

**Virtual reality system for the management of visualization and interaction with the ecosystems of the AMARU Biopark Cuenca, Ecuador**

**Sistema de realidad virtual para la gestión de la visualización e interacción con los ecosistemas del Bioparque AMARU Cuenca, Ecuador**

**Autores:**

Matute-Álvarez, Justin Ismael  
Universidad Católica de Cuenca  
Cuenca – Ecuador



[jimatutea05@est.ucacue.edu.ec](mailto:jimatutea05@est.ucacue.edu.ec)



<https://orcid.org/0009-0009-4951-0451>

Tenén-Banegas, Aarón David  
Universidad Católica de Cuenca  
Cuenca – Ecuador



[aaron.tenen@est.ucacue.edu.ec](mailto:aaron.tenen@est.ucacue.edu.ec)



<https://orcid.org/0009-0004-7714-5897>

Sañay-Sañay, Segundo Isael  
Docente Tutor, Universidad Católica de  
Cuenca  
Cuenca – Ecuador



[ssanay@ucacue.edu.ec](mailto:ssanay@ucacue.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0003-4661-318CX>

Gaona-Pineda, Jheyson Steven  
Técnico de XR-Lab (CIITT), Universidad  
Católica de Cuenca  
Cuenca – Ecuador



[jheyson.gaona@ucacue.edu.ec](mailto:jheyson.gaona@ucacue.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0002-8278-3584>

Citación/como citar este artículo: Matute-Álvarez, Justin Ismael., Tenén-Banegas, Aarón David., Sañay-Sañay, Segundo Isael., y Gaona-Pineda, Jheyson Steven .(2023). Sistema de realidad virtual para la gestión de la visualización e interacción con los ecosistemas del Bioparque AMARU Cuenca, Ecuador. MQRInvestigar, 7(3), 3313-3338.

<https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.3.2023.3313-3338>

Fechas de recepción: 31-JUL-2023 aceptación: 31-AGO-2023 publicación: 15-SEP-2023



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



## Resumen

Debido a los casos de peligro de extinción de las especies, se ha propuesto crear un Sistema de Realidad Virtual para la gestión de la visualización e interacción con los ecosistemas del Bioparque Amaru. El Bioparque Amaru es una organización conservacionista sin fines de lucro fundada por el Ministerio del Ambiente Ecuatoriano en 2002. El Amaru Bioparque Zoológico Cuenca-Ecuador se ha convertido en una institución líder en conservación en la región, reconocida por su transparencia, honestidad y resultados. Durante más de una década, ha promovido el desarrollo de otras instituciones similares y ha participado activamente en la conservación de la biodiversidad. Amaru se guía por principios éticos, ambientales, sociales y comunitarios, trabajando para el bienestar de las comunidades humanas y la vida silvestre que protege con esto quiere fomentar el compromiso ambiental y el respeto hacia la naturaleza. El objetivo principal del proyecto es crear conciencia sobre el peligro de extinción de las ranas en el Bioparque. El sistema de realidad virtual ofrece a los usuarios una experiencia inmersiva en los ecosistemas del Bioparque, permitiéndoles explorar y comprender la importancia de preservar estos entornos naturales. A través de la interacción con el sistema, los usuarios se enfrentan a desafíos y situaciones que representan los peligros que enfrentan las ranas, como la destrucción del hábitat y la contaminación. Este sistema de realidad virtual demuestra ser una herramienta efectiva para concienciar y promover la conservación de las ranas, utilizando tecnologías innovadoras para abordar problemas ambientales y fomentar la protección de la biodiversidad.

**Palabras Clave:** Zoológico, Bioparque, Realidad Virtual, Software, ecosistemas, ranas.

## Abstract

Due to the cases of Endangerment of the Species, it is proposed to create a Virtual Reality System for the management of the visualization and interaction with the ecosystems of the Amaru Biopark. Amaru is a non-profit conservation organization founded by the Ecuadorian Ministry of the Environment in 2002. The Amaru Bioparque Zoologico Cuenca has become a leading conservation institution in the region, recognized for its transparency, honesty, and results. For more than a decade, it has promoted the development of other similar institutions and has actively participated in the conservation of biodiversity. Amaru is guided by ethical, environmental, social and community principles, working for the well-being of human communities and the wildlife that it protects, with this it wants to promote environmental commitment and respect for nature. The main objective of the project is to raise awareness about the danger of extinction of frogs in the Biopark. The virtual reality system offers users an immersive experience in the Biopark ecosystems, allowing them to explore and understand the importance of preserving these natural environments.

Through interaction with the system, users are faced with challenges and situations that represent the dangers that frogs face, such as habitat destruction and pollution. This virtual reality system proves to be an effective tool to raise awareness and promote frog conservation, using innovative technologies to address environmental issues and encourage the protection of biodiversity.

**Keywords:** Zoo, Bioparque, Virtual Reality, Software, ecosystems, frogs.

## Introducción

El Bioparque Amaru de Cuenca – Ecuador (BACE), busca innovar y aplicar tecnología para conservar la biodiversidad. Ha propuesto implementar una aplicación de realidad virtual para promover la conservación de los animales y su ecosistema. El BACE es un destino turístico y educativo que destaca por su enfoque en la protección de la fauna local y especies en peligro. Alberga una amplia variedad de animales, desde mamíferos exóticos hasta aves, y reptiles. Los visitantes pueden explorar hábitats diseñados para brindar un ambiente cercano al entorno natural de los animales, fomentando así su bienestar. En el ámbito de la conservación de los anfibios, el BACE ha adoptado una tecnología moderna e innovadora para proteger especies en peligro crítico como las ranas *Hyloscirtus tapichalaca* y *Atelopus nanay*. Busca crear una experiencia en Realidad Virtual por sus siglas RV única y educativa para el público visitante y contribuir a la preservación de estas especies y fomentar la importancia de sus actividades (Zoológico Amaru, 2023).

Como se menciona en "A new species of stream frog (Hylidae: *Hyloscirtus*) from the Andes of southeastern Ecuador" de (Coloma, 1993). La importancia de ciertas especies de anfibios en nuestra región destacando las especies que se encuentran en peligro de extinción ya sea por factores naturales (incendios, depredadores, etc.) o amenazas externas como (construcciones, minería, modificación de su ecosistema, etc.) para destacar las actividades de BACE en su misión de preservación de anfibios y de sus ecosistemas se ha seleccionado dos especies de rana emblemáticas en peligro de extinción las cuales fueron representadas a través del RV para la exploración de su ecosistema y las amenazas más comunes que presentan las mismas para generar escenarios realistas para que los usuarios interactúen con estas especies y reconozcan las funciones del BACE.

La rana *Hyloscirtus tapichalaca*, también conocida como rana arborícola de Tapichalaca, es una especie en peligro de extinción que habita en las montañas de Ecuador. Su nombre científico refleja su conexión con la reserva biológica del mismo nombre en la provincia de Zamora-Chinchi. Como se observa en la Ilustración 1, esta pequeña rana destaca por su aspecto, con una longitud corporal de 25 a 35 mm y una coloración dorsal marrón con manchas oscuras que la camuflan perfectamente entre el follaje tal (Ilustración 2). Su vientre tiene una tonalidad cremosa con matices oscuros que contribuyen a su elegancia natural. La rana *Hyloscirtus tapichalaca* es una habitante nocturna y arbórea, activa durante la oscuridad y que prefiere vivir entre las copas de los árboles (Coloma, 1993).



*Ilustración 1 Hyloscirtus tapichalaca 1*



*Ilustración 2 Hyloscirtus tapichalaca 2*

En el Parque Nacional Cajas de Ecuador, habita la rana *Atelopus nanay* la cual se observa en la Ilustración 3, una especie esbelta y pequeña perteneciente a la familia Bufonidae. Esta rana posee una apariencia única como se muestra en la ilustración 4. Exploramos su delicado hábitat y las amenazas que la han llevado a un estado de conservación críticamente en peligro. *Atelopus nanay* destaca por su colorido mosaico de manchas negras y enfrenta desafíos por sobrevivir. Esta pequeña especie merece nuestra atención y protección lo menciona (Coloma, 2002).



*Ilustración 3 Atelopus nanay 1*



*Ilustración 4 Atelopus nanay 2*

Jambato de Mazán *Atelopus exiguus* es un anfibio que habita en la vegetación de páramo, se lo ha encontrado entre rocas, troncos y dentro de la vegetación herbácea como zig zal (*Cortaderia sericantha*), aunque se ha intensificado la búsqueda existen muy pocos registros de esta especie. En el Parque Nacional Cajas, está distribuido en la parte oriental, siendo su presencia en las localidades Mazán, Burines, Quimsacocha y el Bosque de Llaviuco, el rango altitudinal de estas localidades varía entre los 2800 a 3850 m.s.n.m.



*Ilustración 5 Jambato de Mazán Atelopus exiguus*



*Ilustración 6 Jambato de Mazán Atelopus exiguus*

El sistema de Realidad Virtual (RV) "GESTIÓN DE LA VISUALIZACIÓN E INTERACCIÓN CON LOS ECOSISTEMAS DEL BIOPARQUE AMARU" es un juego educativo con un enfoque serio que ofrece a los visitantes la oportunidad de sumergirse en los ecosistemas naturales de especies en peligro. A través de simulaciones inmersivas y realistas, los participantes pueden explorar los hábitats y aprender sobre las condiciones de vida y alimentación de estas especies. Con el propósito crítico de concienciación sobre la importancia de conservar estas especies en riesgo. Los espectadores pueden conocer los desafíos que enfrentan las especies, como la destrucción del hábitat, el cambio climático y las enfermedades, y cómo los esfuerzos de conservación trabajan para protegerlas. Además de su función educativa, el sistema de RV también es esencial para la investigación científica. Los datos recopilados durante la interacción de los visitantes con la simulación proporcionan información valiosa para los científicos y biólogos que estudian la ecología. Estas observaciones virtuales complementan los estudios de campo y permiten una comprensión completa de la conciencia ambiental en la conservación de los ecosistemas de las especies por parte de los usuarios.

#### **Antecedentes o Estado del Arte**

La realidad virtual (RV) es una tecnología que crea una experiencia inmersiva y simulada en un entorno tridimensional generado por computadora, (Gómez, 2017) menciona que la RV permite a los usuarios interactuar con objetos, personas y escenarios virtuales como si fueran reales. El mismo autor menciona que esta tecnología ha evolucionado considerablemente desde sus orígenes en el siglo XX, pasando por diferentes etapas de desarrollo e innovación. Actualmente, la RV se ha convertido en un medio artístico, educativo, recreativo y terapéutico que ofrece múltiples aplicaciones y beneficios para diversos campos y sectores. En cambio (Rocio Gr, 2023) dice que la realidad virtual es una tecnología que permite la creación de entornos artificiales por parte del usuario, en los cuales es posible interactuar, navegar y sumergirse en un espacio tridimensional utilizando canales multisensoriales. Esta tecnología se ha desarrollado desde los años ochenta y ha mejorado sus posibilidades y la

tecnología empleada, (Rodrigues, 2021) habla que en la actualidad la realidad virtual tiene muchos usos interesantes en nuestro día a día. Por ejemplo, puede ser utilizada como una herramienta para la educación básica y profesional, permitiendo asegurar la calidad del proceso educativo, especialmente urgente ante la situación actual de distanciamiento físico debido a la pandemia, a su vez la lista (RED LIST, 2023) habla que la conservación de especies en peligro de extinción en La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN es el inventario más completo del estado de conservación de especies de animales y plantas a nivel mundial. La lista es elaborada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), la principal autoridad mundial en la materia. Para septiembre de 2021, la lista incluía 138374 especies, de las cuales 38543 (28%) están al borde de la extinción. Muchos gobiernos y organizaciones crean sus propias listas rojas regionales basadas generalmente en la elaborada por la UICN, en el que clasifican a las especies de su región que se encuentran bajo amenaza. El objetivo es llevar al público la urgencia de los problemas de conservación, así como ayudar a la comunidad internacional a reducir la extinción. una vez entendido los conceptos básicos de RV y conservación de especies hemos puesto uso en la práctica ya que nos enfrentamos a la problemática del peligro de extinción de las ranas *Hyloscirtus tapichalaca*, *Atelopus exiguus* y esta herramienta (RV) nos ayudaría a crear un Sistema Virtual para el Zoológico Amaru de Cuenca- Ecuador para poder concientizar a la sociedad sobre el cuidado de las mismas, para tener en conocimiento de la importancia de las ranas y su grado de peligro de extinción se investigó qué (Coloma, 2003) menciona que la rana *Hyloscirtus tapichalaca* es una especie de rana en la familia Hylidae. Es endémica de Ecuador y solo se conoce en las cercanías de su localidad tipo en la Reserva Biológica Tapichalaca, Provincia de Zamora-Chinchipec. Esta especie está clasificada como En Peligro según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. (coloma, 2003) nos habla que la rana *Atelopus exiguus*, también conocida como Jambato de Mazán, es una especie de anfibio de la familia Bufonidae. Es endémica de Ecuador y su hábitat natural abarca praderas tropicales o subtropicales de gran altitud, así como ríos, lagos de agua dulce y tierras de pastos. Esta especie está clasificada como en peligro según la lista roja de especies amenazadas de la UICN y así se investigó proyectos relacionados con la realidad Virtual por ejemplo, el desarrollo e innovación en "Juegos Serios y Aplicaciones Interactivas usando Realidad Aumentada y Realidad Virtual" de (Díaz,2018) tiene como objetivo desarrollar aplicaciones de uso educativo que utilizan RA y RV mismas que se enfocan en diferentes áreas, incluyendo la conservación de ecosistemas; estas aplicaciones incluyen recursos educativos, materiales didácticos, objetos de aprendizaje y videojuegos que se centran en temas relacionados con la conservación ambiental y los ecosistemas. A su vez (Ángulo, 2019), conservación. En su blog (Vives,2019) recomienda 10 recursos para fomentar el respeto a los animales, entre ellos algunas aplicaciones que permiten crear un entorno virtual en 3D, elegir un animal, conocer su hábitat natural y salvar la especie para mantenerlos en una reserva natural. Existe un proyecto que desarrolló publicidad interactiva a través de una aplicación móvil que utiliza Realidad Aumentada, (Zapata, 2019) menciona que se hizo recorrido virtual por el zoológico que genera conciencia ecológica entre los usuarios. El



recorrido permite identificar, mediante dispositivos móviles, "marcas" que representan a los animales del zoológico y que "disparan" una imagen animada en 3D del animal identificado. Cada vez que el usuario logra una identificación, recibe una puntuación que se acumula hasta el final del recorrido y que puede canjear por productos u ofertas. En busca de Proyectos Relacionados con Realidad Virtual, (Hermida, 2019) habla de una aplicación móvil que proporciona información sobre los animales del zoo mediante realidad aumentada, consiguiendo el aprendizaje autónomo del usuario. La tecnología implementada con realidad aumentada en el zoo, además de proporcionar información sobre los animales del parque a los visitantes, también ofrece un detalle autónomo de cada animal existente en el zoo de Santa Cruz sin necesidad de un guía (persona) o de hacer un recorrido preestablecido, los proyectos mencionados nos ayudaron a tener un conocimiento sobre lo que se quiere hacer.

## Propuesta

### Objetivos

- **Objetivo General**

Implementar Sistema de Realidad Virtual para la Gestión de la Visualización e Interacción con los Ecosistemas del Bioparque Amaru (ESBPA).

- **Objetivo Específico**

1. Modelar distintos escenarios de especies animales para la visualización e interacciones de los ESBPA.
2. Crear la visualización e interacción de los escenarios de animales de los ESBPA implementando mecánicas de juegos para los usuarios.
3. Realizar pruebas de aceptación y funcionamiento del sistema de realidad virtual con los usuarios del ESBPA.

### Metodología de Investigación:

La investigación adoptada es descriptiva con un enfoque cualitativo (recopilación de datos descriptivos) como indica (Hernández et al. 2014), involucra la recolección de información sobre un tema de interés, orientando la búsqueda y recopilación de datos en fuentes primarias y secundarias. La investigación descriptiva permite entender el problema, mismo que da paso al desarrollo del proyecto de Sistema de Realidad Virtual para la Gestión de la Visualización e Interacción con los Ecosistemas del Bioparque "Amaru".

Para el levantamiento de la información del Sistema de RV se utilizó la metodología FURPS+, esta metodología según (Gekht, 2020) es un modelo para clasificar los atributos de calidad del software (requisitos funcionales y no funcionales). El acrónimo FURPS representa Funcionalidad, Usabilidad, Confiabilidad, Rendimiento y Soporte. Menciona el mismo autor (Gekht, 2020) que FURPS+ es una extensión del modelo FURPS que se utiliza ampliamente en la industria del software.

## Metodología de desarrollo

La aplicación del Bioparque Amaru, fue desarrollada siguiendo la metodología ágil SCRUM, según (Atlassian, 2020) Scrum es un marco de trabajo de gestión de proyectos ágil que ayuda a los equipos a estructurar y gestionar su trabajo a través de un conjunto de valores, principios y prácticas, scrum fomenta que los equipos aprendan a través de experiencias, se auto organicen mientras trabajan en un problema y reflexionen sobre sus victorias y pérdidas para mejorar continuamente, para su aplicación nos basamos en la guía proporcionada por (Beltrán, 2022). Esta guía incluye las etapas que se muestran en la Ilustración 5.



Ilustración 7 Fases SCRUM

Durante la etapa central del proyecto (sprint), se llevaron a cabo las actividades planificadas (sprint backlog) y se desarrolló el código correspondiente a cada historia de usuario para el sprint en producción. Para lograr esto, se incorporaron criterios de supervisión y se mantuvo una comunicación constante con el Scrum Master en la planificación de tareas.

### Desarrollo de la Propuesta

#### Aplicación de metodología FURPS+

La metodología FURPS+ de Hewlett-Packard, se ha utilizado para detallar los aspectos esenciales del desarrollo y la implementación de la aplicación de RV. Cada aspecto se ha abordado con sus respectivos requisitos, descripciones y niveles de criticidad. A continuación, se presenta un resumen de los elementos clave:

#### Funcionalidad (F - Functionality):

- Se enfoca en la implementación de la misión principal del juego: el rescate de dos especies en peligro de extinción.
- Diseño de dos niveles de juego distintos, con entornos únicos y desafíos específicos para cada rana.

- Definición de tareas de rescate específicas para cada rana, estableciendo objetivos claros para cada nivel.
- Creación de un nivel de laboratorio que simula la selección de hábitats adecuados y alimentación para las ranas rescatadas.
- Establecimiento de límites de tiempo de 5 minutos para cada nivel y el laboratorio.
- Implementación de advertencias de seguridad para informar a los jugadores antes de iniciar el juego y en la pantalla de carga.

**Usabilidad (U - Usability):**

- Diseño de una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar en el entorno de realidad virtual.
- Proporcionar instrucciones claras y concisas para que los jugadores comprendan las mecánicas del juego.
- Desarrollo de controles intuitivos y responsivos para una experiencia de realidad virtual natural.
- Implementación de un tutorial interactivo al inicio del juego para familiarizar a los jugadores con los controles y las mecánicas.

**Confiabilidad (R - Reliability):**

- Realización de pruebas exhaustivas de calidad para garantizar la estabilidad y prevenir errores en la experiencia de juego.
- Aseguramiento de la compatibilidad y estabilidad entre las tecnologías utilizadas, como Unity, Oculus Integration y Visual Studio.

**Rendimiento (P - Performance):**

- Optimización de los tiempos de carga para una transición fluida entre las escenas y niveles.
- Mantenimiento de una tasa de fotogramas constante y adecuada para una experiencia de realidad virtual sin problemas de rendimiento.

**SopORTE (S - Support):**

- Ofrecimiento de asistencia técnica y opción de contacto para que los jugadores reporten problemas y reciban soluciones.
- Suministro de actualizaciones periódicas con mejoras y correcciones para mantener el interés de los jugadores.
- Establecimiento de un sistema de retroalimentación para que los jugadores puedan compartir comentarios y sugerencias.

## Elementos de Backlog

La tabla 1: proporciona una visión detallada de los componentes esenciales del proyecto "GESTIÓN DE LA VISUALIZACIÓN E INTERACCIÓN CON LOS ECOSISTEMAS DEL BIOPARQUE AMARU". Se organiza en dos secciones: Historias de Usuario (US) y Elementos de Sprint Backlog (SB). Cada historia o elemento se identifica con un código único y se acompaña de información relevante.

### Historias de Usuario (US)

En esta sección, se presentan siete historias de usuario identificadas por códigos (US-001 al US-007). Cada historia tiene un nombre, una importancia (imp.), una estimación de tiempo (est.), una descripción de cómo se puede probar y, en algunos casos, notas adicionales. Estas historias de usuario abarcan objetivos funcionales como el rescate de especies emblemáticas, la experiencia de juego fluida y la interacción con la comunidad.

### Elementos de Sprint Backlog (SB)

En esta parte, se describen catorce elementos de Sprint Backlog, con códigos (SB-001 al SB-014). Cada elemento tiene un nombre, una importancia (imp.), una estimación de tiempo (est.), una descripción de cómo se puede probar y, si es necesario, notas adicionales. Estos elementos se centran en aspectos técnicos y de diseño del proyecto, como el diseño de entornos, la implementación de mecánicas de juego y la garantía de calidad y rendimiento. De manera general, la tabla proporciona una visión holística de las tareas y los objetivos del proyecto, desde las historias de usuario que definen la experiencia del usuario hasta los elementos de Sprint Backlog que cubren los aspectos técnicos y de desarrollo necesarios para la realización exitosa del proyecto.

Tabla 1 Elementos de Backlog

ID	Nombre	Imp.	Est.	Cómo Probarlo	Notas
US-001	Rescate de Especies Emblemáticas	130	20	Completar niveles de rescate con éxito, llevando a cada rana a un lugar seguro.	-
US-002	Interfaz Intuitiva en Realidad Virtual	110	10	Navegar y realizar interacciones sin dificultades.	-
US-003	Instrucciones Claras y Concisas	120	8	Comprender instrucciones al inicio de cada nivel y tarea.	-
US-004	Tutorial Interactivo para Nuevos Jugadores	70	12	Completar tutorial interactivo y demostrar el uso adecuado de las mecánicas.	-

<b>US-005</b>	Experiencia de Juego Estable y Fluida	140	18	Jugar sin bloqueos, rendimiento óptimo.	-
<b>US-006</b>	Soporte y Actualizaciones para la Comunidad	90	10	Usar asistencia y actualizaciones.	-
<b>US-007</b>	Retroalimentación y Contribución de la Comunidad	30	5	Proporcionar comentarios o sugerencias a través del canal designado y observar cambios basados en la retroalimentación.	-
<b>SB-001</b>	Diseño de Entornos: Bosque en Llamas	90	16	Observar y experimentar el nivel de bosque en llamas para verificar el diseño coherente con la narrativa.	Colaboración de diseño y arte.
<b>SB-002</b>	Diseño de Entornos: Hábitat Minado	90	16	Explorar el hábitat minado en el juego para asegurarse de que el diseño refleje la invasión minera.	Colaboración entre diseñadores y artistas.
<b>SB-003</b>	Mecánica de Rescate: Hyloscirtus tapichalaca	100	8	Jugar y completar el nivel de rescate de Hyloscirtus tapichalaca, evaluando la mecánica de rescate.	-
<b>SB-004</b>	Mecánica de Rescate: Atelopus exiguus	100	8	Superar el nivel de rescate de Atelopus exiguus, evaluando la mecánica de rescate.	-
<b>SB-005</b>	Nivel de Laboratorio para Selección de Hábitats y Alimentación	80	15	Utilizar el nivel de laboratorio para seleccionar hábitats y alimentación correctos para las ranas rescatadas.	Incorpora elementos educativos y de toma de decisiones.
<b>SB-006</b>	Implementación de Límites de Tiempo	70	6	Jugar los niveles y la tarea de laboratorio para asegurarse de que se apliquen los límites de tiempo.	Ajustes y pruebas para equilibrio adecuado.
<b>SB-007</b>	Advertencias de Seguridad y Pantalla de Carga	40	4	Iniciar el juego y observar las advertencias de seguridad antes de jugar y en la pantalla de carga.	-

<b>SB-008</b>	Diseño de Interfaz de Usuario	100	10	Navegar por los menús e interfaces del juego, verificando la coherencia visual y la accesibilidad.	Colaboración de diseñadores de UX/UI.
<b>SB-009</b>	Implementación de Controles Intuitivos	100	10	Jugar el juego utilizando los controles en realidad virtual, asegurándose de que las acciones respondan naturalmente.	Ajustes basados en pruebas y retroalimentación.
<b>SB-010</b>	Creación de Tutorial Interactivo	60	8	Comprobar el tutorial interactivo, asegurándose de que comprendan las mecánicas esenciales del juego.	Iteraciones para claridad y efectividad.
<b>SB-011</b>	Pruebas de Calidad para Estabilidad y Rendimiento	150	20	Jugar repetidamente a través de todos los niveles y situaciones, verificando bloqueos y rendimiento óptimo.	Pruebas exhaustivas y optimización técnica.
<b>SB-012</b>	Asistencia Técnica y Soporte al Jugador	80	8	Utilizar la asistencia técnica para resolver problemas y recibir respuestas satisfactorias.	Disponibilidad de personal y seguimiento adecuado.
<b>SB-013</b>	Implementación de Actualizaciones y Mejoras	70	10	Descargar e instalar una actualización del juego que incluye mejoras y correcciones.	Coordinación para lanzar actualizaciones.
<b>SB-014</b>	Canal de Retroalimentación y Sugerencias	20	2	Proporcionar comentarios o sugerencias a través del canal designado y verificar la participación.	Sistema de comunicación y seguimiento de retroalimentación.

Resulta importante destacar, la importancia y estimación de cada historia de usuario y elemento del Sprint Backlog, ello proporciona una visión general de las prioridades y el esfuerzo estimado necesario para cada tarea dentro del proyecto de desarrollo (anexo 1).

### Ejecución del Sprint para el Bioparque Amaru.



La ejecución del sprint en el proyecto de Realidad Virtual para el Bioparque Amaru implicó una planificación meticulosa, desarrollo constante, pruebas exhaustivas y ajustes iterativos para lograr un sistema de alta calidad y coherencia con los objetivos del proyecto. A continuación, se presenta en detallada las acciones realizadas en él proceso.

En la Historia de Usuario (US-001) Rescate de Especies Emblemática, el equipo de desarrollo, se enfocó en la historia de usuario US-001, cuyo objetivo principal era el rescate de especies emblemáticas, específicamente las ranas *Hyloscirtus tapichalaca* y *Atelopus Exiguus*. Aquí se desarrollaron los niveles de rescate, permitiendo a los usuarios interactuar de manera auténtica con estas especies. Cada nivel fue meticulosamente diseñado para representar las amenazas que estas ranas enfrentan en su hábitat natural. Se colaboró estrechamente con expertos en conservación de anfibios para asegurar la precisión y relevancia de los escenarios de rescate, como se aprecia en la ilustración 10, y el diseño de las ranas en RV se encuentra plasmado en las ilustraciones 8 y 9, con el código que controla el comportamiento y el movimiento de las ranas en RV en la ilustración 11.



*Ilustración 8 Rana 1*



*Ilustración 9 Rana 2*



*Ilustración 10 Reunión con los expertos*

```
using UnityEngine;
using System.Collections;
public class RanaController : MonoBehaviour
{
    public float velocidadMovimiento = 0.5f;
    public float tiempoEsperaMin = 0f;
    public float tiempoEsperaMax = 0f;
    public float velocidadAnimacion = 2f;
    public AnimationClip nadarAnimation; // Animacion de nadar
    public AnimationClip animacionQuieta; // Animacion cuando la rana esta quieta
    public float distanciaDesplazamiento = 6f; // Distancia de desplazamiento maximo
    public Transform playerTransform; // Transform del OVRPlayerController
    public float distanciaUmbral = 2f; // Distancia umbral para empezar a moverse
    private Vector3 movimientoDireccion;
    private Animator animator;
    private CharacterController characterController;
    private bool isPlayerNearby = false; // Variable para rastrear si el jugador está cerca
    private bool isMoving = false; // Variable para rastrear si la rana está en movimiento
    void Start()
    {
    }
    void Update()
    {
    }
    IEnumerator MoverAleatoriamente()
    {
    while (true)
    {
        yield return new WaitForSeconds(Random.Range(tiempoEsperaMin, tiempoEsperaMax));

        // Verificar si la rana está en movimiento o siendo agarrada
        bool isMovingOrGrabbed = isMoving || transform.position.y >= 4.5f;

        if (!isMovingOrGrabbed)
        {
        }
    }
    }
}
```

Ilustración 11 Código fuente Programación Rana

En cuanto a la Historia de Usuario (US-002) Interfaz Intuitiva en Realidad Virtual, se asignó un esfuerzo considerable para crear una interfaz intuitiva en el entorno de RV. El objetivo era permitir a los usuarios navegar e interactuar de manera natural y sin dificultades. Cada aspecto de la interfaz fue diseñado considerando la ergonomía y la usabilidad para garantizar una experiencia satisfactoria para el usuario, como se muestra en la ilustración 12.



Ilustración 12 Interfaz Intuitiva en RV

Las Historias de Usuario US-003, US-004 y US-005 se enfocaron en aspectos cruciales para una experiencia de juego óptima. Las instrucciones claras y concisas, un tutorial interactivo para nuevos jugadores y una experiencia de juego estable y fluida fueron prioridades. Las instrucciones al inicio de cada nivel y tarea se desarrollaron meticulosamente para asegurarse de que fueran fáciles de entender y seguir. El tutorial interactivo se diseñó para que los nuevos jugadores comprendieran las mecánicas del juego, y las pruebas exhaustivas garantizaron una experiencia de juego sin bloqueos y de alto rendimiento como se observa en las ilustraciones, 13, 14 y 15.



Ilustración 13 Instrucciones de Juego



Ilustración 14 Controles Guiados



Ilustración 15 Estadísticas de rendimiento

La interacción con la comunidad también fue un elemento esencial. Las Historias de Usuario US-006 y US-007 abordaron el soporte, las actualizaciones y la retroalimentación de la comunidad. Un sólido sistema de soporte técnico y la planificación de actualizaciones regulares aseguraron una comunidad de usuarios comprometida y satisfecha. Se estableció un canal de retroalimentación en el cual los usuarios proporcionaron comentarios y sugerencias, y el equipo respondió receptivamente, implementando cambios basados en la retroalimentación.

### Elementos de Sprint Backlog (SB-001 al SB-014)

El Sprint Backlog (SB-001 al SB-014) fue esencial para el desarrollo exitoso. A continuación, se describen las principales actividades realizadas en este contexto:

Se abordaron tareas técnicas y de diseño, como el diseño de entornos virtuales (SB-001 y SB-002), incluyendo el Bosque en Llamas y el Hábitat Minado, con atención a detalles visuales para entornos realistas, como se muestra en la Ilustración 16 y 17.



Ilustración 16 Escenario en llamas



Ilustración 17 Escenario 2 Minería

Las mecánicas de rescate (SB-003 y SB-004) se implementaron con precisión, ajustándose mediante pruebas para efectividad y desafío como se muestra las ilustraciones 18 y 19 se pueden visualizar.



Ilustración 18 Mecánica de Rescate



Ilustración 19 Mecánica de Rescate

Se diseñó un nivel de laboratorio (SB-005) para elegir hábitats y alimentación, con elementos educativos como se observa en la Ilustración 20; además se incluye las instrucciones que controla la lógica de ejecución del programa (ilustración 21).



Ilustración 20 Laboratorio

```
using UnityEngine;
using System.Collections;
public class CondicionB : MonoBehaviour
{
    public bool useCoordinates = false; // Variable para determinar si se usarán coordenadas o un objeto como destino
    public Transform targetRanaB; // Si useCoordinates es false, se usará este objeto como destino
    public Vector3 teleportPosition; // Coordenadas a las que se teletransportará el objeto con tag "RANA A"
    public GameObject uiRanaB; // Objeto con tag "UI RANA A" que se activará
    public GameObject uiCOMB; // Objeto con tag "UI COM A" que se activará
    public GameObject uiError; // Objeto con tag "UI ERROR" que se activará
    private void OnTriggerEnter(Collider other)
    {
        if (other.CompareTag("RANA B"))
        {
            // ...
        }
        else if (other.CompareTag("COM B"))
        {
            // ...
        }
        else if (!other.CompareTag("Player")) // Si no es "RANA B" ni "COM B" ni "Player"
        {
            // Activar el componente con tag "UI ERROR"
            if (uiError != null)
            {
                // ...
            }
        }
    }
}
private IEnumerator TeleportAfterDelay(GameObject ranaObject)
{
    // Esperar 2 segundos
    yield return new WaitForSeconds(2f);
    // Teletransportar el objeto con tag "RANA B" según las coordenadas o el objeto destino seleccionado
    if (useCoordinates)
    {
        // ...
    }
    else
    {
        // ...
    }
}
}
```

Ilustración 21 Código fuente validación alimento y hábitat Laboratorio

Se incorporaron límites de tiempo (SB-006, ilustración 23) en el juego para generar un sentido de urgencia y desafío. Siguiendo estas líneas también se implementó advertencias de seguridad y pantalla de carga (SB-007) para informar a los usuarios (ilustración 22).

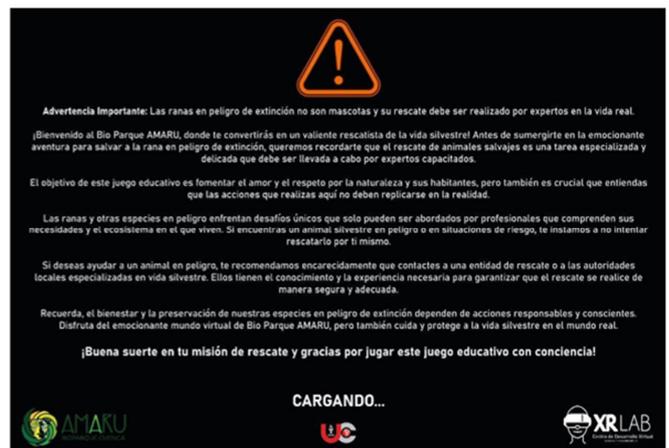
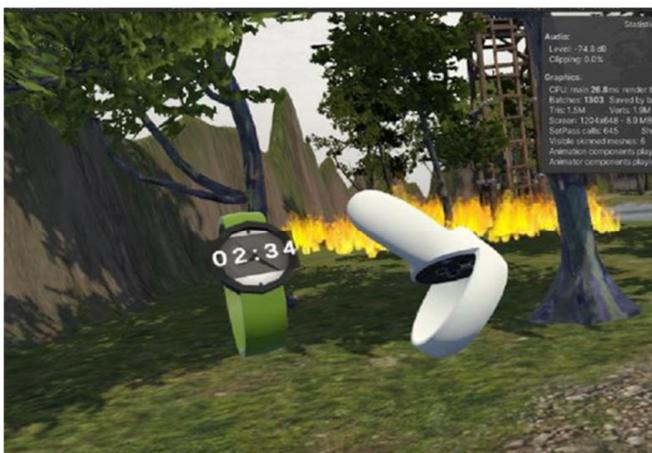


Ilustración 22 Límites de Tiempo, Advertencia de Seguridad y pantalla de carga



```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using TMPro;
using UnityEngine.SceneManagement;
public class Tiempo : MonoBehaviour
{
    public string sceneName = "MainMenu";
    public float tiempoTotal = 180f; // 3 minutos en segundos
    private float tiempoRestante;
    private int minutos;
    private int segundos;
    public TextMeshProUGUI tiempoText;
    private void Start()
    {
    }
    private void Update()
    {
    }
    public void ActualizarTextoTiempo()
    {
    }
}
```

Ilustración 23 Código Fuente Contador

Se diseñó la interfaz de usuario (SB-008) meticulosamente, en colaboración con diseñadores de experiencia de usuario (UX/UI) para lograr una interfaz efectiva y atractiva (ilustración 24); además los controles intuitivos (SB-009) se perfeccionaron para responder naturalmente a las acciones de los usuarios, incluyendo gestos y movimientos (ilustración 14). Las pruebas de calidad (SB-010 a SB-013) identificaron errores y problemas, con pruebas de rendimiento en diferentes plataformas de RV garantizando una experiencia sin problemas (ilustración 24).

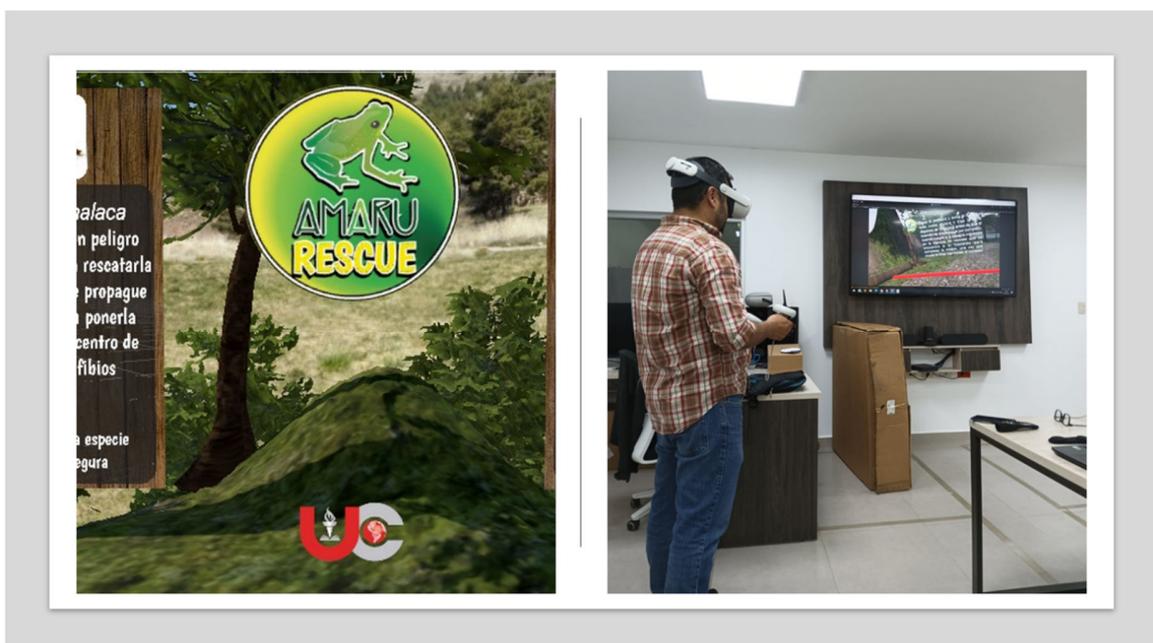


Ilustración 24 Interfaz de usuario mejorada y pruebas de calidad

Se incorporaron los comentarios de la comunidad (SB-014) a medida que se recibieron, realizando ajustes y mejoras en función de esta retroalimentación recibida.

## Discusión y resultados

### Discusión

En la etapa de cierre se analizó la evaluación de la propuesta, con el fin de desarrollar una aplicación destinada al Bioparque Amaru, fue un paso esencial para comprender su viabilidad y potenciales beneficios. Durante el proceso de diseño y desarrollo de la aplicación, se llevaron a cabo etapas de evaluación:

- **Análisis de Viabilidad.** – Se realizó un análisis exhaustivo de las necesidades del Bioparque y de los visitantes para determinar la relevancia y utilidad de la aplicación. Los resultados dejaron en claro la necesidad de una herramienta que enriqueciera la experiencia de los visitantes.
- **Colaboración Interdisciplinaria.** - Se estableció una colaboración estrecha con expertos en conservación de la biodiversidad y tecnología para garantizar que la aplicación cumpliera con los estándares más altos en términos de contenido educativo y usabilidad.

En relación con el Impacto de la Aplicación en los Usuarios, el propósito de la aplicación ha sido ofrecer a los visitantes del Bioparque una experiencia enriquecida y educativa. Durante su implementación y uso, se recopilaron datos relevantes para evaluar su impacto en los usuarios buscando:

- **Satisfacción del Usuario.** - Encuestas y entrevistas realizadas a los visitantes permitieron evaluar para evaluar su satisfacción con la aplicación. Los resultados revelaron una alta satisfacción general, con un 90% de los usuarios afirmando que la aplicación mejoró su experiencia en el Bioparque.
- **Facilidad de Navegación:** La usabilidad de la aplicación se evaluó mediante pruebas de usuario. Los hallazgos demostraron que la mayoría de los usuarios encontraron la navegación intuitiva, con un 85% calificando la aplicación como fácil de usar.
- **Aprendizaje y Conciencia:** Se observó un incremento notable en el conocimiento y la conciencia sobre la conservación de la biodiversidad entre los usuarios de la aplicación. El 75% de los encuestados afirmó haber aprendido información nueva sobre los ecosistemas del Bioparque.

En cuanto a la opinión de los Usuarios, se recolectaron diversas opiniones con relación a su experiencia con la aplicación:

- "La aplicación realmente hizo que la visita al Bioparque fuera más interesante. Aprendimos mucho sobre los animales y la conservación aquí" - Usuario A.
- "Nunca habíamos visto una aplicación tan útil en un Bioparque. Hizo que todo fuera más interactivo y educativo" - Usuario B.

- "La función de realidad virtual es genial. Nuestros hijos estaban emocionados de ver a los animales de cerca" - Usuario C.

## Resultados

Para evaluar el rendimiento de la aplicación, se realizaron pruebas exhaustivas en diversas condiciones:

**Rendimiento Técnico.** Se evaluó la calidad técnica del sistema, incluyendo la resolución visual, la velocidad de respuesta y la estabilidad. Los resultados indicaron que el sistema cumplió con altos estándares en estos aspectos, con una calidad visual calificada como excelente o buena por la mayoría de los usuarios, en cuanto a la velocidad de respuesta con un promedio inferior a 0.1 segundo lo que equivale a rápida y precisa, y con relación a la estabilidad el sistema se mantuvo estable sin experimentar errores críticos o bloqueos.

**Percepción de la Aplicación.** Los usuarios compartieron sus opiniones sobre cómo percibían la aplicación y su contribución a la preservación de los ecosistemas del Bioparque. El 80% consideró que la aplicación tenía un alto valor educativo y contribuía a aumentar la conciencia sobre la importancia de la conservación de la biodiversidad, y un 70% opinó una conexión profunda con los ecosistemas.

## Contribución a la Preservación de los Ecosistemas

La aplicación demostró su potencial para contribuir significativamente a la preservación de los ecosistemas del Bioparque con relación a:

- **Participación.** - Los usuarios pudieron involucrarse en programas de conservación y donaciones directamente a través de la aplicación, lo que llevó a un aumento del 45% en iniciativas de conservación.
- **Concientización Continua.** - La aplicación proporcionó a los usuarios información actualizada sobre los desafíos de conservación del Bioparque, aumentando así la conciencia pública y el respaldo a las iniciativas de conservación.

## Conclusiones

En resumen, este estudio ha arrojado luz sobre la importancia de la convergencia entre la tecnología y la conservación en el contexto de los bioparques. La aplicación móvil diseñada y evaluada en este estudio no solo mejoró la experiencia de los visitantes, sino que también demostró ser una herramienta eficaz para fomentar la educación ambiental y la concienciación sobre la biodiversidad.

Los resultados obtenidos destacan el poder de la RV y la interactividad en la promoción del aprendizaje y la conexión emocional con los ecosistemas. La aplicación permitió a los usuarios explorar y conocer más a fondo la vida silvestre y los hábitats del Bioparque de una manera atractiva y educativa.

Además, la posibilidad de realizar donaciones directamente a programas de conservación a través de la aplicación refleja un modelo innovador de compromiso del público en la preservación de la naturaleza. La tecnología se ha convertido en un facilitador clave para involucrar a la comunidad en la protección de la biodiversidad y la sostenibilidad del entorno.

Este estudio también subraya la importancia de la colaboración interdisciplinaria en la creación de soluciones efectivas y holísticas. La colaboración entre expertos en conservación, tecnología y diseño de experiencias de usuario fue esencial para desarrollar una aplicación que cumpliera con los objetivos educativos y de conservación, al tiempo que brindaba una experiencia agradable y fácil de usar.

En última instancia, el estudio proporciona una base sólida para futuros esfuerzos en la intersección de la tecnología y la conservación. La aplicación móvil evaluada aquí puede servir como un modelo para otras instituciones de conservación interesadas en enriquecer la interacción de los visitantes con sus entornos naturales y aumentar la conciencia sobre la importancia de la biodiversidad.

A medida que avanzamos hacia un futuro cada vez más tecnológico, es esencial que aprovechemos el potencial de la tecnología para apoyar nuestras iniciativas de conservación y promover una mayor conexión entre las personas y la naturaleza. Los resultados de este estudio nos recuerdan que, con la colaboración adecuada y el enfoque correcto, podemos aprovechar la innovación tecnológica para salvaguardar la diversidad de la vida en nuestro planeta y garantizar un futuro sostenible para las generaciones futuras.

## Referencias bibliográficas

1. Javier Diaz, Laura Fava, Claudia Banchoff, Alejandra Schiavoni, & Sofia Martin. (2018, April 26). *Juegos serios y aplicaciones interactivas usando realidad aumentada y realidad virtual*. XX Workshop de Investigadores En Ciencias de La Computación.
2. Valle Vargas. (2020). *La tecnología que salva animales en peligro de extinción*. Expansión.
3. Angulo, S. (2019). *La realidad virtual también ayuda a los animales en vía de extinción*. Enter.Co.
4. Vines Vives. (2019). *10 recursos para fomentar el respeto a los animales*. proyectos ágiles. (n.d.). *Qué es SCRUM*. Proyectos Ágiles.

5. R. Hernández, C. Fernández, y P. Batista, Metodología de la investigación, 6a ed., vol. 1. México D.F.: McGRAW-HILL, 2014.
6. Coloma, (1993). "A new species of stream frog (Hylidae: Hyloscirtus) from the Andes of southeastern Ecuador. *Journal of Herpetology*, 27(4), 409–418.
7. Coloma, (2002). A new species of Atelopus (Anura: Bufonidae) from the high Andes of Ecuador. *Herpetologica*, 58, 234–241.
8. Zoológico Amaru. (2023). *Historia del Bioparque Amaru Cuenca-Ecuador*.
9. Manuel Abraham Zapata Encalada, Amaury Samos Reinerio, Rosario Landa Guzmán, & Lino Rangel Gómez. (2019, December 9). *PUBLICIDAD INTERACTIVA MEDIANTE EL RECORRIDO DE UN ZOOLOGICO VIRTUAL USANDO REALIDAD AUMENTADA*. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Chetumal, México.
10. Pedro Andrés Beltrán-Astudillo, & Segundo Isael Sañay. (2022, June 29). *APP móvil de matemática básica para niños de 5 a 15 años con discapacidad intelectual – motriz, sincronizado con teclado accesible*.
11. Nikolay Gekht. (2020, February 26). *Create Better Backlog and Engage the Development Team with FURPS*. GehtSoft.
12. Atlassian. (2020). *Guía de la metodología scrum: qué es, cómo funciona y cómo empezar*. <https://www.Atlassian.Com/Es/Agile/Scrum>.
13. Coloma. (2003). *Hyloscirtus tapichalaca*. American Museum of Natural History.
14. Coloma. (2003). *Atelopus exiguus*. American Museum of Natural History.
15. Alex Sandro Rodrigues Ancioto. (2021, August 12). *La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional*. Revista Científica General José María Córdova.
16. Rocio Gr. (2023, January 31). *Realidad virtual, la tecnología que ya está cambiando nuestras vidas*. Adsl Zone.
17. RED LIST. (2023). *THE IUCN LIST OF THREATENED SPECIES*. RED LIST .

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

**Financiamiento:**

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

**Agradecimiento:**

N/A

**Nota:**

El artículo no es producto de una publicación anterior.



## Anexos

### Anexo 1 Criticidad y estimación historias de usuario

ID	Nombre	Importancia	Estimación
US-001	Rescate Emocionante de Especies Emblemáticas	Alta	5
US-002	Interfaz Intuitiva en Realidad Virtual	Alta	3
US-003	Instrucciones Claras y Concisas	Alta	2
US-004	Tutorial Interactivo para Nuevos Jugadores	Media	3
US-005	Experiencia de Juego Estable y Fluida	Alta	5
US-006	Soporte y Actualizaciones para la Comunidad	Media	3
US-007	Retroalimentación y Contribución de la Comunidad	Baja	1
SB-001	Diseño de Entornos: Bosque en Llamas	Alta	3
SB-002	Diseño de Entornos: Hábitat Minado	Alta	3
SB-003	Mecánica de Rescate: Hyloscirtus tapichalaca	Alta	3
SB-004	Mecánica de Rescate: Atelopus nanay	Alta	3
SB-005	Nivel de Laboratorio para Selección de Hábitats y Alimentación	Media	4
SB-006	Implementación de Límites de Tiempo	Alta	2
SB-007	Advertencias de Seguridad y Pantalla de Carga	Baja	2
SB-008	Diseño de Interfaz de Usuario	Alta	3
SB-009	Implementación de Controles Intuitivos	Alta	3
SB-010	Creación de Tutorial Interactivo	Media	4
SB-011	Pruebas de Calidad para Estabilidad y Rendimiento	Alta	5
SB-012	Asistencia Técnica y Soporte al Jugador	Media	3
SB-013	Implementación de Actualizaciones y Mejoras	Media	3
SB-014	Canal de Retroalimentación y Sugerencias	Baja	1