

Pontificia Universidad Javeriana Cali  
Facultad de Ingeniería y Ciencias.  
Ingeniería de Sistemas y Computación.  
Trabajo de grado.

# **Prototipo de un Sistema de Realidad Virtual Interactivo para el Relato de un Cuento Sobre los Osos de Anteojos Orientado a Niños con Diversidad Sensorial**

Juan Esteban Becerra Gutiérrez  
Alejandro Sarmiento Rivera  
**Director:** Andrés Navarro Newball

Santiago de Cali  
num de Noviembre de 2026



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Cali

[ VIGILADA MINEDUCACIÓN Res. 12220 de 2016 ]

---

# **Carta de Aprobación**

Santiago de Cali, Noviembre 2025 Señores.

**Pontificia Universidad Javeriana Cali.**

Dr. Gerardo Mauricio Sarria, Director de Carrera  
Ingeniería de Sistemas y Computación  
Cali.

Cordial saludo,

Por medio de la presente me permito informarle que los estudiantes de Ingeniería de Sistemas y Computación, Juan Esteban Becerra Gutiérrez (cod: 8965694) y Alejandro Sarmiento Rivera (cod: 8968284) trabajaron bajo mi dirección en el proyecto de grado titulado “Prototipo de un Sistema de Realidad Virtual Interactivo para el Relato de un Cuento Sobre los Osos de Anteojos Orientado a Niños con Diversidad Sensorial” el cual se encuentra finalizado y listo para sustentación.

Atentamente,

---

Dr. Andrés Adolfo Navarro Newball

---

# Carta de Compromiso

Santiago de Cali, Diciembre 2024

Señores.

**Pontificia Universidad Javeriana Cali.**

Dr. Gerardo Mauricio Sarria, Director de Carrera  
Ingeniería de Sistemas y Computación  
Cali.

Cordial saludo,

Nos permitimos presentar a su consideración el trabajo de grado titulado “Prototipo de un Sistema de Realidad Virtual Interactivo para el Relato de un Cuento Sobre los Osos de Anteojos Orientado a Niños con Diversidad Sensorial” con el fin de cumplir con los requisitos exigidos por la Universidad para llevar a cabo el proyecto de grado y posteriormente optar al título de Ingeniero de Sistemas y Computación.

Al firmar aquí, damos fe que entendemos y conocemos las directrices para la presentación de trabajos de grado de la Facultad de Ingeniería aprobadas el 26 de Noviembre de 2009, donde se establecen los plazos y normas para el desarrollo del anteproyecto y del trabajo de grado.

Atentamente,

---

Juan Esteban Becerra Gutiérrez  
Código: 8965694

---

Alejandro Sarmiento Rivera  
Código: 8968284

# Resumen

Este proyecto propone el desarrollo de un prototipo de realidad virtual (RV) inmersivo para relatar el cuento “*El Oso que Perdió sus Anteojos*”, dirigido a niños de entre 5 a 12 años de edad con diversidad sensorial (visual y auditiva). La iniciativa surge en colaboración con el Instituto para Niños Ciegos y Sordos (INCS) de Cali, como parte del proyecto Colombia-Quebec, que busca explorar tecnologías inmersivas para la rehabilitación y el aprendizaje. El prototipo integrará elementos narrativos interactivos, adaptaciones sensoriales (audios, vibraciones, contrastes visuales) y dinámicas que fomenten valores como el respeto y la justicia, así como la conciencia ambiental. Mediante metodologías centradas en el usuario, se diseñará un entorno accesible evaluado con pruebas de usabilidad. Los resultados esperados incluyen un sistema funcional, documentación técnica y un repositorio de código abierto, contribuyendo a la innovación en educación inclusiva.

**Palabras Clave:** Realidad virtual, diversidad sensorial, narrativa interactiva, educación inclusiva, oso de anteojos.

# Summary

This project proposes the development of an immersive virtual reality (VR) prototype to narrate the story "*El Oso que Perdió sus Anteojos*", aimed at children aged 5 to 12 with sensory diversity (visual and auditory). The initiative arises in collaboration with the Institute for Blind and Deaf Children (INCS) of Cali, as part of the Colombia-Quebec project, which seeks to explore immersive technologies for rehabilitation and learning. The prototype will integrate interactive narrative elements, sensory adaptations (audios, vibrations, visual contrasts), and dynamics that promote values such as respect and justice, as well as environmental awareness. Using user-centered methodologies, an accessible environment will be designed and evaluated through usability testing. Expected outcomes include a functional system, technical documentation, and an open-source code repository, contributing to innovation in inclusive education.

**Keywords:** Virtual reality, sensory diversity, interactive narrative, inclusive education, spectacled bear.

# Índice general

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Introducción</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2. Descripción del Problema</b>  | <b>8</b>  |
| 2.1. Planteamiento del Problema . . . . .   | 8         |
| 2.1.1. Formulación . . . . .  | 9         |
| 2.1.2. Sistematización . . . . .  | 9         |
| 2.2. Objetivos . . . . .  | 9         |
| 2.2.1. Objetivo General . . . . .   | 9         |
| 2.2.2. Objetivos Específicos . . . . .  | 9         |
| 2.3. Justificación . . . . .  | 10        |
| 2.3.1. Utilidad . . . . .   | 10        |
| 2.3.2. Impacto . . . . .  | 10        |
| 2.3.3. Viabilidad . . . . .   | 10        |
| 2.4. Delimitaciones y Alcances . . . . .  | 11        |
| <b>3. Marco Teórico y Trabajos Relacionados</b>   | <b>12</b> |
| 3.1. Marco Teórico . . . . .  | 12        |
| 3.1.1. Realidad Virtual (RV) . . . . .  | 12        |
| 3.1.2. Narrativa Interactiva . . . . .  | 12        |
| 3.1.3. Body Transfer . . . . .  | 12        |
| 3.1.4. Gamificación . . . . .   | 13        |
| 3.1.5. Kanban . . . . .   | 13        |
| 3.2. Trabajos Relacionados . . . . .  | 14        |
| 3.2.1. Evaluating a virtual reality sensory room for adults with disabilities . . . . .   | 14        |
| 3.2.2. Adoption of Virtual Reality Technology in Learning Elementary of Music Theory to Enhance the Learning Outcomes of Students with Disabilities . . . . . | 14        |
| 3.2.3. Realidades expandidas inteligentes para la innovación en la cultura digital . . . . .  | 14        |
| 3.2.4. Extended Realities for Sensorially Diverse Children . . . . .  | 15        |
| 3.3. Comparativa de proyectos previos vs. este proyecto . . . . .   | 15        |
| <b>4. Metodología, Análisis y Diseño</b>  | <b>16</b> |
| 4.1. Metodología Kanban . . . . .   | 16        |
| 4.1.1. Principios de Kanban . . . . .   | 16        |
| 4.1.2. Prácticas Centrales de Kanban . . . . .  | 17        |
| 4.1.3. Aplicación de Kanban en Este Proyecto . . . . .  | 17        |
| 4.2. Análisis . . . . .   | 18        |
| 4.2.1. Tipo de Estudio . . . . .  | 19        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 4.2.2.    | Objetivos pedagógicos . . . . .                                  | 19        |
| 4.2.3.    | Usuarios y contexto . . . . .                                    | 19        |
| 4.2.4.    | Plataforma y despliegue . . . . .                                | 19        |
| 4.2.5.    | Accesibilidad y apoyos . . . . .                                 | 19        |
| 4.2.6.    | Riesgos y mitigaciones . . . . .                                 | 19        |
| 4.2.7.    | Procedimiento de levantamiento . . . . .                         | 19        |
| 4.2.8.    | Métricas de éxito . . . . .                                      | 20        |
| 4.2.9.    | Identificación de Actividades para el Juego . . . . .            | 20        |
| 4.3.      | Definir . . . . .  | 21        |
| 4.3.1.    | Requerimientos . . . . .   | 21        |
| 4.3.2.    | Requisitos Funcionales (RF) . . . . .                            | 21        |
| 4.3.3.    | Requisitos No Funcionales (RNF) . . . . .                        | 21        |
| 4.3.4.    | Selección del entorno de desarrollo . . . . .                    | 21        |
| 4.4.      | Diseño . . . . .   | 23        |
| 4.4.1.    | Mecánicas de los juegos . . . . .                                | 24        |
| 4.4.2.    | Narrativa . . . . .  | 24        |
| 4.4.3.    | Interfaz . . . . .   | 28        |
| 4.4.4.    | Diagrama de Flujo . . . . .                                      | 31        |
| 4.4.5.    | Diagrama de casos de uso . . . . .                               | 32        |
| 4.5.      | Idear . . . . .  | 33        |
| 4.5.1.    | Diseño del Entorno . . . . .                                     | 33        |
| 4.5.2.    | Iteración de diseño: XR Academia y validación temprana . . . . . | 34        |
| 4.5.3.    | Optimización de terreno para requisitos de rendimiento . . . . . | 35        |
| 4.5.4.    | Diseño de zonas de acción y minijuegos . . . . .                 | 36        |
| 4.5.5.    | Estrategia de una única escena . . . . .                         | 39        |
| <b>5.</b> | <b>Implementación</b>  | <b>41</b> |
| <b>6.</b> | <b>Validación y Resultados</b>                                   | <b>42</b> |
| 6.1.      | Plan de Pruebas . . . . .  | 42        |
| 6.1.1.    | Alcance y objetivos . . . . .                                    | 42        |
| 6.1.2.    | Aprobación ética . . . . .                                       | 42        |
| 6.1.3.    | Participantes y entorno . . . . .                                | 42        |
| 6.1.4.    | Procedimiento . . . . .  | 43        |
| 6.2.      | Validación de Requisitos . . . . .                               | 43        |
| 6.2.1.    | Requisitos Funcionales . . . . .                                 | 43        |
| 6.2.2.    | Requisitos No Funcionales . . . . .                              | 44        |
| 6.3.      | Evaluación de las Pruebas . . . . .                              | 44        |
| 6.3.1.    | Encuesta a Terapeutas . . . . .                                  | 44        |
| 6.3.2.    | Encuesta a Niñas y Niños . . . . .                               | 45        |
| <b>7.</b> | <b>Conclusiones</b>  | <b>46</b> |
| <b>8.</b> | <b>Trabajo Futuro</b>  | <b>47</b> |

# **Capítulo 1**

## **Introducción**

Colombia, como uno de los países más biodiversos del mundo, enfrenta desafíos en la conservación de especies amenazadas, como el oso de anteojos, debido al tráfico ilegal y la falta de conciencia ambiental. Esta problemática se agudiza en poblaciones con diversidad sensorial, donde las barreras de acceso a la información limitan su participación en iniciativas educativas.

En este contexto, las tecnologías de realidad virtual emergen como herramientas prometedoras para crear experiencias educativas inclusivas. Este proyecto desarrolla un prototipo de RV interactivo que adapta un cuento infantil a un entorno inmersivo, combinando narrativa, gamificación y accesibilidad (estímulos hápticos, auditivos y visuales adaptados).

Para este proyecto, en el que se utilizarán dispositivos MetaQuest 3 y metodologías ágiles, se busca no solo mejorar la comprensión del cuento, sino también medir el impacto en el aprendizaje y la retención de valores. Los resultados aportarán al proyecto Colombia-Quebec y sentarán bases para futuras aplicaciones de RV en educación especial.

# **Capítulo 2**

## **Descripción del Problema**

### **2.1. Planteamiento del Problema**

Colombia es uno de los países que alberga la mayor cantidad de especies biodiversas en el mundo. Según un estudio realizado por el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia en 2022 [1], cuenta con 67.000 especies distintas, ocupando el tercer lugar entre los países con mayor biodiversidad del planeta. No obstante, el 1,9 % de las especies se encuentran dentro de las categorías de amenaza a nivel nacional. En 2015, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible incautó 41.245 ejemplares de fauna silvestre que se iban a usar para tráfico ilegal [2], lo que demuestra el peligro y la poca conciencia que hay por parte de los ciudadanos de la vida silvestre.

Para ello, varias organizaciones han buscado realizar campañas para poder concientizar e informar a la población. Por ejemplo, la WCS lanzó la campaña ‘Hay viajes que marcan vidas’ con el objetivo de sensibilizar a las personas acerca del tráfico de animales silvestres que son transportados vía aérea, y mostrarles el impacto que tiene este delito en la biodiversidad y la vida del animal [3]. El problema radica en la dificultad de acceso que tienen las personas en poder acceder a esta clase de información. La ONU Mujeres, UNFPA y UNICEF realizó un estudio sobre la situación de las personas con discapacidad en Colombia el 2021 [4], en el que se descubrió que una de cada diez personas con discapacidad de entre 15 y 59 años no sabe leer ni escribir, una tasa equivalente a 3.3 veces si se compara con el resto de la población, lo que dificulta que puedan adquirir los conocimientos suficientes para poder generar una conciencia y sensibilidad respecto a las especies en peligro de extinción.

Es por ello que el Instituto para Niños Ciegos y Sordos (INCS) de Cali, Valle del Cauca, ha buscado ayudar a esta población desde una temprana edad en procesos de rehabilitación y aprendizaje. Uno de los principales métodos que implementan es el de usar la narrativa. La narrativa fomenta a los niños a adquirir habilidades desde la combinación y estructuración de palabras simples hasta la formulación de frases mucho más complejas [5]. El INCS ha explorado el implementar las tecnologías de Realidad Aumentada (RA) y Realidad Virtual (VR) con el objetivo de mejorar el proceso de rehabilitación del lenguaje, por lo que requieren crear nuevas experiencias de “Aprendizaje Inmersivo” que hagan uso de estas herramientas para mejorar la sensación de presencia, atención, eficiencia en tareas, funcionamiento cognitivo y el lenguaje de los niños que cuentan con limitantes visuales y de escucha.

De esta iniciativa nace el proyecto colaborativo Colombia-Quebec junto con la Pontificia Universidad Javeriana Cali, cuyo objetivo es explorar la narrativa junto con la realidad virtual para encontrar el potencial en estas tecnologías en procesos de rehabilitación para niños con

diversidad sensorial. De este proyecto, surgieron 5 cuentos o narrativas desarrolladas por profesionales del instituto. A la fecha , requieren de investigar una implementación inmersiva de estas narrativas.

Por lo tanto, este trabajo de grado busca ofrecer una versión virtual del cuento “El Oso que Perdió sus Anteojos” que sea orientada a niños de entre 5 a 12 años de edad. La idea es poder promover valores como el respeto y la justicia a manera de relato interactivo que contenga retos variados para que los niños tengan un objetivo a completar. Va a ser importante para el éxito del proyecto, considerar aspectos de accesibilidad que conviertan el cuento en una narrativa inmersiva y sensorial atractiva para el público objetivo.

### **2.1.1. Formulación**

¿Cómo desarrollar un prototipo de sistema de realidad virtual inmersivo que sea capaz de relatar un cuento sobre un oso de anteojos de manera interactiva que fomente los valores de respeto y justicia orientado a niños de 5 a 12 años que cuenten con diversidad sensorial?

### **2.1.2. Sistematización**

Para resolver esta pregunta, se deben tener en cuenta algunas subpreguntas:

- ¿Qué elementos son necesarios para adaptar adecuadamente la historia en un sistema de realidad virtual?
- ¿Qué características son necesarias para recrear adecuadamente el ambiente del relato?
- ¿Cuáles son las actividades más adecuadas para reflejar los valores de justicia y respeto?
- ¿Cómo diseñar e implementar las actividades para abarcar la población con diversidad sensorial?
- ¿Cómo evaluar el desempeño, funcionamiento y facilidad de uso del prototipo?

## **2.2. Objetivos**

### **2.2.1. Objetivo General**

Desarrollar un prototipo de sistema de realidad virtual inmersiva que relate un cuento con el objetivo de promover la cultura ambiental y valores para niños de entre 5 y 12 años con diversidad sensorial.

### **2.2.2. Objetivos Específicos**

1. Identificar los elementos clave en el relato del oso de anteojos para adaptarlos al sistema inmersivo.
2. Reconocer las características importantes para crear un ambiente adecuado acorde a la historia.

3. Proponer actividades que fomenten los valores de justicia y respeto, al igual que promuevan la conciencia ambiental.
4. Diseñar e implementar un entorno adecuado con el objetivo de facilitar la comprensión del ambiente de los niños con diversidad sensorial.
5. Evaluar el desempeño y correcto funcionamiento del prototipo, al igual que la facilidad de uso para el público objetivo.

## **2.3. Justificación**

### **2.3.1. Utilidad**

El desarrollo de un Sistema de Realidad Virtual Interactivo es importante para poder otorgarles a los niños con diversidad sensorial nuevas formas de adquirir conocimiento. Por ejemplo, el empirismo definido por el filósofo John Locke, habla del conocimiento como una derivación de la experiencia sensorial y la observación del mundo, siendo la forma de obtener la información a través de los sentidos y construir su comprensión a partir de la recopilación de datos empíricos [6]. En el caso de la educación, el empirismo busca un enfoque más práctico y experimental. De esta manera, el proyecto a desarrollar permitirá a los niños explorar una forma de aprendizaje distinta, buscando la interacción constante con el entorno y aprender de las experiencias que viven en el proceso.

### **2.3.2. Impacto**

El impacto que generará el Sistema de Realidad Virtual Inmersivo será significativo para los niños que cuentan con diversidad sensorial. La realidad virtual y la realidad aumentada están transformando la educación al ofrecer experiencias inmersivas y personalizadas que mejoran la retención y comprensión del conocimiento [7]. Su capacidad para adaptarse a diversos estilos de aprendizaje y necesidades individuales proporciona una base sólida para mejorar la calidad educativa [7]. De esta forma, el prototipo habilitará la posibilidad de explorar nuevas formas de aprendizaje, las cuales permitirán a los niños vivir experiencias que les ayuden con su proceso educativo y adaptación a su condición sensorial.

### **2.3.3. Viabilidad**

El desarrollo de un Sistema de Realidad Virtual Interactivo es viable debido a que el objetivo del mismo es continuar con la investigación del proyecto Colombia-Quebec, el cual cuenta con la aprobación de todos los procedimientos y protocolos éticos y experimentales por parte del Comité de Ética de la Investigación del INCS del Valle del Cauca, bajo la Solicitud No. INV-2020-007, el 30 de junio de 2020. Además, el proyecto ha avanzado acorde con las resoluciones 8430 (1994) y 2378 (2008) del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. Por tanto, el prototipo tiene como finalidad aportar a la solución propuesta en el proyecto Colombia-Quebec y permitir la expansión del mismo para futuras mejoras.

## 2.4. Delimitaciones y Alcances

- El sistema de realidad virtual mostrará una adaptación del relato del osos de anteojos.
- El grupo poblacional selecto para el desarrollo del prototipo, serán los niños del INCS de entre 5 a 12 años de edad que cuenten con diversidad sensorial y sean supervisados por profesionales del Instituto que tengan experiencia trabajando con los mismos.
- Dado que las condiciones de diversidad sensorial de los niños del INCS del Valle del Cauca son variadas y complejas, se discutirá la manera de hacer el prototipo con los profesionales del instituto, de manera que el sistema incorpore al menos dos elementos de accesibilidad. Por ejemplo, colores con contraste para visión borrosa, audios, subtítulos o vibraciones.
- Por otro lado, el prototipo proporcionará mecanismos de recopilación de datos como forma de retroalimentación a los profesionales del Instituto para medir el desempeño de los niños que vayan a hacer uso del mismo.
- El sistema se desarrollará con ayuda de los dispositivos de Realidad Virtual MetaQuest 3 disponibles en las instalaciones del INCS y en la Pontificia Universidad Javeriana Cali.
- La evaluación del desempeño y usabilidad del sistema se hará con ayuda de los profesionales de la salud y con la evaluación de opiniones del grupo poblacional que va a interactuar con el prototipo.

# **Capítulo 3**

## **Marco Teórico y Trabajos Relacionados**

### **3.1. Marco Teórico**

La realidad virtual (RV) ha emergido como una herramienta revolucionaria en el ámbito educativo, ofreciendo experiencias inmersivas que transforman la manera en que los estudiantes interactúan con el conocimiento. Este avance tecnológico no solo facilita la visualización de conceptos abstractos y la realización de actividades peligrosas de manera segura, sino que también sirve como método de enseñanza para los niños y jóvenes, y hasta incluso la población con problemas de visión y/o audición reducida [8]. En este contexto, el presente proyecto se centra en el desarrollo de un prototipo de realidad virtual diseñado especialmente para niños con visión reducida, con el objetivo de contar una historia que fomente valores fundamentales como el respeto y la justicia. Para ello, dentro del marco teórico del proyecto se definen conceptos clave que conllevarán al posible desarrollo del proyecto.

#### **3.1.1. Realidad Virtual (RV)**

Según Zheng et al. [9], la realidad virtual (RV) es una interfaz avanzada entre humanos y computadoras que simula un entorno realista, permitiendo a los participantes moverse dentro del mundo virtual, observarlo desde diferentes ángulos, interactuar con él y modificarlo sin necesidad de comandos o pantallas tradicionales.

#### **3.1.2. Narrativa Interactiva**

La narrativa interactiva es una forma de contar historias en la que el lector o espectador tiene la capacidad de influir en el desarrollo y el desenlace de la historia. A través de elecciones y/o acciones, el público puede interactuar con los personajes y el mundo narrativo, ya bien sea mediante la elección de diálogos por botones, que definen las rutas de la historia o por medio de realizar ciertas acciones disponibles en el juego. Este tipo narrativa invita al usuario a ser parte del mundo narrativo incitandolo a continuar la historia como él lo deseé [10].

#### **3.1.3. Body Transfer**

El “Body Transfer” en realidad virtual (RV) se refiere a la ilusión de que el cuerpo virtual que se ve en la RV es el propio cuerpo. Este fenómeno ocurre cuando la perspectiva en primera persona y la sincronización de estímulos visuales y táctiles hacen que el cerebro del usuario

asigne la propiedad del cuerpo virtual a si mismo. En el estudio por parte de M. Slater [11], se demostró que una perspectiva en primera persona de un cuerpo virtual femenino de tamaño real que parece sustituir el cuerpo de los sujetos masculinos fue suficiente para generar esta ilusión de transferencia de cuerpo.

### 3.1.4. Gamificación

La gamificación implica el uso de elementos de juegos en actividades no relacionadas con juegos, como el aprendizaje en el aula. Su objetivo es motivar y comprometer a los estudiantes mediante el uso de mecánicas y experiencias de diseño de juegos [12].

### 3.1.5. Kanban

Según la Universidad de Kanban, es un método para gestionar todo tipo de servicios profesionales, también el denominado trabajo del conocimiento [13]. Con el método Kanban, se busca visualizar el trabajo y cómo se mueve a través de un flujo de trabajo. Esto permite gestionar de manera eficiente las tareas, incluyendo la comprensión y gestión de riesgos en la entrega de servicios a los usuarios. Para poder aplicar de manera adecuada Kanban, la Universidad propone las siguientes prácticas:

1. **Visualizar:** Una buena visualización del trabajo da paso a una colaboración eficaz y una identificación de oportunidades de mejora. Además, permite absorber y procesar una gran cantidad de información en poco tiempo.
2. **Limitar el Trabajo en Curso (WIP):** Conocido como el número de elementos de trabajo en un determinado tiempo, lo que permite Kanban es limitar el WIP para equilibrar la ocupación y asegurar el correcto flujo de trabajo. Un sistema eficaz es el que se centra más en el flujo de trabajo que en mantener ocupados a los encargados del proyecto.
3. **Gestionar el Flujo:** Es importante gestionar el flujo de trabajo para poder terminar el proyecto de la forma más fluida y predecible posible manteniendo un ritmo sostenido.
4. **Hacer las políticas explícitas:** Cuando se trabaja en un proyecto con Kanban, es importante definir políticas que sean acordadas por todas las partes interesadas para permitir la auto organización. Las políticas deben ser pocas, sencillas, bien definidas, visibles, aplicables en todo momento y fácilmente modificables.
5. **Implementar ciclos de retroalimentación:** Un conjunto de ciclos de retroalimentación adecuados, mejoran las capacidades de aprendizaje del equipo y su evolución mediante experimentos gestionados.
6. **Mejorar colaborativamente, evolucionar experimentalmente:** Se diseñan experimentos en entornos donde fallar es seguro con el objetivo de que si el experimento da buenos resultados, se mantienen los cambios; si no lo es, se puede devolver fácilmente a un estado anterior.

## 3.2. Trabajos Relacionados

### 3.2.1. Evaluating a virtual reality sensory room for adults with disabilities

Caroline J. Mills et al. [14] investigaron sobre las ventajas que ofrece la Realidad Virtual para la prestación de intervenciones sensoriales y desarrollaron una experiencia de sala sensorial de Realidad Virtual Inmersiva que sirviera para personas con discapacidades. Usaron un diseño de intervención única pre-post estudiado con 31 adultos con discapacidades relacionadas con la ansiedad, la depresión y el procesamiento sensorial. Los resultados del estudio mostraron ser prometedores, con un impacto positivo en la mejora de calidad de vida de las personas con discapacidades sensoriales mencionadas anteriormente. Uno de los recursos que sirven para la realización del prototipo de Sistema Virtual, es la implementación de manipulación de objetos dentro de un entorno virtual y la generación de sonidos y vibraciones en algunos casos para acompañar la interacción. La idea es explorar la posibilidad de adaptar estos aspectos al proyecto que se va a desarrollar.

### 3.2.2. Adoption of Virtual Reality Technology in Learning Elementary of Music Theory to Enhance the Learning Outcomes of Students with Disabilities

W. Maqableh et al. [15] realizan un estudio en el que exploran la posibilidad de usar la Realidad Virtual en la educación musical. Para llevarlo a cabo, desarrollan un entorno interactivo de aprendizaje virtual que permitiera a los estudiantes aprender sobre los principios de la teoría musical, con la participación de 20 estudiantes, incluyendo los que cuentan con alguna discapacidad motora. El estudio mostró una efectividad notoria en el aprendizaje sobre la música a los estudiantes y un alto grado de aceptación en el uso de estas herramientas para este fin, siendo el de los estudiantes que cuentan con alguna discapacidad motora el que mayor interés tuvo en el mismo. Si bien el objetivo de este proyecto es algo alejado al prototipo que se desea desarrollar, tiene unas bases importantes para observar cómo la música puede ayudar a motivar al usuario y a mejorar la retención de la información dentro de un entorno virtual.

### 3.2.3. Realidades expandidas inteligentes para la innovación en la cultura digital

En 2023, se ha llevado a cabo un proyecto innovador dirigido por Andrés Navarro Newball [6] que explora la aplicación de tecnologías de realidades expandidas en el ámbito de la cultura digital y su influencia en la educación y la apreciación del patrimonio. La investigación incluyó la revisión de diversas aplicaciones tecnológicas, destacando cómo estas pueden enriquecer el aprendizaje y la interacción con el patrimonio cultural, promoviendo una comprensión más profunda y accesible para las nuevas generaciones. De este proyecto, se pueden sacar ejemplos de cómo se usa la Inteligencia Artificial en avatares digitales que sean capaces de interactuar y reaccionar de manera distinta dependiendo de las acciones que haga el usuario; importante para poder explorar las opciones de guías virtuales en el proyecto.

### **3.2.4. Extended Realities for Sensorially Diverse Children**

El desarrollo del proyecto se centra en la creación de experiencias de realidad extendida (XR) que fomenten el desarrollo cognitivo, funcional y sensorial en niños con diversidad sensorial. De acuerdo con Restrepo et al. [5], se establece la importancia de diseñar aplicaciones interactivas que consideren el uso de diferentes modalidades sensoriales , incluyendo estímulos hápticos, táctiles y olfativos, para mejorar la experiencia de aprendizaje. El Instituto para Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca (INCS) implementa métodos de narración para facilitar habilidades lingüísticas y detectar dificultades de aprendizaje. A través de un proceso colaborativo e interdisciplinario, se desarrollaron varias aplicaciones XR utilizando herramientas como Unity y Vuforia, permitiendo la integración de marcadores que activan contenidos digitales expandidos. Los resultados preliminares sugieren que las experiencias multimodales mejoran la motivación y la participación de los niños en el aprendizaje. Además, se consideran las implicaciones éticas y sociales necesarias para garantizar accesibilidad y seguridad en el uso de estas tecnologías. Este proyecto tiene una finalidad muy parecida al prototipo de Realidad Virtual a desarrollar, por lo que sirve como base para analizar el uso de estímulos hápticos, táctiles y olfativos que refuerzen el aprendizaje de los niños y su atención en el entorno en el que van a interactuar. También, plantean un motor gráfico de desarrollo que puede ser usado para la creación del prototipo.

## **3.3. Comparativa de proyectos previos vs. este proyecto**

Diversos proyectos anteriores han abordado la aplicación de realidades virtuales y expandidas en personas con diversidad sensorial. Iniciativas como el entorno sensorial de Mills et al. (2023) se enfocaron en intervención sensorial para adultos con discapacidad, priorizando la mejora del bienestar, pero sin énfasis narrativo ni educativo infantil. Otros, como el estudio de Maqableh et al. [16], usaron VR para fomentar el aprendizaje musical en estudiantes con discapacidad, mostrando motivación y retención, pero dentro de un dominio académico específico y sin priorizar retos de accesibilidad audiovisual. Propuestas como las de Navarro [6] avanzaron en el uso de inteligencia artificial y avatares digitales, sin centrarse en inclusión sensorial profunda. Por su parte, Restrepo et al. [5] demostraron la viabilidad de entornos XR para niños, fomentando la accesibilidad mediante estímulos hápticos y colaboraciones interdisciplinarias, aunque con menor integración de relato interactivo y valores sociales.

La principal mejora del proyecto actual frente al estado del arte radica en combinar técnicas de accesibilidad sensorial avanzada con una narrativa lúdica e interactiva pensada para población infantil, codiseñada con entidades especializadas y validada mediante pruebas directas con usuarios finales. Además, destaca por integrar valores como el respeto, la justicia y la conciencia ambiental en la experiencia, incorporar validación de usabilidad, facilitar la replicabilidad como recurso de código abierto y estructurar metodologías de evaluación robustas que permiten su expansión futura como referente en educación inclusiva y tecnologías inmersivas adaptativas.

# Capítulo 4

## Metodología, Análisis y Diseño

### 4.1. Metodología Kanban

La metodología Kanban es un enfoque ágil de gestión de proyectos originado en la manufactura esbelta (lean manufacturing) que se ha extendido con éxito al desarrollo de software y otros ámbitos del trabajo del conocimiento [17]. Su nombre proviene del japonés y significa “tarjeta visual”, haciendo referencia a la representación visual del trabajo y el flujo de procesos.

Según Kirovska y Koceski [17], Kanban es principalmente un concepto de manufactura esbelta cuya aplicación en otras áreas está creciendo continuamente debido a su probada efectividad. En el contexto del desarrollo de software, identificaron mediante una revisión sistemática de la literatura que los principales beneficios reportados del método Kanban incluyen la mejora del tiempo de entrega del software, la mejora de la calidad del software, la comunicación y coordinación mejoradas, la consistencia en la entrega y la disminución de defectos reportados por los clientes.

#### 4.1.1. Principios de Kanban

Kanban se fundamenta en cuatro principios básicos que guían su implementación y uso [18]:

1. **Comenzar con lo que se hace ahora:** Kanban reconoce el valor de los procesos y prácticas existentes. En lugar de introducir cambios radicales, se construye sobre el proceso actual identificando áreas de mejora específicas.
2. **Acordar perseguir cambios incrementales y evolutivos:** Este principio está alineado con metodologías ágiles y reconoce que los grandes cambios son difíciles de implementar y tienden a generar resistencia. Kanban promueve la mejora continua mediante pequeños cambios manejables.
3. **Respetar el proceso actual, roles, responsabilidades y títulos:** Kanban busca minimizar la resistencia al cambio respetando la estructura organizacional existente y construyendo sobre ella.
4. **Fomentar el liderazgo en todos los niveles:** El método promueve que las mejoras y observaciones provengan de todos los miembros del equipo, no solo de la gerencia, fomentando una cultura de mejora continua (Kaizen).

### 4.1.2. Prácticas Centrales de Kanban

Además de los principios fundamentales, Kanban se implementa mediante seis prácticas centrales [18]:

1. **Visualizar el trabajo:** La visualización del flujo de trabajo mediante tableros Kanban permite a todos los miembros del equipo comprender rápidamente qué está en progreso, qué está completado y qué está pendiente. Esta transparencia facilita la identificación de cuellos de botella y áreas congestionadas.
2. **Limitar el trabajo en progreso (WIP):** Establecer límites en la cantidad de elementos de trabajo que pueden estar activos simultáneamente en cada etapa del proceso ayuda a equilibrar la carga de trabajo y asegurar un flujo constante. Un sistema efectivo se centra más en el flujo de trabajo que en mantener ocupados a los miembros del equipo.
3. **Gestionar el flujo:** Es fundamental gestionar el flujo de trabajo para completar el proyecto de la forma más fluida y predecible posible, manteniendo un ritmo sostenible y monitoreando métricas como el tiempo de ciclo y el tiempo de entrega.
4. **Hacer las políticas explícitas:** Las políticas de trabajo deben ser acordadas por todas las partes interesadas y deben ser pocas, sencillas, bien definidas, visibles, aplicables en todo momento y fácilmente modificables.
5. **Implementar ciclos de retroalimentación:** Un conjunto adecuado de ciclos de retroalimentación mejora las capacidades de aprendizaje del equipo y su evolución mediante experimentos gestionados. Esto incluye reuniones regulares de revisión y retrospectiva.
6. **Mejorar colaborativamente, evolucionar experimentalmente:** Se diseñan experimentos en entornos seguros donde fallar no tiene consecuencias graves. Si el experimento da buenos resultados, se mantienen los cambios; si no, se puede revertir fácilmente al estado anterior.

### 4.1.3. Aplicación de Kanban en Este Proyecto

Para el desarrollo del prototipo de realidad virtual, la metodología Kanban resulta especialmente adecuada por las siguientes razones:

- **Adaptabilidad continua:** Dado que el proyecto requiere iteraciones constantes basadas en la retroalimentación de profesionales del INCS y pruebas con niños con diversidad sensorial, Kanban permite ajustar prioridades y realizar cambios incrementales sin disruptores mayores.
- **Visualización del progreso:** El tablero Kanban permitirá llevar un seguimiento ordenado de las tareas pendientes, en desarrollo y terminadas, facilitando la comunicación entre los desarrolladores, el director del proyecto y los profesionales del instituto.
- **Gestión de prioridades:** La capacidad de reorganizar elementos en el tablero según su prioridad es fundamental para un proyecto donde los aspectos de accesibilidad pueden requerir ajustes críticos basados en pruebas de usabilidad.

- **Entrega continua:** El modelo de entrega continua de Kanban asegura que el prototipo adquiera funcionalidades progresivamente, permitiendo evaluaciones tempranas y frecuentes con el público objetivo.
- **Métricas y mejora continua:** Las métricas de Kanban como el tiempo de ciclo y el tiempo de entrega permitirán evaluar la efectividad del proceso de desarrollo y realizar ajustes para optimizar el flujo de trabajo.

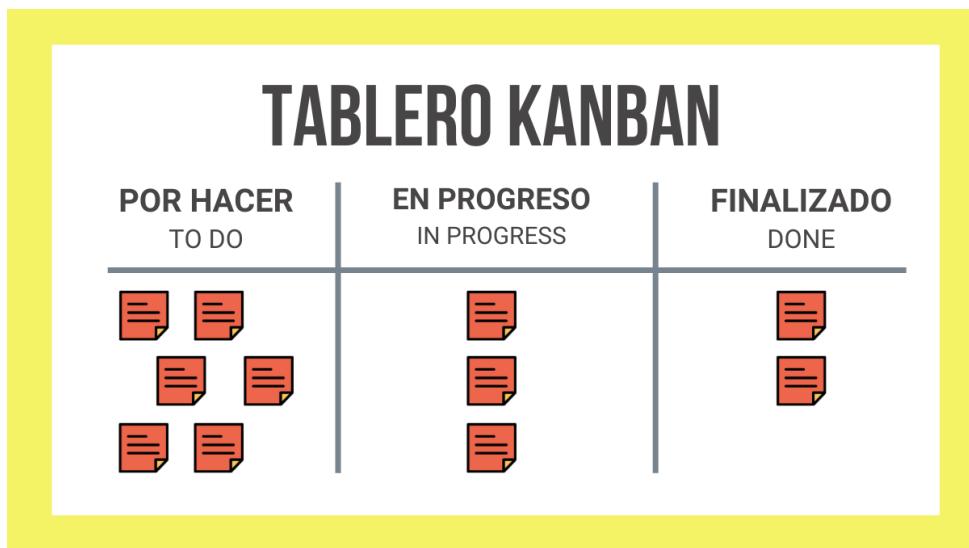


Figura 4.1: Tablero Kanban típico mostrando las columnas de flujo de trabajo (To Do, In Progress, Done) y la visualización de tareas mediante tarjetas.

Como se muestra en la Figura 4.1, un tablero Kanban típico organiza el trabajo en columnas que representan diferentes etapas del proceso, permitiendo visualizar el flujo de tareas y detectar cuellos de botella de manera inmediata.

La idea del Sistema de Realidad Virtual es que sea un producto adaptado de tal forma que sea cómodo para múltiples condiciones sensoriales. Es por ello que usar una metodología Kanban es factible para el desarrollo del proyecto. Como la idea es que el prototipo sea accesible, Kanban permitirá iterar y realizar ajustes constantemente dependiendo del feedback que otorgue el público objetivo. Por otro lado, usar un tablero Kanban permitirá llevar un seguimiento ordenado de las tareas que se encuentren pendientes, en desarrollo y terminadas. También, permite hacer pruebas frecuentes con niños y priorizar los ajustes que sean críticos dependiendo de la retroalimentación obtenida. Por último, Kanban busca seguir un modelo de entrega continua, por lo que se asegura que el proyecto adquiera mayores funcionalidades a medida que se avanza en el mismo [14]

## 4.2. Análisis

Esta sección detalla el análisis realizado para definir los requisitos, objetivos pedagógicos, usuarios, contexto, plataforma, accesibilidad, riesgos, procedimiento de levantamiento y métricas de éxito del prototipo de realidad virtual.

#### **4.2.1. Tipo de Estudio**

El estudio será de carácter experimental, puesto que la idea del desarrollo del prototipo es poder explorar la Realidad Virtual en el ámbito del aprendizaje para una población que cuenta con condiciones sensoriales especiales. Requerirá de una investigación y acompañamiento continuo de profesionales para poder llegar a un producto que muestre una buena adaptación del entorno virtual a los objetivos planteados.

#### **4.2.2. Objetivos pedagógicos**

El prototipo busca contar de forma interactiva la historia del oso de anteojos para que el niño aprenda y refuerce valores como la justicia, el respeto y la empatía, integrando la narrativa con actividades que promuevan comprensión del relato y toma de decisiones dentro del entorno inmersivo.

#### **4.2.3. Usuarios y contexto**

La audiencia objetivo son niñas y niños del INCS entre 5 y 12 años con diversas condiciones sensoriales (visuales y/o auditivas), con poca o nula experiencia previa en realidad virtual, en entornos supervisados por profesionales del instituto para garantizar acompañamiento y seguridad durante la interacción.

#### **4.2.4. Plataforma y despliegue**

La primera versión se desarrollará para Meta Quest 3 en modo autónomo, con el objetivo estratégico de portar la experiencia a otros visores de la familia Meta Quest, manteniendo equivalencia funcional y de accesibilidad entre dispositivos para asegurar continuidad pedagógica.

#### **4.2.5. Accesibilidad y apoyos**

Se incorporan medidas de accesibilidad obligatorias: opciones de alto contraste, subtítulos permanentes, audio descriptivo, guía por voz, guía corriente y contenido audiovisual de apoyo antes y durante las actividades, a fin de reducir barreras de entrada y sostener la progresión dentro de la historia.

#### **4.2.6. Riesgos y mitigaciones**

Se reconocen riesgos de fatiga ocular y *motion sickness*; para mitigarlos se aplicarán técnicas de túnel (vignette) en locomoción, desplazamiento por teletransportación en lugar de joystick continuo y sesiones breves con pausas programadas, manteniendo supervisión profesional y criterios de detención segura.

#### **4.2.7. Procedimiento de levantamiento**

El análisis incluyó visitas al instituto para observar espacios y dinámica de interacción de los niños, entrevistas con profesionales para derivar requisitos, resolver dudas y co-idear adaptaciones, y revisión de literatura relacionada con el proyecto Colombia–Québec para alinear metas, ética y alcance.

#### 4.2.8. Métricas de éxito

Los indicadores principales de logro serán: completar el/los minijuegos previstos, número de errores por actividad, comprensión del relato medida con preguntas sencillas y el tiempo total requerido para completar la experiencia, como base para iteración y mejora.

#### 4.2.9. Identificación de Actividades para el Juego

Durante las reuniones con los profesionales del INCS, se encontró la necesidad de generar actividades lúdicas que se alineen con la continuidad de la historia y los objetivos pedagógicos, de tal forma que sean adecuados para la población objetivo. Estas actividades deben considerar los elementos más resaltantes de la narrativa, promover la participación activa de los niños en el entorno virtual y reforzar aspectos como:

1. **Comprensión de la historia:** Las actividades deben ayudar a los niños a entender y recordar los eventos clave del relato del oso de anteojos.
2. **Reconocimiento de valores:** Las actividades deben fomentar la reflexión sobre los valores de justicia, respeto y empatía presentados en la historia.
3. **Interacción con el entorno:** Las actividades deben ser interactivas y aprovechar las capacidades inmersivas de la realidad virtual para mantener el interés y la atención de los niños.
4. **Accesibilidad:** Las actividades deben ser diseñadas teniendo en cuenta las diversas condiciones sensoriales de los niños, asegurando que todos puedan participar plenamente.
5. **Reconocimiento de fauna y flora colombiana:** Las actividades deben incluir elementos que permitan a los niños identificar y aprender sobre la biodiversidad única de Colombia.
6. **Memoria y lógica:** Las actividades deben desafiar a los niños a utilizar sus habilidades cognitivas para resolver problemas y recordar detalles de la historia.
7. **Coordinación motriz:** Las actividades deben involucrar movimientos físicos que ayuden a mejorar la coordinación y la motricidad fina y gruesa de los niños.
8. **Reconocimiento de emociones:** Las actividades deben ayudar a los niños a identificar y comprender las emociones de los personajes de la historia.

Por tanto, se propuso diseñar minijuegos que integren estos aspectos. Tales como:

- **Preguntas de selección múltiple:** Preguntas que los niños deben responder basándose en sucesos ocurridos en la historia y en su propia capacidad de observación.
- **Juego de Escalado:** Un minijuego donde los niños deben ayudar al oso de anteojos a escalar árboles, promoviendo la coordinación motriz y el reconocimiento de la fauna y flora colombiana.
- **Juegos de Interacción con el Entorno:** Un minijuego que requiere que los niños interactúen con diferentes elementos del entorno virtual para avanzar en la historia, reforzando la comprensión del relato y la interacción con el entorno.
- **Juego de Captura:** Un minijuego donde los niños deben capturar a un animal, de tal forma que promueva la justicia y el respeto (específicamente, hacia el bien ajeno).

## 4.3. Definir

### 4.3.1. Requerimientos

A partir del análisis de usuarios, contexto y objetivos pedagógicos, se consolidó un conjunto de requisitos funcionales y no funcionales que garantizan accesibilidad, rendimiento y trazabilidad de la experiencia, sirviendo como base para diseño, implementación y validación con profesionales del INCS.

### 4.3.2. Requisitos Funcionales (RF)

- RF-01: El sistema mostrará un menú de inicio en VR con opciones de Iniciar Juego y Opciones.
- RF-02: El sistema debe permitirle al jugador elegir entre dos niveles de dificultad: novato y experto.
- RF-03: El sistema debe mostrar la historia mediante audio y subtítulos legibles, grandes y sencillos.
- RF-04: El sistema debe mostrar preguntas contextuales sencillas en cuadros de texto grandes con imágenes simples antes de los minijuegos.
- RF-05: El sistema debe mostrar una guía audiovisual de cómo se debe desarrollar cada minijuego.

### 4.3.3. Requisitos No Funcionales (RNF)

- RNF-01: Las texturas y colores deben ofrecer contrastes aptos para usuarios con dificultades visuales.
- RNF-02: El sistema debe ejecutarse a  $\geq 30$  FPS en el dispositivo objetivo.
- RNF-03: Deben usarse indicadores y guías claras y visibles en objetivos y zonas.
- RNF-04: Debe haber colisiones invisibles que impidan avanzar a zonas no permitidas.
- RNF-05: Compatibilidad con gafas Meta Quest 3.
- RNF-06: Arquitectura modular para facilitar mantenimiento y evolución.

### 4.3.4. Selección del entorno de desarrollo

La elección del entorno de desarrollo es crucial para garantizar la viabilidad técnica y la accesibilidad del prototipo. Se evaluaron diversas opciones considerando su madurez, facilidad de uso, mantenimiento, portabilidad y capacidad para integrar las características necesarias para el proyecto.

## Criterios de selección

Se priorizaron los siguientes criterios en la selección de tecnologías:

- **Fiabilidad:** se priorizó una pila madura, con soporte activo, documentación amplia y casos de uso consolidados en XR educativa y prototipado rápido, reduciendo riesgos técnicos en un entorno con sesiones cortas y supervisadas en el INCS.
- **Facilidad de manipulación:** se favorecieron herramientas con flujos de trabajo visuales, depuración sencilla en dispositivo y perfiles de entrada accesibles (voz, subtítulos, vibración, alto contraste) para iterar con terapeutas y población infantil.
- **Mantenimiento:** se buscó modularidad por escenas/paquetes, configuración por ScriptableObjects, y separación de lógica, datos y presentación para facilitar cambios en narrativa, actividades y accesibilidad sin refactorizaciones costosas.
- **Portabilidad:** se eligieron APIs estándar XR y paquetes oficiales para minimizar acoplamientos específicos, apuntando a portabilidad intra-ecosistema Meta (Quest 2/3/Pro) y reduciendo retrabajo en perfiles de rendimiento.

## Motor de desarrollo: Unity

Unity ofrece un ecosistema consolidado para XR con pipeline de render flexible, perfiles de calidad por dispositivo y perfiles de entrada configurables, lo que acelera prototipado y pruebas con usuarios en contextos educativos.

Se recomienda emplear los siguientes paquetes y librerías:

- **XR Plugin Management y OpenXR de Unity:** proporcionan estandarización en interacción y evitan SDKs propietarios que limiten la portabilidad.
- **XR Interaction Toolkit:** facilita interacciones de mano/controlador, locomoción por teletransporte y otras mecánicas de entrada accesibles.
- **TextMesh Pro:** para tipografía de alto contraste y gran tamaño.
- **Paquetes de Accessibility/Localization:** para subtítulos y guía en voz.
- **Input System:** para mapear esquemas accesibles y alternativos, manteniendo la base en APIs soportadas por el runtime XR.

La división por escenas (portada, tutorial, minijuegos, cierre), prefabs reutilizables y configuración de actividades por datos permite que terapeutas sugieran ajustes sobre parámetros sin modificar código central, facilitando iteraciones de diseño inclusivo.

## Hardware base: Meta Quest 3

**Accesibilidad al desarrollo:** La línea Quest permite despliegue autónomo (standalone) con instalación directa del paquete y herramientas de depuración sobre Wi-Fi/USB, lo que simplifica ciclos de prueba en el INCS sin infraestructura adicional de PC VR.

**Capacidades de hardware:** Al combinar capacidad de cómputo móvil, seguimiento integrado y controladores hapticos, Quest 3 soporta experiencias inmersivas con audio espacial y retroalimentación vibratoria, adecuadas para actividades guiadas y narrativa con accesibilidad perceptual.

**Comodidad y sesiones:** El formato standalone reduce cableado y distracciones, facilitando sesiones cortas con pausas programadas, integrando técnicas de locomoción segura (teletransporte) y viñeteado para mitigación de mareo.

### Facilidad de manipulación

**Software:** El ciclo editar-probar-medir es ágil con perfiles de calidad, capturas de rendimiento y logs de eventos (intentos, tiempos, aciertos/errores), lo que facilita observar impacto de cambios en accesibilidad y narrativa por iteración.

**Hardware:** La instalación directa en Quest 2/3 habilita pruebas de campo y observación no intrusiva, incluso sin proyección espejo, siguiendo el avance por señales auditivas cuando sea necesario, en línea con el protocolo aplicado en las visitas al INCS.

### Mantenibilidad

**Arquitectura modular:** La separación de lógica de juego, controladores de accesibilidad (contraste, subtítulos, audio descriptivo), y datos de actividades permite integrar nuevas escenas/retos sin afectar el núcleo, conservando la trazabilidad con requisitos y criterios de aceptación.

**Instrumentación ligera:** Los registros de eventos y métricas de rendimiento se mantienen desacoplados de la lógica de escena, facilitando análisis posterior y resguardo de privacidad/consentimiento según lineamientos éticos reportados.

### Portabilidad dentro de Meta Quest

Aunque el desarrollo se centra en Meta Quest 3, el objetivo es que la aplicación sea portable al menos al resto de la serie Meta Quest (p. ej., Quest 2), ajustando perfiles de calidad, texturas y presupuesto de geometría para mantener accesibilidad y rendimiento.

Al basarse en OpenXR, XR Interaction Toolkit y paquetes oficiales, la dependencia de SDKs específicos se reduce, y el esfuerzo de portabilidad se enfoca en tuning de rendimiento, escalado de UI accesible y validación de interacciones en cada dispositivo objetivo.

Este conjunto de decisiones equilibra fiabilidad y velocidad de iteración con requisitos de accesibilidad, mantenimiento y validación en campo, conservando la posibilidad de ampliar la cobertura a más dispositivos dentro del ecosistema Meta sin comprometer la experiencia educativa ni la calidad técnica del prototipo.

## 4.4. Diseño

El siguiente apartado detalla las decisiones de diseño tomadas para cumplir con los requisitos funcionales y no funcionales establecidos en la fase anterior, enfocándose en aspectos clave

como la narrativa, mecánicas de juego, accesibilidad y mitigación de riesgos.

#### 4.4.1. Mecánicas de los juegos

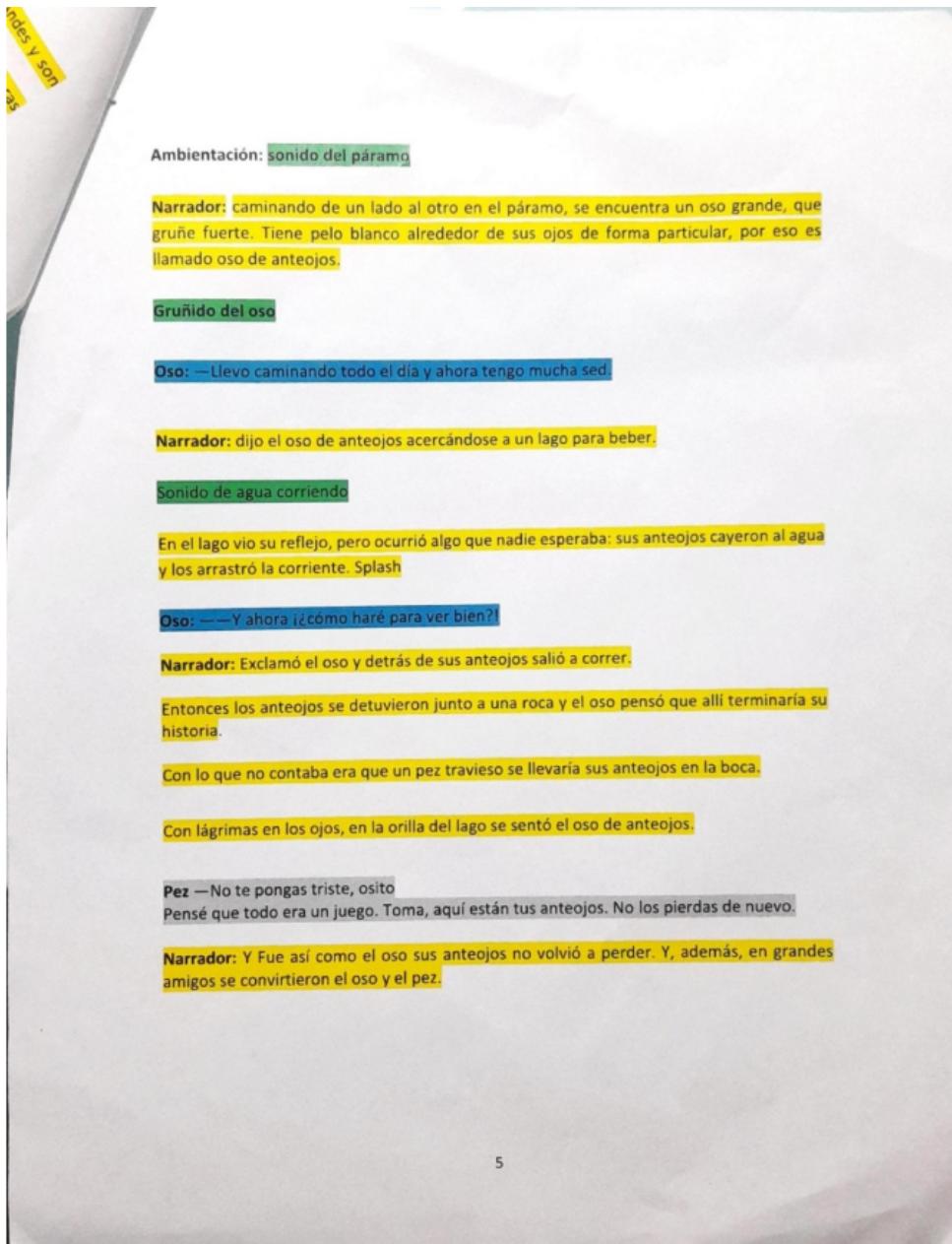
Teniendo en cuenta el enfoque para las actividades propuesto en 4.2.9, se optó por diseñar una serie de minijuegos que fueran fieles a la linealidad de la narrativa y representaran un reto para los niños, de tal forma que se mantuviera su interés y motivación a lo largo de la experiencia y a su vez se reforzaran los objetivos pedagógicos planteados. Cada minijuego se diseñó para ser intuitivo y accesible, con controles simples y una guía tanto visual como auditiva para facilitar la comprensión y participación de los niños. Los minijuegos realizados fueron los siguientes:

1. **Comida Favorita del Oso:** Consiste en una pregunta de selección múltiple en la que se le presenta al niño tres opciones de comidas favoritas distintas, pero solo una es la correcta. El oso menciona su comida favorita desde el inicio de la historia, por lo que el niño debe recordar esta información para responder correctamente.
2. **Conseguir las Bromelias:** Ahora el niño deberá de escalar un árbol que contiene bromelias para poder alimentar al oso de anteojos. El niño debe usar las manos para agarrar las bromelias y poder comérselas.
3. **Líquido para Beber:** Consiste en una pregunta de selección múltiple en la que se le presenta al niño tres opciones de líquidos para saciar la sed del oso. El niño deberá reconocer intuitivamente el líquido perfecto para poder ayudar al oso (en este caso, el agua).
4. **Beber el Agua:** El niño deberá de ayudar al oso a beber agua de un lago. Para esto, el niño debe usar sus manos para llenar un vaso con agua y luego llevarlo a la boca del oso para que pueda beber.
5. **Reconocer los Sentimientos del Oso:** Consiste en una pregunta de selección múltiple en la que se le presenta al niño tres opciones de sentimientos distintos. El niño deberá reconocer el sentimiento del oso basándose en las pistas contextuales proporcionadas durante la narrativa.
6. **Atrapar al pez:** El niño deberá ayudar al oso a atrapar un pez en un lago, el cual se llevó las gafas del oso. Para esto, el niño debe usar sus manos para tratar de atrapar al pez mientras este trata de huir de él. Con esto se busca trabajar la motricidad fina, la coordinación ojo-mano y enfatizar los valores de justicia y respeto.

Los detalles sobre la implementación de cada uno de estos minijuegos se encuentran en la sección ?? correspondiente a la implementación del prototipo.

#### 4.4.2. Narrativa

La narrativa del prototipo sigue el relato del "Oso que Perdió sus Anteojos", una historia diseñada por los profesionales del INCS en colaboración con el proyecto Colombia-Quebec. La historia trata sobre un oso de anteojos que buscaba un lago para poder tomar agua, pero pierde sus gafas cuando se agacha a beber, a lo que un pez llega y se lleva las gafas del oso. El oso se pone triste, a lo que el pez se siente culpable y decide devolverle las gafas al oso (Ver Figura 4.2).



5

Figura 4.2: Imagen ilustrativa del cuento "El Oso que Perdió sus Anteojos" proporcionada por el INCS.

No obstante, para poder adaptar la narrativa al entorno de realidad virtual y a los objetivos pedagógicos planteados, se vio necesario realizar algunas modificaciones en la historia original. Con ayuda de los profesionales del INCS, la historia fue adaptada para incluir nuevos elementos que permitieran realizar los minijuegos propuestos. Por ejemplo, se añadió la necesidad del oso de alimentarse con bromelias y tener que atrapar al pez, lo que permitió incluir minijuegos relacionados con estas actividades. De esta manera, el relato del "Oso que Perdió sus Anteojos" quedó de la siguiente manera:

Narrador: Esta es la historia del oso que perdió sus anteojos.

Oso: ¡Hola, amigo! ¿Cómo estás? ¡Espero que muy bien! (rugido de tripas) Tengo muuuucha hambre, ¿me ayudas a encontrar comida? Me gustan mucho las bromelias

[El oso extiende su pata, se le avisa al jugador por texto, audio y video que toque la pata del

oso.]

[El jugador toca la pata y se convierte en el oso]

[ Se teletransporta a la zona 1]

Narrador: El señor oso tiene mucha hambre, ¿cuál es la comida favorita del oso?

[Se abren 3 cuadros de selección con los siguientes textos]:

- Manzana, acompañado de una imagen del objeto y el audio del objeto hablado.
- Bromelia, acompañado de una imagen del objeto y el audio del objeto hablado.
- Zanahoria, acompañado de una imagen del objeto y el audio del objeto hablado.

[Si se selecciona mal, la opción se oscurece y muestra una "X" roja, deshabilitándose acompañado de un sonido de error]

[Se selecciona aleatoriamente los siguientes diálogos]:

- Narrador: Mmm nooo, creo que al oso no le gusta eso.
- Narrador: ¡Estuviste cerca!, pero el oso no quiere eso.
- Narrador: Noo, no es correcto, ¡inténtalo nuevamente!

[Si se selecciona bien, se reproduce un sonido de acierto acompañado de un chulo verde al cuadro de selección]

Oso: ¡Muy bien! ¡Ese árbol de ahí tiene bromelias! ¿Me ayudarías a conseguir las bromelias?

[Comienza un minijuego de escalar: Se da un tutorial vía texto, audio y video incluido para el desarrollo del juego]

[Termina el juego]

Oso: Mmm qué rico, ¡muchas gracias! (jadeante) Ahora tengo sed.

Narrador: El oso tiene sed, ¿qué puede tomar el oso para calmar su sed?

[Se abren 3 cuadros de selección con los siguientes textos]:

- Agua, acompañado de una imagen del objeto y el audio del objeto hablado.
- Café, acompañado de una imagen del objeto y el audio del objeto hablado.
- Jugo, acompañado de una imagen del objeto y el audio del objeto hablado.

[Si se selecciona mal, la opción se oscurece y muestra una "X" roja, deshabilitándose acompañado de un sonido de error]

[Se selecciona aleatoriamente los siguientes diálogos]:

- Narrador: Nooo, el oso no puede tomar eso.
- Narrador: Mmm, creo que no es correcto.
- Narrador: Noo, no es correcto, ¡inténtalo nuevamente!

[Si se selecciona bien, se reproduce un sonido de acierto acompañado de un chulo verde al cuadro de selección, y se teletransporta la zona cerca al lago]

Narrador: ¡Mira! ¡Un vaso para tomar agua! ¿Ayudas al oso a tomar agua?

[Empieza el minijuego de tomar agua, el niño debe introducir el vaso al lago, y luego hacer el gesto de tomar agua (3 veces en fácil y 5 veces en difícil) hasta que se llene una barra]

[Una vez terminado del minijuego, se muestran las gafas del oso en frente del jugador para posteriormente caer al lago]

Oso: ¡Oh no! Mis gafas (en tono triste y llorando)

Narrador: ¡Oh no! El oso está llorando mucho, ¿cómo crees que se siente el oso?

[Se abren 3 cuadros de selección con los siguientes textos]:

- Enojado, acompañado de una imagen representando la emoción y el audio de la emoción hablada.
- Alegre, acompañado de una imagen representando la emoción y el audio de la emoción hablada.
- Triste, acompañado de una imagen representando la emoción y el audio de la emoción hablada.

[Si se selecciona mal, la opción se encierra descartándose, deshabilitándose acompañado de un sonido de error]

[Se selecciona aleatoriamente los siguientes diálogos]:

- Narrador: ¡Nooo! El oso no está enojado.
- Narrador: ¡Casi aciertas! Pero el oso no se siente así.
- Narrador: Noo, no es correcto, ¡inténtalo nuevamente!

[Aparece un pez y agarra las gafas]

Pez: Me gustan estas gafas, ¡ahora son mías! (Tono malicioso)

Oso: ¡Noo, son mías! (molesto)

[Comienza el minijuego: el niño deberá atrapar al pez (dependiendo de la dificultad, el pez es más rápido o lento)]

[El niño logra atrapar al pez]

Pez: Vale, perdón perdón, tranquilo, es broma. Suéltame por favor.

[El jugador suelta al pez]

Pez: Toma [El pez intenta darle las gafas al oso, pero se le caen al agua hacia el río]

Pez: ¡Oh no! ¡Lo siento!

Oso: Yo quiero mis gafas, ¿me ayudas?

Pez: Sí, yo te ayudo, confía en mí

[El pez se sumerge para recuperar las gafas]

[El pez emerge a la superficie con las gafas]

Oso: ¡Mis gafas! ¡Gracias por recuperarlas amigo!

[El jugador agarra las gafas y se las pone]

[El jugador vuelve a transformarse en humano]

Oso: ¡Gracias, compañero! ¡Choquen esos 5!

[Chocan los 5 y se termina el juego]

#### 4.4.3. Interfaz

Con el objetivo de cumplir con los requisitos RF-01, RF-02 y RF-04 presentados en 4.3.2, se propuso desarrollar una interfaz que priorizara el simplismo y la claridad visual, utilizando elementos de alto contraste y tipografía grande para facilitar la lectura y comprensión por parte de los niños. La interfaz se diseñó para ser intuitiva, con iconografía clara y botones grandes que faciliten la interacción en un entorno de realidad virtual. La idea inicial del diseño de la interfaz se encuentra en las Figuras 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9.



Figura 4.3: Imagen ilustrativa del diseño inicial del menú principal del prototipo.

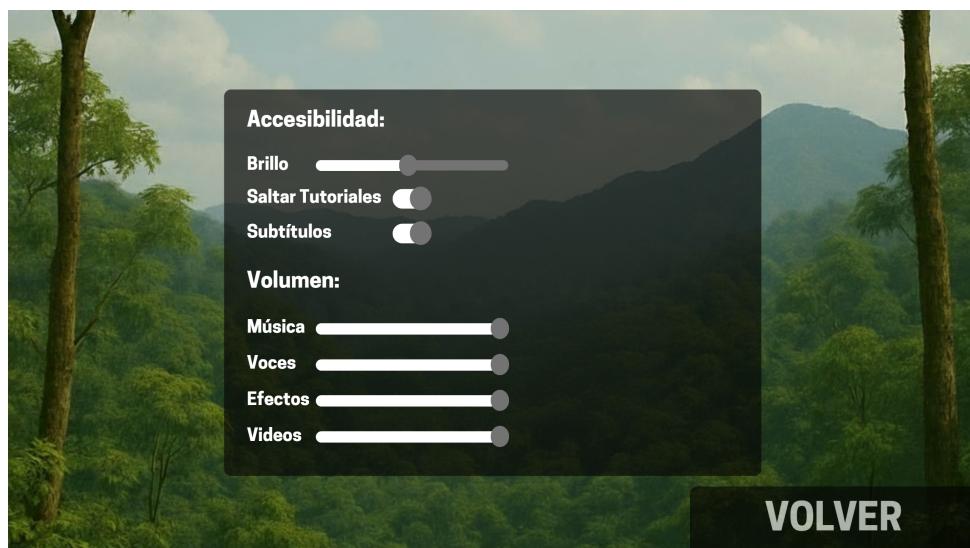


Figura 4.4: Imagen ilustrativa del diseño inicial de las opciones de configuración del prototipo.



Figura 4.5: Imagen ilustrativa del diseño inicial para el selector de dificultad del prototipo.



Figura 4.6: Imagen ilustrativa del diseño inicial de las preguntas.



Figura 4.7: Imagen ilustrativa del indicador de saciedad para el minijuego de tomar agua.



Figura 4.8: Imagen ilustrativa del indicador de saciedad para el minijuego de comer bromelias.

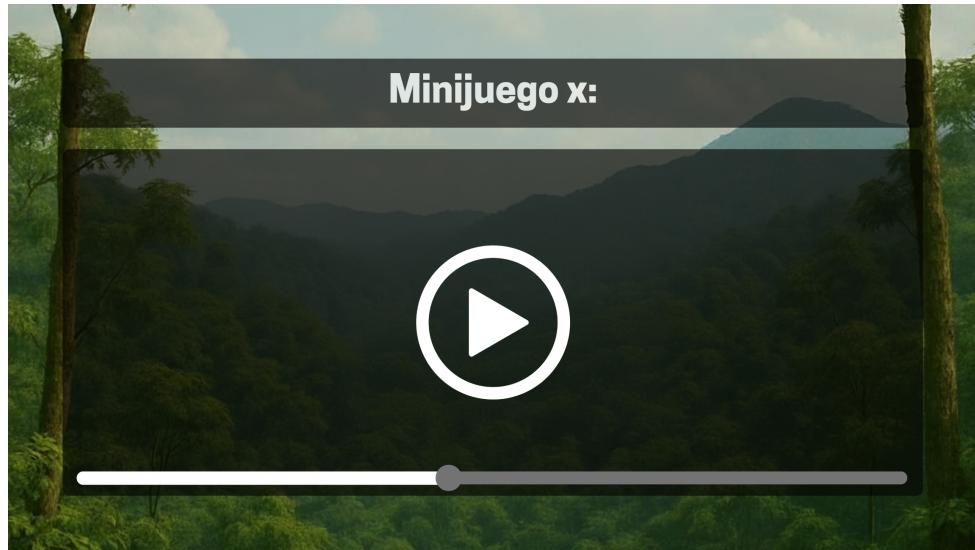


Figura 4.9: Imagen ilustrativa de los tutoriales.

#### 4.4.4. Diagrama de Flujo

El siguiente diagrama de flujo (Figura 4.10) muestra el orden en el que ocurren los eventos dentro del prototipo y cuándo se presenta cada uno de los minijuegos al usuario.

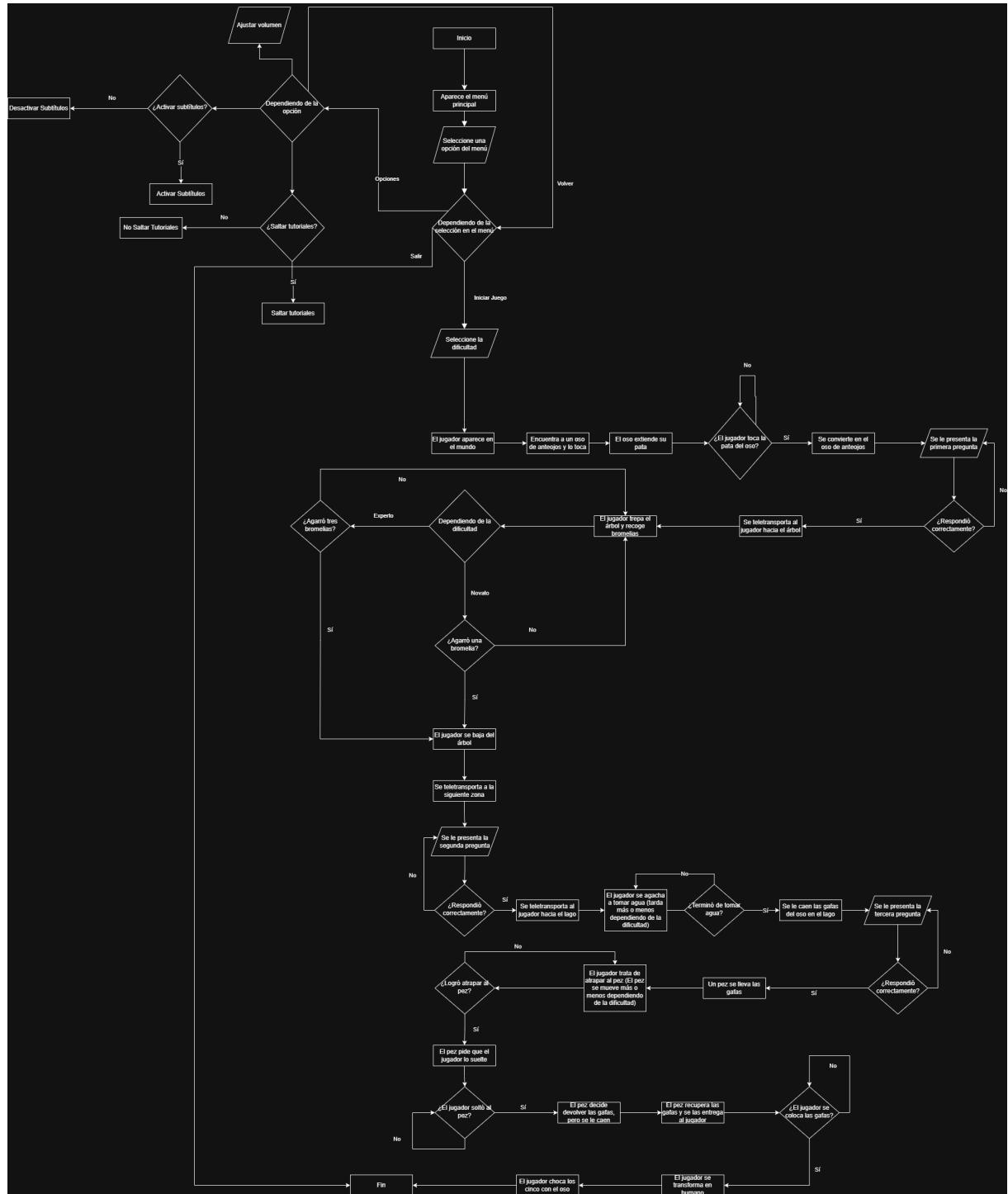


Figura 4.10: Diagrama de Flujo del prototipo.

#### 4.4.5. Diagrama de casos de uso

El siguiente diagrama de casos de uso (Figura 4.11) ilustra las interacciones entre el usuario y el sistema, destacando las funcionalidades principales del prototipo.

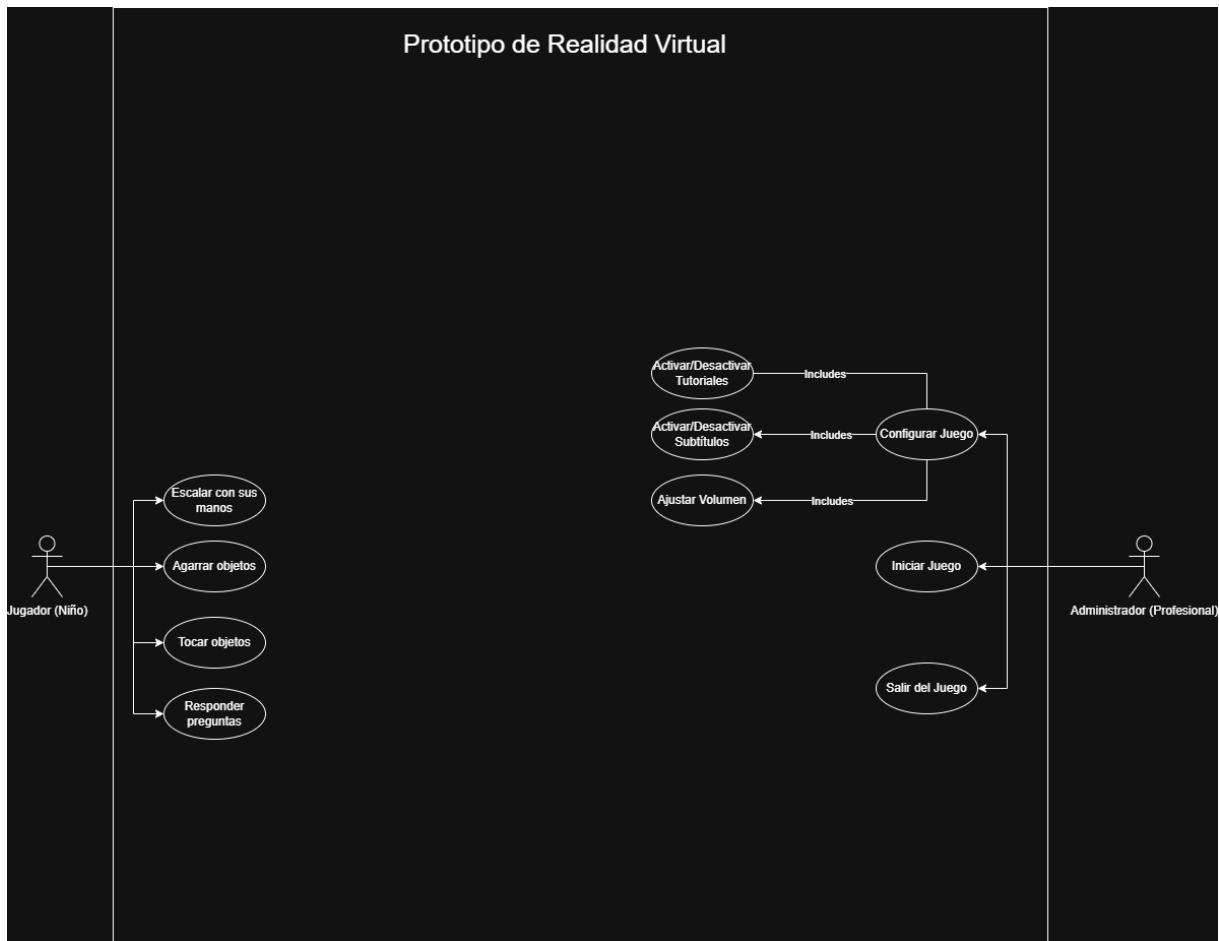


Figura 4.11: Diagrama de Casos de Uso del prototipo.

## 4.5. Idear

El siguiente apartado detalla la fase de ideación del proyecto, donde se evalúa el diseño del entorno en el que se desarrollará el prototipo, los personajes involucrados y las mecánicas necesarias para implementar los minijuegos planteados. El objetivo era encontrar un diseño de entorno adecuado para el desarrollo de los minijuegos y un diseño de personajes que fuera atractivo para el público objetivo. Además, todos los diseños debían encontrarse lo suficientemente optimizados para garantizar un buen rendimiento en el dispositivo objetivo.

### 4.5.1. Diseño del Entorno

El diseño del entorno se fundamentó en la riqueza biológica y paisajística de los bosques andinos colombianos, ecosistemas biodiversos y culturalmente significativos que sirven de hábitat natural para el oso de anteojos. A través de investigación visual y referencias de ecosistemas como el Bosque Andino de Iguaque, se capturó la esencia del contexto donde habita el protagonista, integrando vegetación típica, cuerpos de agua y topografía característica para fortalecer la inmersión narrativa y el aprendizaje contextual sobre conservación ambiental.

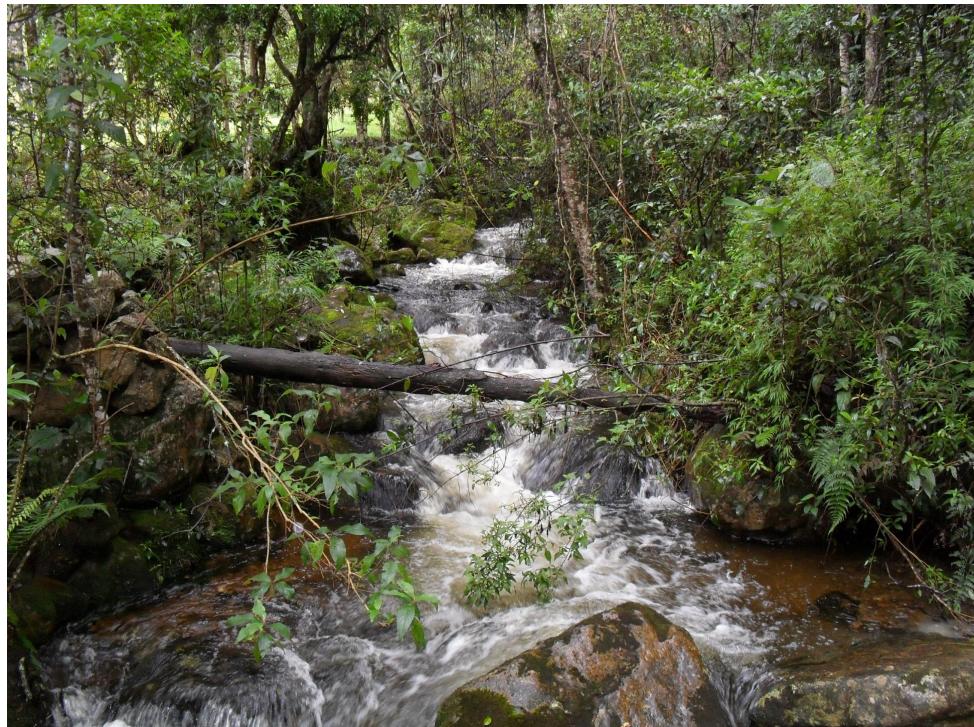


Figura 4.12: Referencia visual del Bosque Andino de Iguaque, inspiración para el diseño del entorno del prototipo.

#### 4.5.2. Iteración de diseño: XR Academia y validación temprana

Durante la etapa de diseño se presentó una versión alpha del prototipo en la XR Academia, lo que permitió recopilar retroalimentación crítica de expertos y usuarios potenciales. En esta iteración se observó que la versión inicial del terreno (Ver figura: 4.13), aunque visualmente atractiva con alto nivel de detalle, no cumplía con los requisitos de fluidez y rendimiento necesarios para la ejecución nativa en gafas Quest 3. Adicionalmente, se identificó que los pequeños detalles visuales podían distraer la atención de niñas y niños durante la experiencia inmersiva, interfiriendo con los objetivos pedagógicos y la concentración en la narrativa.

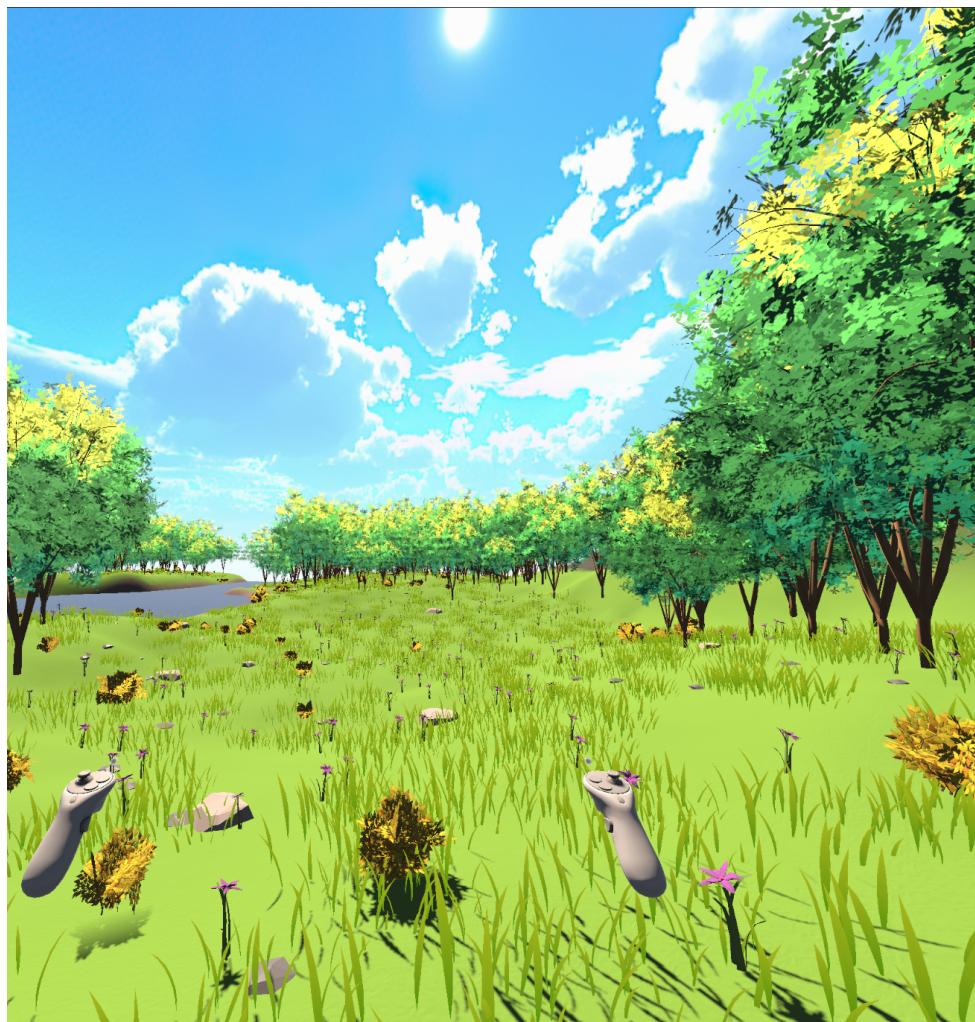


Figura 4.13: Versión inicial del terreno (v1) con alto nivel de detalle visual y polígonos, utilizada en XR Academia para validación temprana.

### 4.5.3. Optimización de terreno para requisitos de rendimiento

A partir de la retroalimentación, se optó por un diseño de terreno más simple que mantuviera la estética visual del ecosistema andino mientras cumplía con los requisitos de rendimiento y fluidez. La simplificación incluyó reducción de polígonos, eliminación de detalles secundarios y una paleta de colores clara con contraste visual adecuado para usuarios con diversidad sensorial, manteniendo coherencia con los requisitos no funcionales de accesibilidad (RNF-3) y rendimiento (RNF-2).

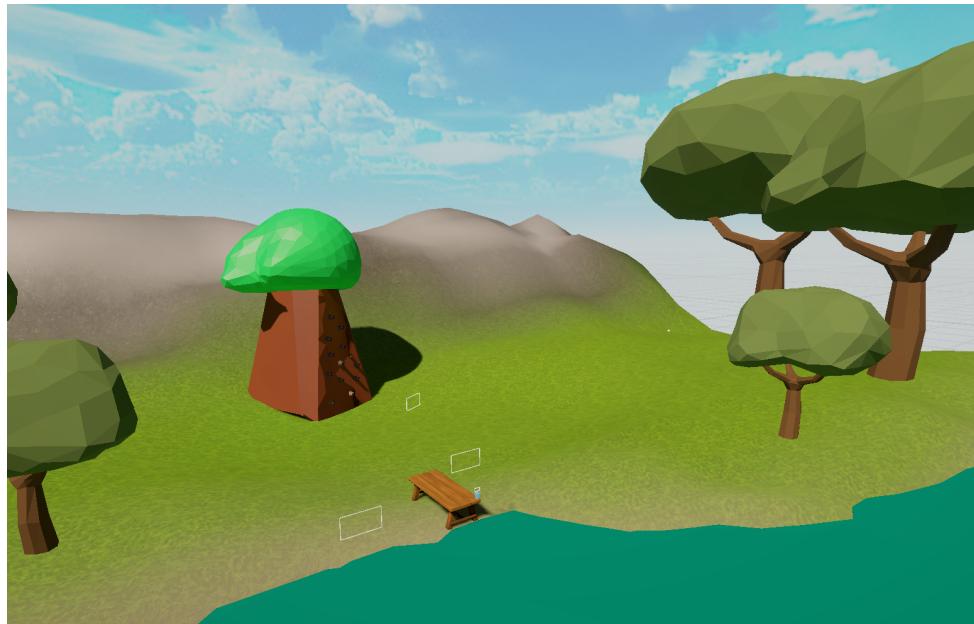


Figura 4.14: Versión optimizada del terreno, reducida en polígonos y detalles, manteniendo la estética del Bosque Andino y asegurando rendimiento en dispositivo.

#### 4.5.4. Diseño de zonas de acción y minijuegos

Las zonas de acción fueron diseñadas de manera específica para cada minijuego definido en la sección de Actividades 4.4.1, siguiendo principios de claridad visual, accesibilidad y optimización de recursos.

##### Zona de escalada: árbol interactivo

Para el minijuego de escalada se diseñó un árbol sencillo y de bajo conteo poligonal, priorizando interactividad y facilidad de modelado. El árbol se optimizó para permitir puntos de agarre claros y visibles, con un modelo simplificado que facilita la experiencia de escalada sin sobrecargar el dispositivo. (Ver Figura 4.15).



Figura 4.15: Zona de escalada con árbol interactivo de bajo conteo poligonal, diseñado para la primera actividad del prototipo.

#### Elemento botánico: bromelia modelada con tecnología generativa

Para la inclusión de flora nativa del ecosistema andino, se utilizó la herramienta Meshy para generar un modelo 3D de bromelia (*Bromelia sp.*), planta característica del Bosque Andino. Posterior a la generación, se realizaron ajustes iterativos de geometría (reducción de polígonos), texturización y materiales para optimizar la experiencia visual sin comprometer rendimiento. La bromelia se integró como elemento narrativo y visual clave en el entorno. Ver Figuras 4.16 y 4.17.

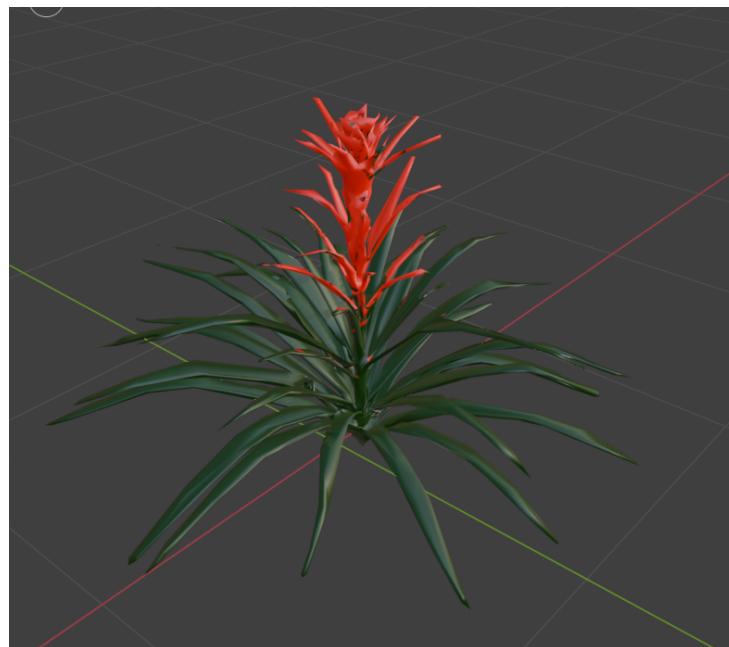


Figura 4.16: Modelo de bromelia generado con Meshy y ajustado en Blender para optimización de polígonos y texturización.



Figura 4.17: Bromelia final integrada en el entorno Unity con texturas y materiales optimizados.

### Zona acuática: lago y minijuegos de agua

Para los minijuegos 2 y 3 se diseñó una zona acuática compuesta por un lago con agua simplificada (shader de agua básico para mantener rendimiento) y elementos de interacción. Se agregó una mesa y un vaso como elementos interactivos para el minijuego de tomar agua, diseñados con claridad visual y accesibilidad para usuarios con diversidad sensorial. La zona acuática se optimizó para garantizar fluidez y facilidad de navegación (Ver Figura 4.18).



Figura 4.18: Zona acuática con lago y mesa para el minijuego de tomar agua, mostrando simplicidad de formas y claridad visual.

### Personaje: modelo del oso de anteojos

El modelo tridimensional del oso de anteojos fue proporcionado por el director del proyecto, Dr. Andrés Navarro Newball, cuyos ajustes técnicos incluyeron optimización de geometría

(reducción de polígonos) y desarrollo completo de texturización y materiales. El resultado es un personaje con presencia visual clara, apropiado para población infantil y coherente con los objetivos narrativos de empatía y conexión emocional. Por ello, se priorizó un diseño amigable y expresivo que facilite la identificación del usuario con el protagonista (Ver Figura 4.19).



Figura 4.19: Modelo del oso de anteojos utilizado como personaje principal, con texturización y materiales finales optimizados.

#### 4.5.5. Estrategia de una única escena

El prototipo fue desarrollado en una única escena Unity que integra todas las zonas de acción, el personaje principal y los elementos de narrativa. Esta decisión de diseño se justifica por: (i) facilitar el desempeño y carga en dispositivo standalone; (ii) permitir navegación y transiciones fluidas sin interrupciones de carga; (iii) simplificar la gestión de estado global y eventos narrativos; y (iv) minimizar el tamaño del ejecutable para instalación directa en Meta Quest. La arquitectura de una escena centralizada facilita también la instrumentación de telemetría y registro de eventos de interacción para análisis posterior con profesionales del INCS.

#### Pez:

Para el caso del pez, se optó por encontrar un modelo 3D ya existente en línea que cumpliera con los requisitos de optimización y estética necesarios para el prototipo. Se seleccionó un pez de un color rojo vibrante que contaba con una cantidad adecuada de polígonos para garantizar un buen rendimiento en el dispositivo objetivo (Ver Figura 4.20).

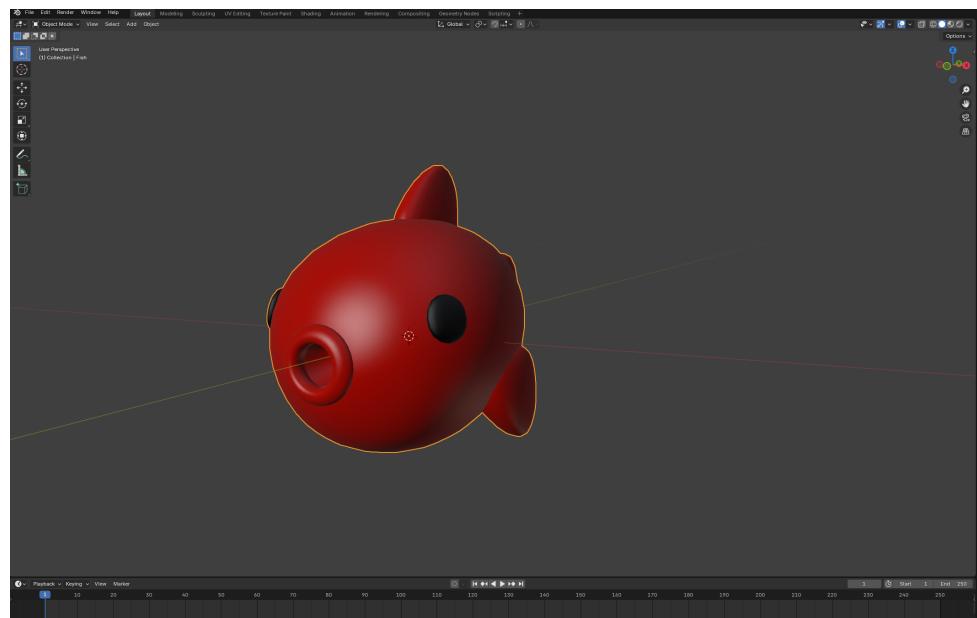


Figura 4.20: Muestra del modelo 3D seleccionado para el pez en Blender.

# **Capítulo 5**

## **Implementación**

...

# **Capítulo 6**

## **Validación y Resultados**

### **6.1. Plan de Pruebas**

El plan de pruebas define el alcance, los escenarios, los participantes, los procedimientos y los instrumentos de evaluación para verificar el cumplimiento de los requisitos del prototipo de realidad virtual y valorar su utilidad pedagógica en niñas y niños con diversidad sensorial en el INCS.

#### **6.1.1. Alcance y objetivos**

El alcance cubre la validación de requisitos funcionales y no funcionales, la evaluación de usabilidad y confort, la verificación de completitud del juego, y la comprensión de elementos textuales y auditivos, con observación y validación por profesionales del INCS.

#### **6.1.2. Aprobación ética**

Al involucrar sujetos humanos, la aprobación de todos los procedimientos y protocolos éticos y experimentales fue otorgada por el Comité de Ética de la Investigación del Instituto para Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca (Comité de Ética de la Investigación INCS) bajo la Solicitud No. INV-2020-007, del 30 de junio de 2020, y realizada de acuerdo con las resoluciones 8430 (1994) y 2378 (2008) del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. En el futuro, estas pruebas y ajustes permitirán perfeccionar el sistema, ampliando su aplicabilidad a escenarios más diversos.

#### **6.1.3. Participantes y entorno**

Participarán profesionales del INCS y un grupo piloto de niñas y niños entre 5 y 12 años con condiciones visuales y/o auditivas, con acompañamiento permanente del personal del instituto en espacios controlados del INCS. Las sesiones se planifican con tiempos acotados, pausas programadas y configuración accesible (alto contraste, subtítulos permanentes) para mitigar fatiga ocular y síntomas de ciber-cinetosis.

### 6.1.4. Procedimiento

Se visitó el INCS para la ejecución de las pruebas en campo, utilizando gafas Meta Quest 2 como dispositivo de ejecución del prototipo en su modalidad autónoma. Se realizó la instalación de la aplicación en las gafas y, posteriormente, se condujeron pruebas observacionales en las que únicamente el niño veía el juego, mientras el equipo evaluaba el avance por medio de los audios y señales emitidas por el visor, sin proyección externa ni ayuda visual para los observadores. Este enfoque permitió analizar si el niño completaba el juego guiándose por las instrucciones auditivas y la narrativa, y observar patrones de interacción y comprensión sin influencia del observador.

## 6.2. Validación de Requisitos

Se valida el cumplimiento de los requisitos funcionales (RF) y no funcionales (RNF) mediante criterios de éxito observables, evidencia directa en sesión (observación, telemetría simple) y juicio experto de profesionales del INCS.

### 6.2.1. Requisitos Funcionales

Cuadro 6.1: Validación de Requisitos Funcionales

| RF  | Nombre                      | Criterio de Éxito                                | Validación (Evidencia)   |
|-----|-----------------------------|--|--|
| RF1 | Interfaz y accesos          | Comprensión y tiempo de aprendizaje $\leq 2$ min | Observación de interacción inicial y preguntas de verificación |
| RF2 | Narrativa accesible         | Audio y subtítulos legibles, sincronizados       | Lista de chequeo de contraseña/tamaño y revisión experta       |
| RF3 | Guía previa a minijuegos    | Guía audiovisual reproducida antes de iniciar    | Confirmación del niño y observación de ejecución acorde        |
| RF4 | Retroalimentación inmediata | Feedback $\leq 200$ ms tras acción válida        | Juicio experto y telemetría simple de eventos                  |
| RF5 | Registro de desempeño       | Tiempos e intentos por actividad almacenados     | Verificación de logs y consistencia de eventos                 |

## 6.2.2. Requisitos No Funcionales

Cuadro 6.2: Validación de Requisitos No Funcionales

| RNF  | Nombre                      | Criterio de Éxito                                       | Validación (Métrica/Evidencia)                      |
|------|-----------------------------|---|---|
| RNF1 | Compatibilidad              | Ejecución estable en Meta Quest 2/3                     | Sesiones completas sin cierres ni errores           |
| RNF2 | Rendimiento                 | $\geq 60$ FPS sostenidos                                | Telemetría de frame time                            |
| RNF3 | Accesibilidad perceptual    | Alto contraste, tipografía legible y subtítulos activos | Lista de chequeo y validación experta               |
| RNF4 | Confort y seguridad         | Sin síntomas moderados; pausas y teletransporte activos | Observación y reporte post-sesión                   |
| RNF5 | Privacidad y consentimiento | Datos anónimos con consentimiento de acudiente          | Verificación de consentimientos y política de datos |

## 6.3. Evaluación de las Pruebas

Las encuestas se diseñaron para recoger, por un lado, el juicio experto de terapeutas sobre utilidad educativa, adecuación terapéutica y oportunidades de mejora del prototipo, y por otro, impresiones clave de niñas y niños sobre disfrute, facilidad e intención de reuso; en conjunto, estas preguntas permiten triangulación con la observación y la telemetría para valorar usabilidad, comprensión y potencial de adopción en el contexto del INCS.

### 6.3.1. Encuesta a Terapeutas

Cuadro 6.3: Cuestionario aplicado a terapeutas

| # | Pregunta  |
|---|---|
| 1 | ¿Cuál es la utilidad de esta aplicación para el instituto? ¿Cómo la utilizaría? |
| 2 | ¿Qué facilidades o dificultades encontró al utilizar la app?                    |
| 3 | ¿Qué tan útil encuentra la aplicación?  |
| 4 | ¿Qué le cambiaría a la aplicación?  |
| 5 | Califique de 1 a 6 la aplicación.   |

Estas preguntas buscan documentar valor pedagógico percibido, condiciones de uso en escenarios reales, barreras y facilitadores, además de priorizar mejoras según la experiencia clínica y educativa del equipo profesional del INCS.

### 6.3.2. Encuesta a Niñas y Niños

Cuadro 6.4: Cuestionario aplicado a niñas y niños

| # | Pregunta                             |
|---|--------------------------------------|
| 1 | ¿Te gustó? (sí/no)                   |
| 2 | ¿Te pareció fácil? (sí/no)           |
| 3 | ¿Te gustaría volver a jugar? (sí/no) |

Estas preguntas breves priorizan comprensión y respuesta rápida acorde con la edad objetivo y condiciones sensoriales, capturando disfrute, facilidad e intención de reuso como indicadores prácticos de aceptación y usabilidad inicial del prototipo en contexto.

# **Capítulo 7**

## **Conclusiones**

...

# **Capítulo 8**

## **Trabajo Futuro**

...

# **Bibliografía**

# Bibliografía

- [1] “Biodiversidad de Colombia en cifras 2022 - SiB Colombia — biodiversidad.co,” <https://biodiversidad.co/post/2022/biodiversidad-colombia-cifras-2022/>, 2022, [Accessed 01-02-2025].
- [2] “Tráfico ilegal - Secretaría Distrital de Ambiente — ambientebogota.gov.co,” <https://www.ambientebogota.gov.co/trafico-ilegal>, [Accessed 01-02-2025].
- [3] “WCS LANZA SU CAMPAÑA ‘HAY VIAJES QUE MARCAN VIDAS’, CON LA QUE BUSCA SENSIBILIZAR SOBRE EL TRÁFICO DE FAUNA SILVESTRE EN AEROPUERTOS — colombia.wcs.org,” <https://colombia.wcs.org/es-es/WCS-Colombia/Noticias/articleType/ArticleView/articleId/23455/WCS-LANZA-SU-CAMPANA-HAY-VIAJES-QUE-MARCAN-VIDAS-CON-LA-QUE-BUSCA-SAR-SOBRE-EL-TRAFICO-DE-FAUNA-SILVESTRE-EN-AEROPUERTOS.aspx>, [Accessed 02-02-2025].
- [4] O. Mujeres, UNFPA, and UNICEF, “Análisis de la situación de las personas con discapacidad en Colombia 2021,” <https://colombia.unwomen.org/sites/default/files/2022-05/Discapacidad.pdf>, 2021, [Accessed 01-02-2025].
- [5] G. Restrepo, E. C. Prakash, S. E. Dashti, A. D. Castillo S., J. Gómez, L. Oviedo, J. Floyd, J. Aycardi, J. Trejos, J. González, M. V. Sierra, and A. A. Navarro-Newball, “Extended realities for sensorially diverse children,” [10.1109/MCG.2024.3419699](https://doi.org/10.1109/MCG.2024.3419699), pp. 26–39, 2024, [Accessed 01-02-2025].
- [6] A. A. Navarro-Newball, “Realidades expandidas inteligentes para la innovación en la cultura digital,” <https://doi.org/10.25267/Periferica.2023.i24.12>, pp. 128–141, ene. 2024, [Accessed 01-02-2025].
- [7] M. Farshid, J. Paschen, T. Eriksson, and J. Kietzmann, “Go boldly!: Explore augmented reality (ar), virtual reality (vr), and mixed reality (mr) for business,” <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000768131830079X>, pp. 657–663, 2018, [Accessed 01-02-2025].
- [8] G. Yildirim, M. Elban, and S. Yildirim, “Analysis of use of virtual reality technologies in history education: A case study,” pp. 62–69, Jun. 2018, [Accessed 01-02-2025].
- [9] J. Zheng, K. Chan, and I. Gibson, “Virtual reality,” pp. 20–23, 1998, [Accessed 01-02-2025].
- [10] J. L. Orihuela, “Narraciones interactivas: el futuro no lineal de los relatos en la era digital,” <https://palabraclave.unisabana.edu.co/index.php/palabraclave/article/view/338>, 2009.

- [11] M. Slater, B. Spanlang, M. V. Sanchez-Vives, and O. Blanke, “First person experience of body transfer in virtual reality,” <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010564>, pp. 1–9, 05 2010.
- [12] O. A. K. Shavab, L. Yulifar, N. Supriatna, and A. Mulyana, “Gamification in history learning: A literature review,” <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210918.047>, pp. 254–258, 2021.
- [13] K. University, “The Official Guide to The Kanban Method,” [https://kanban.university/wp-content/uploads/2024/03/The-Official-Kanban-Guide\\_Spanish.pdf](https://kanban.university/wp-content/uploads/2024/03/The-Official-Kanban-Guide_Spanish.pdf), 3 2024.
- [14] C. J. Mills, D. Tracey, R. Kiddle, and R. Gorkin, “Evaluating a virtual reality sensory room for adults with disabilities,” <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26100-6>, 1 2023.
- [15] W. Maqableh, J. Zraqou, A. Alnuaimi, and A. Al-Shurman, “Adoption of Virtual Reality Technology in Learning Elementary of Music Theory to Enhance the Learning Outcomes of Students with Disabilities,” <https://doi.org/10.29333/iji.2024.1733a>, pp. 37–60, 6 2024.
- [16] H. Y. G. Pardo, D. M. B. Arandia, and Y. L. G. Mateus, “evaluación educativa vista desde el racionalismo y el empirismo,” <https://doi.org/10.48204/j.are.n50.a6541>, pp. 27–45, 12 2024.
- [17] N. Kirovska and S. Koceski, “Usage of kanban methodology at software development teams,” 2015. [Online]. Available: <http://www.aebjournal.org/article030302.php>
- [18] D. J. Anderson and Associates. (2021) Revisiting the principles and general practices of the kanban method. [Online]. Available: <https://djaa.com/revisiting-the-principles-and-general-practices-of-the-kanban-method/>