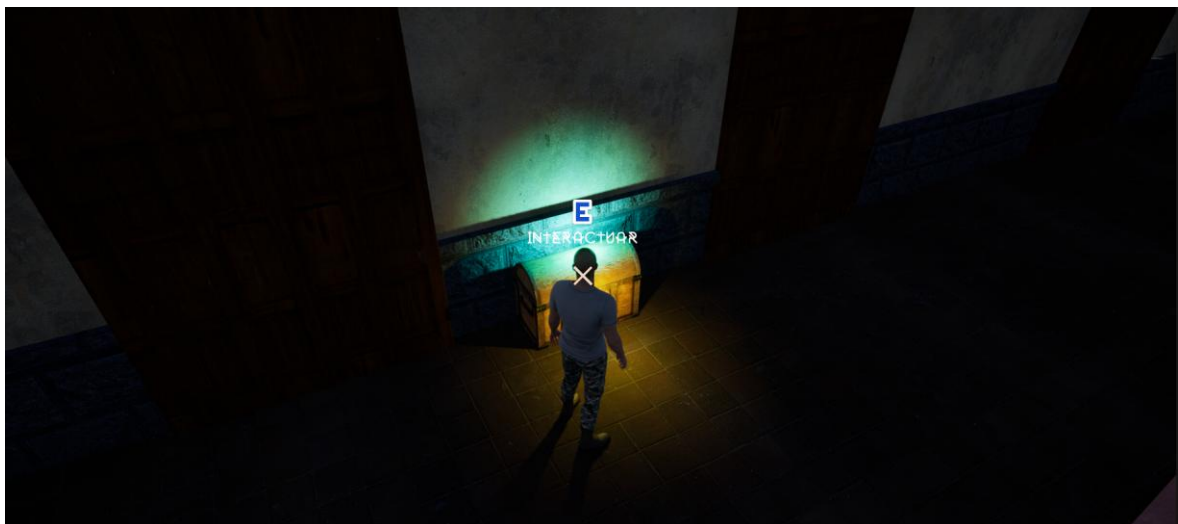


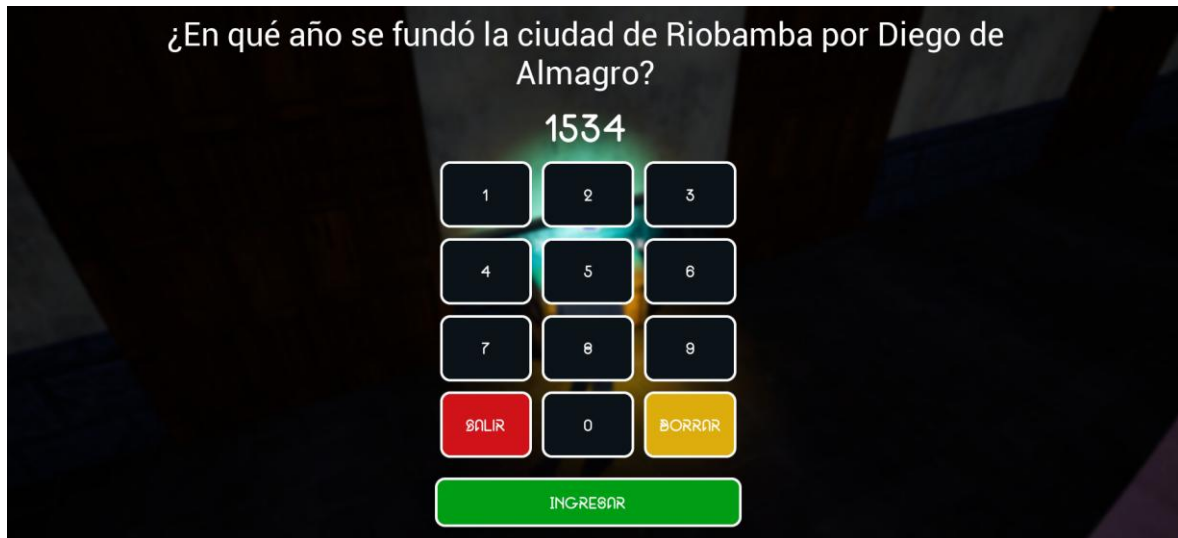
Anexo XI: Implementación de sistemas de gamificación y escenarios

a) Sistema de notas



b) Sistema de cofres





c) Sistema de llaves



d) Sistema de laberintos



e) Sistema de trivia



f) Sistema de enemigos inteligentes



g) Sistema de jefe final



Anexo XII: Diseño de la encuesta y cuestionario aplicado

a) Diseño de la encuesta



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO CARRERA DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN



ENCUESTA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERACCIÓN DEL APLICATIVO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

I. Datos de la encuesta

Nombre del proyecto de investigación	<i>VIDEOJUEGO DE REALIDAD VIRTUAL CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EXPLORACIÓN DE ESCENARIOS TURÍSTICOS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA UTILIZANDO UNREAL ENGINE</i>
Objetivo	Evaluar la capacidad de interacción del aplicativo respecto al modo de videojuego y realidad virtual, conforme con los criterios del modelo de calidad del software de la norma ISO 25010 (aprendizabilidad, operabilidad e involucración del usuario)
Encuestadores	- Bryan Gustavo Guapulema Arellano - Anthony Patricio Pombosa Burgos
Encuestados	Integrantes de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información de la Universidad Nacional de Chimborazo (estudiantes, docentes, administrativos.)
Método de calificación	Escala de Likert de 4 niveles

II. Introducción

La propuesta consiste en el desarrollo de un aplicativo que combine la realidad virtual, la inteligencia artificial y la gamificación; sobre varios escenarios turísticos de la ciudad de Riobamba recreados en el motor de videojuegos Unreal Engine. Así pues, el videojuego consta de dos modos: un recorrido en realidad virtual en el que se puedan explorar los distintos escenarios recreados, apoyados de sistemas informativos e interacción con una inteligencia artificial para responder interrogantes del usuario; y un modo de juego en tercera persona a ejecutarse en los escenarios turísticos con sistemas de gamificación diferentes por escenario, y con funcionalidades como sistemas interactivos, personalización del jugador, minijuegos y sistemas inteligentes en elementos de los escenarios

III. Cuestionario

Estimado participante, responda a las preguntas de la encuesta seleccionando **UNA OPCIÓN** por cada pregunta. Por favor responda con seriedad y objetividad pues de ella depende nuestro grado, gracias.

a) Aprendizabilidad - (Capacidad del producto que permite al usuario aprender su funcionamiento dentro de un tiempo especificado)

1. ¿Qué tan fácil fue comprender el funcionamiento del videojuego?

Deficiente ☐ Poco satisfactorio ☐ Cuasi satisfactorio ☐ Satisfactorio ☐

2. ¿Qué tan claros y comprensibles fueron los tutoriales o mensajes de ayuda dentro del videojuego?

Deficiente ☐ Poco satisfactorio ☐ Cuasi satisfactorio ☐ Satisfactorio ☐

3. ¿Qué tan sencillo fue el manejo de los menús dentro del videojuego?

Deficiente ☐ Poco satisfactorio ☐ Cuasi satisfactorio ☐ Satisfactorio ☐

4. ¿Qué tan sencillo fue a aprender a moverse dentro de los escenarios en el modo de Realidad Virtual?

Deficiente ☐ Poco satisfactorio ☐ Cuasi satisfactorio ☐ Satisfactorio ☐

5. ¿Qué tan intuitivo fue interactuar con los puntos de información dentro del modo de realidad virtual?

Deficiente ☐ Poco satisfactorio ☐ Cuasi satisfactorio ☐ Satisfactorio ☐

6. ¿Qué tan fácil fue comprender como interactuar con el Chatbot (asistente virtual)?

Deficiente ☐ Poco satisfactorio ☐ Cuasi satisfactorio ☐ Satisfactorio ☐

b) Operabilidad - (Capacidad del producto que permite al usuario operarlo y controlarlo con facilidad)

7. ¿Qué tan bien respondió el videojuego a las acciones realizadas?

Deficiente ☐ Poco satisfactorio ☐ Cuasi satisfactorio ☐ Satisfactorio ☐

8. ¿Qué tan bien respondieron los controles en los modos de juego: videojuego y realidad virtual?

Deficiente ☐ Poco satisfactorio ☐ Cuasi satisfactorio ☐ Satisfactorio ☐

9. ¿Qué tan fluida y natural fue la comunicación con el Chatbot (asistente virtual) en términos de lenguaje y respuestas?

Deficiente ☐ Poco satisfactorio ☐ Cuasi satisfactorio ☐ Satisfactorio ☐

c) Involucración del usuario - (Capacidad del producto de presentar sus funciones e información de forma atractiva y motivadora, fomentando la interacción continua)

10. ¿Qué tan interesante considera la experiencia general de los modos de juego del aplicativo?

Deficiente ☐ Poco satisfactorio ☐ Cuasi satisfactorio ☐ Satisfactorio ☐

11. ¿Qué tan bien recreados estuvieron los escenarios turísticos del videojuego?

Deficiente ☐ Poco satisfactorio ☐ Cuasi satisfactorio ☐ Satisfactorio ☐

12. ¿Qué tan útil considera al Chatbot (asistente virtual) para mejorar la exploración de los escenarios virtuales?

Deficiente ☐

Poco satisfactorio ☐

Cuasi satisfactorio ☐

Satisfactorio ☐

Agradecemos su tiempo y seriedad para completar la encuesta.

Anexo XIII: Resultados de la ejecución de pruebas

A. Análisis descriptivo de resultados por pregunta

a) Indicador: Aprendizabilidad

¿Qué tan fácil fue comprender el funcionamiento del videojuego?

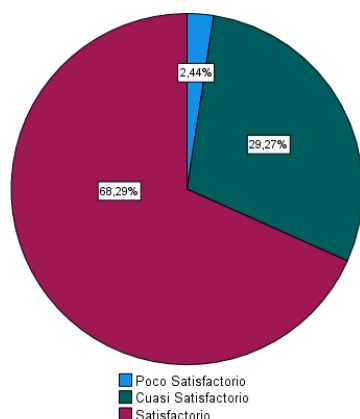


Figura 62: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 1

Los resultados obtenidos de la pregunta “¿Qué tan fácil fue comprender el funcionamiento del videojuego?” (Figura 62) demostraron que la mayoría de los participantes consideraron que el videojuego es fácil de entender. El 68,3% de los encuestados calificaron la experiencia como “Satisfactoria”, mientras que un 29,3% la percibió como “Cuasi Satisfactoria”. Únicamente un 2,4% de los participantes encontró el funcionamiento del videojuego como “Poco Satisfactorio”. Esto permite inferir que, en términos generales, el diseño y las mecánicas del videojuego son intuitivos y promueven una comprensión adecuada para la mayoría de los usuarios, aunque podría ser beneficioso explorar áreas de mejora para reducir las respuestas menos satisfactorias.

Los resultados obtenidos de la pregunta “¿Qué tan claros y comprensibles fueron los tutoriales o mensajes de ayuda dentro del videojuego?” (Figura 63) se notó que la mayoría de los participantes evaluaron positivamente la claridad de los mensajes y tutoriales. Un 46,3% calificó este aspecto como “Satisfactorio”, mientras que un 41,5% lo consideró “Cuasi Satisfactorio”. Sin embargo, un 12,2% encontró los mensajes y tutoriales como “Poco Satisfactorios”. Estos resultados indican que, aunque la mayoría de los usuarios perciben los mensajes y tutoriales del videojuego como claros, existe un grupo de participantes que podría beneficiarse de mejoras en la presentación o el contenido de estas herramientas de ayuda, lo que podría optimizar aún más la experiencia de aprendizaje y adaptación al videojuego.

¿Qué tan claros y comprensibles fueron los tutoriales o mensajes de ayuda dentro del videojuego?

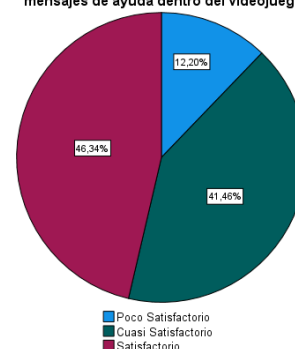


Figura 63: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 2

¿Qué tan sencillo fue el manejo de los menús dentro del videojuego?

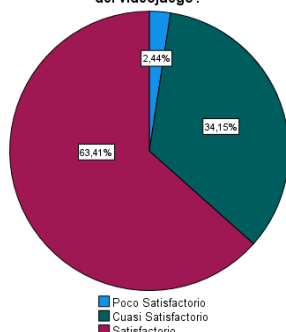


Figura 64: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 3

De manera similar a las preguntas anteriores, los resultados de la pregunta “¿Qué tan sencillo fue el manejo de los menús dentro del videojuego?” (Figura 64) se observó que la mayoría de los participantes tuvo una percepción positiva respecto a la facilidad de uso de las interfaces. Un 63,4% calificó los diseños como “Satisfactorios”, mientras que un 34,1% los consideró “Cuasi Satisfactorios”. Solo un 2,4% expresó una opinión “Poco Satisfactoria” al respecto. Esto sugiere que, en general, las interfaces del videojuego son intuitivas y facilitan la interacción del usuario. Sin embargo,

los resultados también evidencian una oportunidad para realizar ajustes que mejoren la experiencia de los usuarios que encontraron cierto grado de dificultad en el diseño de las interfaces.

En la pregunta “¿Qué tan sencillo fue a aprender a moverse dentro de los escenarios en el modo de Realidad Virtual?”, los resultados muestran una tendencia positiva (**Figura 65**). se observó que casi la mitad de los participantes, un 48,8%, calificaron su experiencia como “Satisfactoria”. Por otro lado, un 36,6% la consideró “Cuasi Satisfactoria”, mientras que un 14,6% expresó que su experiencia fue “Poco Satisfactoria”. Estos resultados reflejan que, aunque la mayoría de los usuarios encontraron las funcionalidades del recorrido en realidad virtual relativamente fáciles de aprender, existe un grupo considerable que tuvo dificultades. Esto sugiere la necesidad de optimizar las guías, tutoriales o diseños relacionados con el aprendizaje de las funcionalidades para mejorar la experiencia y reducir la percepción de complejidad en este modo.

¿Qué tan sencillo fue a aprender a moverse dentro de los escenarios en el modo de Realidad Virtual?

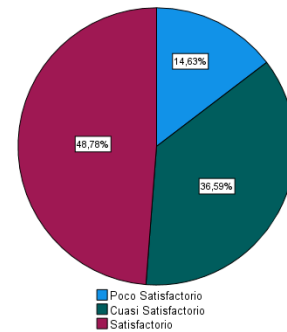


Figura 65: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 4

¿Qué tan intuitivo fue interactuar con los puntos de información dentro del modo de realidad virtual?

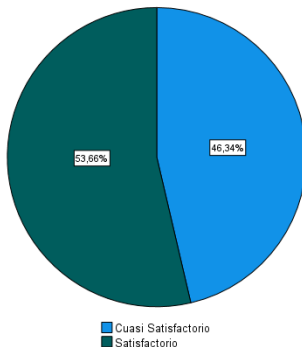
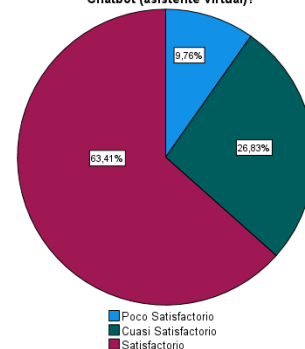


Figura 66: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 5

En la pregunta “¿Qué tan intuitivo fue interactuar con los puntos de información dentro del modo de realidad virtual?”, (**Figura 66**) los resultados reflejaron que más de la mitad de los participantes, un 53,7%, calificaron la interacción como “Satisfactoria”. El 46,3% restante la evaluó como “Cuasi Satisfactoria”. No se registraron respuestas en la categoría de “Poco Satisfactorio”. Estos resultados indican que la interacción con los puntos de información en el modo de realidad virtual es mayormente intuitiva para los usuarios. Sin embargo, la proporción significativa de respuestas “Cuasi Satisfactorias” sugiere que aún hay margen para realizar ajustes que mejoren la fluidez y la facilidad de uso de esta funcionalidad, optimizando así la experiencia general del usuario.

En la pregunta “¿Qué tan fácil fue comprender como interactuar con el Chatbot (asistente virtual)?”, los resultados (**Figura 67**) reflejan una amplia mayoría de los participantes, un 63,4%, calificaron la interacción como “Satisfactoria”. Un 26,8% la consideró “Cuasi Satisfactoria”, mientras que un 9,8% expresó que fue “Poco Satisfactoria”. Estos resultados reflejan que la interacción con el chatbot es clara y comprensible para la mayoría de los usuarios. Sin embargo, el porcentaje de participantes que tuvo dificultades, aunque reducido, señala la necesidad de realizar ajustes en las instrucciones

¿Qué tan fácil fue comprender como interactuar con el Chatbot (asistente virtual)?



o en el diseño de interacción del chatbot para garantizar una experiencia más accesible y fluida para todos los usuarios.

b) Operabilidad



Figura 68: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 7

En la pregunta "¿Qué tan bien respondió el videojuego a las acciones realizadas?" los resultados reflejaron una postura general positiva **Figura 68**). Se observó que casi la mitad de los participantes, un 48,8%, calificaron la respuesta del videojuego como "Satisfactoria". Por su parte, un 46,3% la consideró "Cuasi Satisfactoria", mientras que un 4,9% evaluó este aspecto como "Poco Satisfactorio". Estos resultados indican que, en general, el videojuego tiene un buen nivel de respuesta a las acciones de los usuarios, aunque existe un grupo significativo que experimentó algunas limitaciones. Esto sugiere la conveniencia de optimizar el rendimiento del sistema o afinar las interacciones para mejorar la percepción general de la reactividad del videojuego.

En la pregunta "¿Qué tan bien respondieron los controles en los modos de juego: videojuego y realidad virtual?" (**Figura 69**), se notó que la mayoría de los participantes, un 61%, calificaron la respuesta de los controles como "Satisfactoria". Un 31,7% la consideró "Cuasi Satisfactoria" y un 7,3% la evaluó como "Poco Satisfactoria". Estos resultados sugieren que los controles del recorrido en ambos modos de juego generalmente cumplen con las expectativas de los usuarios. Sin embargo, la presencia de un 7,3% de respuestas "Poco Satisfactorias" y un 31,7% de respuestas "Cuasi Satisfactorias" indica que aún se puede mejorar la precisión o la fluidez de los controles para asegurar una experiencia más consistente y agradable para todos los jugadores.

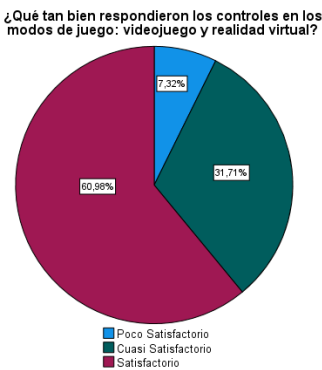


Figura 69: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 8

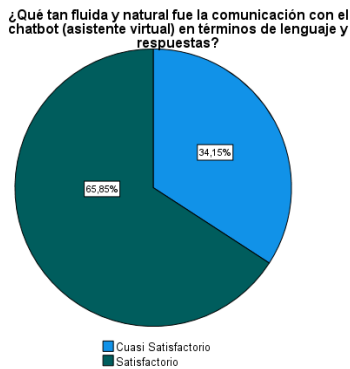


Figura 70: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 9

En la pregunta "¿Qué tan fluida y natural fue la comunicación con el Chatbot (asistente virtual) en términos de lenguaje y respuestas?", (**Figura 70**) se observó que la mayoría de los participantes, un 65,9%, calificaron la comunicación como "Satisfactoria". Un 34,1% la consideró "Cuasi Satisfactoria". No se registraron respuestas en la categoría de "Poco Satisfactorio". Estos resultados indican que el chatbot proporciona respuestas naturales y adecuadas en su mayoría, satisfaciendo la experiencia de comunicación de los usuarios. Sin embargo, el 34,1% que evaluó la comunicación como "Cuasi Satisfactoria" sugiere que

aún se pueden realizar ajustes para mejorar la naturalidad y fluidez del lenguaje del chatbot, optimizando la interacción para todos los usuarios.

c) Involucración del usuario

En la pregunta "¿Qué tan interesante considera la experiencia general de los modos de juego del aplicativo?" (**Figura 71**), se observó que la gran mayoría de los participantes, un 68,3%, calificaron la experiencia como "Satisfactoria". Un 31,7% la consideró "Cuasi Satisfactoria". Estos resultados reflejan que la experiencia general de los modos de juego es considerada mayormente interesante por los usuarios. No obstante, el 31,7% de respuestas "Cuasi Satisfactorias" indica que hay aspectos que podrían mejorarse para incrementar aún más la satisfacción y el nivel de interés de los jugadores en el aplicativo.

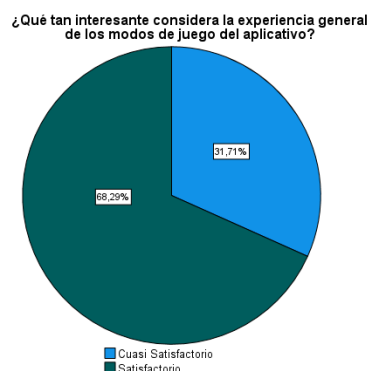


Figura 71: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 10



Figura 72: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 11

En la pregunta "¿Qué tan bien estuvo recreado el ambiente de cada uno de los escenarios turísticos?", los resultados (**Figura 72**) reflejaron que un 58,5% de los participantes calificaron la recreación del ambiente como "Satisfactoria". Por otro lado, un 41,5% la consideró "Cuasi Satisfactoria". Estos resultados indican que la mayoría de los usuarios quedaron satisfechos con la representación de los escenarios turísticos, aunque una proporción significativa opinó que aún puede haber margen para mejorar. La retroalimentación sugiere que, aunque la recreación del ambiente es en general apreciada, podrían realizarse ajustes o mejoras en algunos aspectos para lograr una experiencia más envolvente y realista para todos los usuarios.

En la pregunta "¿Qué tan útil considera al chatbot para enriquecer su recorrido por los escenarios virtuales?" (**Figura 73**), el 56,1% de los participantes calificaron la utilidad del chatbot como "Satisfactoria". Un 39% lo consideró "Cuasi Satisfactorio", mientras que un 4,9% lo evaluó como "Poco Satisfactorio". Estos resultados indican que la mayoría de los usuarios perciben al chatbot como una herramienta útil para enriquecer su experiencia en los escenarios virtuales. No obstante, el 4,9% de respuestas "Poco Satisfactorias" y el 39% de respuestas "Cuasi Satisfactorias" sugieren que podrían implementarse mejoras en la funcionalidad o la interacción del chatbot para maximizar su efectividad y utilidad para todos los usuarios.

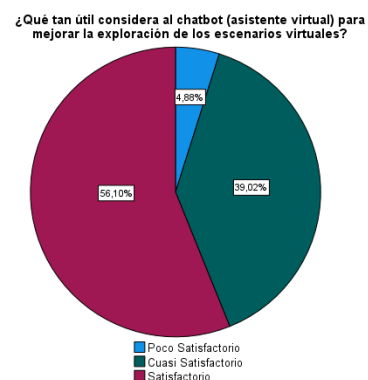


Figura 73: Diagrama de pastel de resultados de la Pregunta 12

Tabla 22: Estadísticos descriptivos del indicador "Aprendizabilidad"

		Pregunta1	Pregunta2	Pregunta3	Pregunta4	Pregunta5	Pregunta6
N	Válido	41	41	41	41	41	41
	Perdidos	0	0	0	0	0	0
Media		3,6585	3,3415	3,6098	3,3415	3,5366	3,5366
Mediana		4,0000	3,0000	4,0000	3,0000	4,0000	4,0000
Moda		4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Desv. Desviación		,52961	,69317	,54213	,72835	,50485	,67445
Rango		2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00
Mínimo		2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00
Máximo		4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Percentiles	25	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
	50	4,0000	3,0000	4,0000	3,0000	4,0000	4,0000
	75	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000

Como se puede observar en la **Tabla 22**, el análisis del indicador Aprendizabilidad, muestra resultados predominantemente positivos, con medias entre 3.34 y 3.65; medianas entre 3.00 y 4,00 y moda de 4,00 en todas las preguntas, indicando altas calificaciones. Las desviaciones estándar son bajas (0,50 a 0,73), reflejando consenso, salvo en la pregunta 4, donde hubo mayor variabilidad. El rango oscila entre 2,00 y 4,00, con algunos usuarios reportando dificultades en las preguntas 2 y 4. En general, el indicador presenta una percepción favorable, aunque ciertos aspectos específicos pueden requerir mejoras para optimizar la experiencia de aprendizaje del aplicativo en sus dos modos del juego.

Tabla 23: Estadísticos descriptivos del indicador “Operabilidad”

		Pregunta 7	Pregunta 8	Pregunta 9
N	Válido	41	41	41
	Perdidos	0	0	0
Media		3,4390	3,5366	3,6585
Mediana		3,0000	4,0000	4,0000
Moda		4,00	4,00	4,00
Desv. Desviación		,59367	,63630	,48009
Rango		2,00	2,00	1,00
Mínimo		2,00	2,00	3,00
Máximo		4,00	4,00	4,00
Percentiles	25	3,0000	3,0000	3,0000
	50	3,0000	4,0000	4,0000
	75	4,0000	4,0000	4,0000

Por otro lado, el análisis del indicador “Operabilidad” presente en la **Tabla 23**, refleja una percepción mayoritariamente positiva. Las medias se sitúan entre 3,43 y 3,66, mientras que la mediana y la moda son consistentes, indicando que la mayoría de los participantes otorgaron la máxima calificación. Las desviaciones estándar, entre 0,48 y 0,63, muestran una dispersión moderada de las respuestas, con la mayor variabilidad en la pregunta 8 (0,63). Los valores mínimos varían entre 2,00 y 3,00, pero los máximos son 4,00 en todas las preguntas, lo que evidencia una evaluación favorable en general. Los percentiles refuerzan esta tendencia, mostrando uniformidad en torno a las calificaciones altas. Aunque los resultados son positivos, la variabilidad en la pregunta 8 sugiere que podría requerir atención para optimizar aún más la experiencia operativa.

Tabla 24: Estadísticos descriptivos del indicador “Involucración del usuario”

		Pregunta 10	Pregunta 11	Pregunta 12
N	Válido	41	41	41
	Perdidos	0	0	0
Media		3,6829	3,5854	3,5122
Mediana		4,0000	4,0000	4,0000
Moda		4,00	4,00	4,00
Desv. Desviación		,47112	,49878	,59674
Rango		1,00	1,00	2,00
Mínimo		3,00	3,00	2,00
Máximo		4,00	4,00	4,00
Percentiles	25	3,0000	3,0000	3,0000
	50	4,0000	4,0000	4,0000
	75	4,0000	4,0000	4,0000

En cuanto al indicador “Involucración del Usuario” plasmado en la **Tabla 24**, revela resultados mayoritariamente positivos. Las medias oscilan entre 3,51 y 3,68, con una mediana y moda constante de 4,00, lo que indica que la mayoría de los participantes otorgaron calificaciones altas. Las desviaciones estándar, entre 0,47 y 0,60, muestran una baja variabilidad, siendo ligeramente mayor en la pregunta 12 (0,60). Los valores mínimos fluctúan entre 2,00 y 3,00, mientras que el máximo es 4,00 en todas las preguntas, reflejando una percepción favorable. Los percentiles refuerzan esta tendencia hacia los niveles altos de calificación. En general, los resultados son positivos, aunque la dispersión podría sugerir oportunidades para mejorar la percepción de la involucración del usuario.