

Pontificia Universidad Javeriana Cali  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería de Sistemas y Computación  
Proyecto de Grado

# Prototipo de un videojuego gestual con RA no inmersivo para favorecer la coordinación viso-motora

Juan Paulo Céspedes Méndez  
Miguel Angel Nivia Ortega

Director  
Dr. Andrés Adolfo Navarro Newball

Julio, 2025



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Cali

---

# Carta de Aprobación

Santiago de Cali, Julio 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 Paulo Céspedes Méndez (cod: 8957988) y Miguel Angel Nivia Ortega (cod: 8957985) trabajaron bajo mi dirección en el proyecto de grado titulado “Prototipo de un videojuego gestual con RA no inmersivo para favorecer la coordinación viso-motora” el cual se encuentra finalizado y listo para sustentación.

Atentamente,



---

Andrés Adolfo Navarro Newball

---

# Carta de Compromiso

Santiago de Cali, Julio 2025

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 videojuego gestual con RA no inmersivo para favorecer la coordinación viso-motora” 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 Paulo Céspedes Méndez



---

Miguel Angel Nivia Ortega

---

## Resumen

El desarrollo integral de una persona no solo depende de su interacción con el entorno físico, sino también de las construcciones simbólicas y culturales que la sociedad ofrece, apoyadas por los avances tecnológicos. Estos recursos permiten ampliar las posibilidades de aprendizaje, evaluación y desarrollo desde la infancia, facilitando la detección temprana de dificultades motoras o cognitivas, y ofreciendo alternativas innovadoras para su tratamiento y acompañamiento.

Uno de los principales retos en este campo es cómo abordar las dificultades relacionadas con la coordinación viso-motora en niños, especialmente aquellas que limitan su autonomía, adaptación y participación efectiva en actividades cotidianas. Actualmente, las metodologías tradicionales para la evaluación de estas habilidades se basan en gran medida en la observación directa, careciendo en ocasiones de elementos motivadores o lúdicos que fomenten la participación activa del niño. En este contexto, los videojuegos con interacción gestual y realidad aumentada no inmersiva surgen como una solución prometedora al crear entornos didácticos que combinan el juego con la práctica motora dirigida.

Por ello, el objetivo principal de este proyecto de grado es desarrollar y validar un videojuego terapéutico que sirva como herramienta complementaria para el fortalecimiento y la evaluación de habilidades viso-motoras en niños de 6 a 9 años. Esta propuesta integra elementos de interacción gestual mediante Kinect v2 y un entorno visual basado en paisajes colombianos, con el propósito de ofrecer una alternativa educativa, lúdica y accesible que complemente las evaluaciones tradicionales, incentivando la motivación intrínseca y el aprendizaje significativo en los usuarios.

**Palabras clave:** Realidad Aumentada No Inmersiva, Coordinación Viso-Motora, Neurodesarrollo, Videojuegos Terapéuticos, Evaluación Motriz, Interacción Gestual, Kinect v2, Desarrollo Infantil, Aprendizaje Lúdico, Motivación Intrínseca.

---

## Abstract

A person's comprehensive development depends not only on their interaction with the physical environment but also on the symbolic and cultural constructions provided by society, supported by technological advances. These resources expand the possibilities for learning, assessment, and development from early childhood, facilitating the early detection of motor or cognitive difficulties and offering innovative alternatives for their treatment and support.

One of the main challenges in this field is how to address difficulties related to visuomotor coordination in children, particularly those that limit their autonomy, adaptation, and effective participation in everyday activities. Currently, traditional methods for evaluating these skills rely largely on direct observation, often lacking motivational or playful elements that encourage the child's active engagement. In this context, video games featuring gesture-based interaction and non-immersive augmented reality emerge as a promising solution by creating didactic environments that combine play with guided motor practice.

Therefore, the main objective of this thesis project is to develop and validate a therapeutic video game that serves as a complementary tool for strengthening and evaluating visuomotor skills in children aged 6 to 9 years. This proposal integrates gesture-based interaction using Kinect v2 and a visual environment inspired by Colombian landscapes, aiming to offer an educational, playful, and accessible alternative that complements traditional evaluations, fosters intrinsic motivation, and promotes meaningful learning experiences for the users.

**Keywords:** Non-Immersive Augmented Reality, Visuomotor Coordination, Neurodevelopment, Therapeutic Video Games, Motor Skills Assessment, Gesture-Based Interaction, Kinect v2, Child Development, Playful Learning, Intrinsic Motivation.

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>11</b>
<b>2. Descripción del Problema</b>	<b>13</b>
2.1. Planteamiento del Problema . . . . .	13
2.1.1. Formulación del Problema . . . . .	14
2.1.2. Sistematización del Problema . . . . .	14
2.2. Objetivos . . . . .	14
2.2.1. Objetivo General . . . . .	14
2.2.2. Objetivos Específicos . . . . .	14
2.3. Justificación . . . . .	15
2.4. Delimitaciones y Alcances . . . . .	15
<b>3. Marco de Referencia y Trabajos Relacionados</b>	<b>16</b>
3.1. Marco Teórico . . . . .	16
3.1.1. Enfoque Terapéutico . . . . .	16
3.1.2. Enfoque en los Videojuegos . . . . .	17
3.2. Antecedentes . . . . .	18
<b>4. Metodología, Análisis y Diseño</b>	<b>21</b>
4.1. Metodología: Prototipado Rápido . . . . .	21
4.1.1. Proceso del Prototipado Rápido . . . . .	21

## ÍNDICE GENERAL

---

4.1.2.	Aplicación en el Proyecto . . . . .	22
4.2.	Análisis del Problema . . . . .	23
4.2.1.	Dificultades en la Coordinación Viso-Motora y Limitaciones Actuales . . . . .	23
4.2.2.	Definición del Tipo de Usuario . . . . .	24
4.2.3.	Uso de Videojuegos y Realidad Aumentada como Solución . . . . .	24
4.2.4.	Requisitos y Métricas para la Evaluación del Progreso . . . . .	27
4.2.5.	Actividades Evaluadas según la Escala Abreviada de Desarrollo (EAD) . . . . .	28
4.2.6.	Análisis de Factibilidad Técnica . . . . .	30
4.3.	Diseño . . . . .	32
4.3.1.	Mecánicas del Juego . . . . .	32
4.3.2.	Diseño de la Interfaz de Usuario . . . . .	33
4.3.3.	Diseño de los Movimientos de Control del Cóndor . . . . .	34
4.3.4.	Diagrama de Flujo del Videojuego . . . . .	36
4.4.	Estilo Visual y Educativo del Videojuego . . . . .	38
<b>5.</b>	<b>Implementación</b>	<b>40</b>
5.1.	Proceso de Desarrollo . . . . .	40
5.1.1.	Fase 1: Prototipado Inicial y Base del Juego . . . . .	41
5.1.2.	Fase 2: Diseño de Niveles y Experiencia de Usuario . . . . .	41
5.1.3.	Fase 3: Mejoras Visuales y Optimización . . . . .	43
5.1.4.	Fase 4: Implementación de Kinect y Control por Movimiento . . . . .	44
5.1.5.	Fase 5: Implementación de Actividades Evaluativas . . . . .	46
5.1.6.	Fase 6: Cambios Adicionales . . . . .	48
5.1.7.	Ajustes Posteriores a la Retroalimentación de los Terapeutas . . . . .	49
<b>6.</b>	<b>Validación del Sistema y Resultados</b>	<b>52</b>

## ÍNDICE GENERAL

---

6.1. Plan de Pruebas . . . . .	52
6.1.1. Alcance de las Pruebas . . . . .	53
6.1.2. Validación de Requisitos . . . . .	54
6.1.3. Pruebas con Usuarios . . . . .	55
6.1.4. Evaluación de las Pruebas . . . . .	56
6.1.5. Resultados de las Pruebas . . . . .	57
6.1.6. Conclusiones y Análisis de Resultados de las Pruebas . . . . .	58
<b>7. Conclusiones</b>	<b>60</b>
<b>8. Trabajo Futuro</b>	<b>62</b>
8.1. Adaptación para usuarios con discapacidades visuales . . . . .	62
8.2. Optimización ergonómica del sistema de control . . . . .	62
8.3. Expansión de actividades terapéuticas . . . . .	63
8.4. Integración de análisis automatizado de datos . . . . .	63

# Índice de Cuadros

4.1. Comparación entre tecnologías inmersivas: RA, RV y RM. . . . .	25
4.2. Actividades motoras evaluadas por la EAD en niños de 6 a 9 años. . .	29
4.3. Actividades evaluadas dentro del videojuego, organizadas por tipo de motricidad. . . . .	29
4.4. Comparación funcional entre actividades de la EAD y actividades adaptadas al videojuego. . . . .	30
6.1. Resultados de las pruebas de funcionalidad del sistema . . . . .	54
6.2. Preguntas realizadas a los niños durante la evaluación . . . . .	56
6.3. Preguntas realizadas a los terapeutas durante la evaluación . . . . .	56
6.4. Resultados de la pregunta: ¿Te gustó el videojuego? . . . . .	57
6.5. Resultados de la pregunta: ¿Te pareció fácil o difícil de jugar? . . . .	57
6.6. Resultados de la pregunta: ¿Te cansaste mucho mientras jugabas? . .	58
6.7. Resultados de la pregunta: ¿Considera que el videojuego es una herramienta adecuada para el desarrollo viso-motor infantil? . . . . .	58
6.8. Resultados de la pregunta: ¿El nivel de dificultad y la accesibilidad del juego son apropiados para los niños que atendió? . . . . .	58
6.9. Sugerencias de mejora indicadas por los terapeutas . . . . .	58

# Índice de Imágenes

4.1. Ciclo del Prototipado Rápido . . . . .	22
4.2. Concepto inicial del diseño de la interfaz del menú principal, integrado en el entorno tridimensional del juego. . . . .	34
4.3. Concepto inicial de los movimientos implementados para el control del cóndor. . . . .	36
4.4. Diagrama de flujo general del videojuego. . . . .	37
4.5. Modelo del cóndor macho utilizado en el videojuego. . . . .	39
4.6. Modelo del cóndor hembra utilizado en el videojuego. . . . .	39
5.1. Primer nivel del juego, Páramo Verde . . . . .	42
5.2. Segundo nivel del juego, Montañas Gélidas . . . . .	42
5.3. Tercer nivel del juego, Montañas Altas y Lluviosas . . . . .	42
5.4. Menú principal después del rediseño . . . . .	43
5.5. Representación gráfica del entorno utilizando URP. . . . .	44
5.6. Representación gráfica del entorno utilizando HDURP. . . . .	44
5.7. Detección del esqueleto del usuario con Kinect . . . . .	44
5.8. Mapeo del esqueleto del usuario en Unity . . . . .	45
5.9. Flujo Kinect-Unity-Cóndor . . . . .	45
5.10. Resultados finales en cada nivel . . . . .	47
5.11. Modelo de control en Unity . . . . .	49
5.12. Pantalla de resultados mostrados desde almacenamiento . . . . .	49

5.13. Vista del módulo de práctica implementado en el prototipo . . . . . 51

# Capítulo 1

## Introducción

El desarrollo integral de los niños no solo depende de su interacción con el entorno físico inmediato, sino también de los estímulos simbólicos, lúdicos y tecnológicos que conforman su contexto sociocultural. En una sociedad cada vez más globalizada y tecnológicamente avanzada, las herramientas digitales juegan un papel fundamental en el proceso de aprendizaje, desarrollo motor y socialización infantil. En este escenario, resulta crucial aprovechar estos avances tecnológicos para apoyar la detección temprana de dificultades en el desarrollo viso-motor y brindar alternativas innovadoras para su tratamiento y evaluación.

Las dificultades en la coordinación viso-motora representan un desafío significativo dentro del campo del neurodesarrollo, ya que afectan la capacidad de los niños para ejecutar movimientos precisos, adaptarse a su entorno y participar activamente en actividades de la vida diaria y escolar. Sin embargo, las metodologías tradicionales de evaluación de estas habilidades se basan fundamentalmente en observaciones directas por parte de especialistas, lo que puede limitar la objetividad de los resultados y disminuir la motivación de los niños al no ofrecerles una experiencia lúdica o atractiva.

En respuesta a esta problemática, este trabajo de grado propone el desarrollo de un videojuego terapéutico interactivo basado en realidad aumentada no inmersiva, con control gestual mediante Kinect v2, orientado a niños de 6 a 9 años con dificultades en la coordinación viso-motora. Este proyecto busca ofrecer una alternativa complementaria a los métodos de evaluación tradicionales, integrando elementos de juego que permitan la práctica de habilidades motoras en un entorno seguro, didáctico y motivador.

El videojuego, titulado *Aventura Cóndor*, no solo tiene un propósito terapéutico, sino también educativo, ya que introduce al usuario en el conocimiento del cóndor andino y su hábitat natural, sensibilizando al niño frente a la importancia de la fauna colombiana. Esta iniciativa se alinea con la tendencia actual de utilizar videojuegos serios como herramientas de apoyo en procesos de rehabilitación y aprendizaje.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

---

A lo largo de este documento se detalla el proceso de diseño, desarrollo e implementación de la herramienta, incluyendo las fases de conceptualización, prototipado, integración de hardware y software, así como la descripción de las pruebas realizadas. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de este trabajo, orientadas a su posible aplicación en entornos terapéuticos y educativos.

# Capítulo 2

## Descripción del Problema

### 2.1. Planteamiento del Problema

A menudo, los desafíos en el desarrollo viso-motor no fueron evidentes en las primeras etapas de la vida, ya que los niños pequeños podían tener dificultades para expresar o identificar estos problemas. Los videojuegos y otras tecnologías interactivas, como la Realidad Aumentada (RA), emergieron como herramientas que ofrecieron nuevas estrategias para abordar estas dificultades. Dispositivos como la consola Wii y el Kinect de Xbox, inicialmente diseñados para el entretenimiento, demostraron potencial en la mejora del sistema motor y físico mediante experiencias dinámicas y no inmersivas.

Un estudio mencionado en el noticiero Levante destacó que el uso de Wii Fit favoreció aspectos como la conciencia de cargas disociadas y la planificación motora en niños con problemas neurodegenerativos, sugiriendo que la Wii podía ser una herramienta valiosa en la rehabilitación, permitiendo a los especialistas valorar y registrar la evolución del menor mediante puntuaciones obtenidas en los juegos (2010).[1]

El Instituto para Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca contó con un laboratorio destinado al desarrollo e implementación de nuevas tecnologías que favorecieron la rehabilitación y el desarrollo de los niños. Se dispuso de un prototipo de una aplicación llamada *Aventura Cóndor*, la cual mostró potencial para mejorar la coordinación viso-motora. No obstante, esta aplicación carecía de una estructura adecuada para dicho propósito. Fue necesario identificar los tipos de movimientos y obstáculos a proponer, así como los parámetros a medir, para garantizar su utilidad. Por lo tanto, se realizó un rediseño y una nueva implementación de este sistema.

Además, a nivel mundial, entre el 5% y el 6% de los niños presentaban esta condición que afectaba las habilidades visomotoras, siendo más común en niños varones. Este problema podía estar influenciado por factores como el nacimiento

prematureo o antecedentes familiares, incluso se estimaba que el 50 % de los niños con esta condición también podían presentar TDAH, lo que agravaba las dificultades motoras y de aprendizaje.

### 2.1.1. Formulación del Problema

- ¿Cómo desarrollar un videojuego del vuelo del cóndor con interacción gestual no inmersiva de RA que apoye al desarrollo de la coordinación viso-motora en los niños?

### 2.1.2. Sistematización del Problema

- ¿Cómo un videojuego del vuelo del cóndor con interacción gestual no inmersiva de RA puede apoyar el análisis de la coordinación viso-motora?
- ¿Cómo implementar un videojuego del vuelo del cóndor con interacción gestual de RA que apoye el análisis de la coordinación viso-motora?
- ¿Cómo evaluar la efectividad de un videojuego que busca apoyar el desarrollo de la coordinación viso-motora?

## 2.2. Objetivos

### 2.2.1. Objetivo General

Desarrollar un videojuego con interacción gestual no inmersiva de realidad aumentada que favoreció el desarrollo de la coordinación viso-motora en los niños.

### 2.2.2. Objetivos Específicos

- Investigar cómo se desarrolló e impactó la coordinación viso-motora en niños.
- Diseñar un prototipo de videojuego con RA e interacción gestual no inmersiva que incluyó ejercicios atractivos para mejorar la coordinación viso-motora.
- Implementar el videojuego con RA y gestual no inmersivo para evaluar la coordinación viso-motora en niños.
- Evaluar la efectividad del videojuego con niños y profesionales de la salud.

### 2.3. Justificación

Los sistemas interactivos, como los videojuegos de RA no invasivos, tienen un impacto significativo en la salud. Ayudan a mejorar procesos mentales y comportamientos, como controlar la ansiedad [2]. Niños de 6 a 9 años con problemas de coordinación viso-motora pueden beneficiarse de estos juegos, que captan su atención y permiten identificar falencias a través de actividades motoras no inmersivas. Durante la pandemia de Covid-19, la OMS respaldó el uso de videojuegos para mejorar la salud, recomendando el uso de videojuegos activos para hacer ejercicio físico y superar el confinamiento [3].

Sin embargo, es crucial considerar que no todos los niños están familiarizados con estos sistemas, lo que plantea desafíos para captar su interés y asegurar que comprendan las reglas del juego, ya que una implementación inadecuada podría generar datos sesgados y afectar los resultados. La viabilidad del proyecto es alta, debido a que el desarrollo de tecnologías de RA y videojuegos gestuales no inmersivos es accesible gracias a dispositivos como cámaras de sensores de movimiento y plataformas de desarrollo de bajo costo. Su enfoque no inmersivo facilita la implementación en fundaciones que trabajen con niños con problemas viso-motores y relacionados, y puede expandirse al campo médico o educativo, reduciendo obstáculos tecnológicos.

Este proyecto es viable tecnológicamente y útil para el desarrollo infantil, ya que se espera que su implementación tenga un impacto positivo tanto en los niños como en los profesionales de la salud. Proporciona una herramienta innovadora y efectiva para mejorar la detección y tratamiento de problemas de coordinación viso-motora en edades tempranas.

### 2.4. Delimitaciones y Alcances

Este proyecto se enfocó en el diseño y desarrollo de un videojuego gestual del vuelo del cóndor con realidad aumentada no inmersiva para niños de 6 a 9 años. El videojuego se diseñó con la finalidad de evaluar y mejorar la coordinación viso-motora a través de actividades interactivas basadas en gestos naturales. Se realizaron pruebas con niños y profesionales de la salud para validar su efectividad y realizar ajustes necesarios.

# Capítulo 3

## Marco de Referencia y Trabajos Relacionados

### 3.1. Marco Teórico

En esta sección se abordarán dos importantes subsecciones que exploran la relación entre los enfoques terapéuticos y las dificultades que pueden experimentar los niños, las cuales impactan de manera negativa en su desarrollo. Además, se analizará cómo los videojuegos pueden contribuir al estudio y análisis de la coordinación viso-motora en la infancia. Estos temas permitirán comprender el papel de la RA en el ámbito terapéutico infantil.

#### 3.1.1. Enfoque Terapéutico

En el ámbito de la salud terapéutica, la coordinación viso-motora, la propiocepción y el desarrollo motor están intrínsecamente relacionados, ya que todos ellos influyen en la capacidad de una persona para moverse y actuar de manera efectiva en su entorno, teniendo en cuenta términos como El desarrollo motor que es el proceso mediante el cual las personas adquieren y perfeccionan sus habilidades físicas, tanto las gruesas (como caminar o correr) como las finas (como escribir o abotonar una camisa) [4]. Este proceso es fundamental para la realización de actividades cotidianas y para la interacción social y física. En un contexto terapéutico, el fomento del desarrollo motor es esencial para rehabilitar a pacientes que han perdido habilidades físicas debido a enfermedades, lesiones o discapacidades.

Los programas de rehabilitación motora se enfocan en la práctica repetida y el entorno adecuado para mejorar las capacidades motoras y restaurar la funcionalidad. También La propiocepción que por su parte, es la capacidad del cuerpo para percibir y reconocer la posición y el movimiento de los músculos y articulaciones sin el uso de la vista [5]. Este sentido es crucial para mantener el equilibrio y la coordinación,

elementos vitales en cualquier proceso de movimiento y que son de especial relevancia en la rehabilitación física. Para los terapeutas, mejorar esta condición en los pacientes puede traducirse en una mejor estabilidad y precisión en sus movimientos, lo que ayuda en la recuperación de la movilidad después de lesiones o enfermedades que afectan el sistema nervioso o musculoesquelético.

La coordinación viso-motora se refiere a la capacidad de coordinar la vista con los movimientos físicos, principalmente de las manos [6]. Este desarrollo es especialmente importante en la infancia, cuando los niños adquieren habilidades fundamentales como escribir, dibujar o realizar tareas físicas que requieren precisión. Problemas en el desarrollo viso-motor pueden surgir debido a déficits en la propiocepción, ya que la capacidad de coordinar movimientos depende de la correcta percepción del cuerpo en el espacio. En terapia, el enfoque en el desarrollo viso-motor busca mejorar la coordinación ojo-mano, ayudando a los pacientes a realizar movimientos precisos y coordinados que son esenciales para su vida diaria.

En conjunto, el tratamiento terapéutico que integra el desarrollo motor, la propiocepción y el desarrollo viso-motor es fundamental para abordar una amplia gama de problemas de movilidad. Intervenciones que se centran en estos aspectos ayudan a los pacientes a recuperar no solo el control físico, sino también la independencia y calidad de vida, lo que es especialmente relevante en poblaciones como niños con dificultades en su desarrollo o adultos que han sufrido lesiones.

### 3.1.2. Enfoque en los Videojuegos

Los videojuegos son softwares interactivos diseñados para el entretenimiento o la educación, donde los jugadores controlan acciones dentro de un entorno virtual [7]. Estos juegos combinan gráficos, sonido, narrativa y mecánicas que pueden variar en complejidad, ofreciendo experiencias que abarcan desde la simulación y resolución de problemas hasta la competición o la simple recreación. Sin embargo, más allá del ocio, los videojuegos también se han empleado en contextos más serios como la rehabilitación física y el desarrollo cognitivo, lo que los convierte en una herramienta útil para el estudio de condiciones como el desarrollo viso-motor. Mediante mecánicas que requieren coordinación y respuestas rápidas, los videojuegos permiten a los jugadores mejorar sus habilidades motoras finas, aspectos claves en la rehabilitación y la investigación de estos trastornos.

Por otro lado, la realidad aumentada (RA) es una tecnología que superpone elementos digitales, como imágenes, sonidos o datos interactivos, sobre el entorno físico en tiempo real [8]. A diferencia de la realidad virtual, que aísla al usuario en un mundo completamente digital, la RA enriquece la percepción del mundo real integrando lo virtual y lo físico. En el campo de la salud, esta tecnología se ha utilizado para complementar el tratamiento de enfermedades motoras y perceptivas, proporcionando experiencias interactivas que pueden ayudar a los pacientes a mejorar sus habilidades viso-motoras al interactuar con su entorno de manera controlada

y enriquecida digitalmente. La combinación de videojuegos y RA ofrece un enfoque prometedor para el tratamiento y estudio de enfermedades que afectan el desarrollo motor y perceptivo al permitir diseñar entornos terapéuticos.

Ambas tecnologías, cuando se aplican en contextos de salud, no solo proporcionan un espacio controlado y medible para la investigación, sino que también aumentan la motivación y el compromiso del paciente, factores esenciales para mejorar su rehabilitación.

### 3.2. Antecedentes

Para la realización de este proyecto, es fundamental considerar que ya se han llevado a cabo estudios previos por universidades, empresas y personas interesadas en temas afines. Estos estudios proporcionan información y datos relevantes que resultan útiles durante la creación e implementación del videojuego con realidad aumentada (RA) no inmersiva para asistir a los profesionales en la detección temprana de dificultades en la coordinación viso-motora en niños de 6 a 9 años.

Un ejemplo clave es el trabajo desarrollado en la Universidad Javeriana de Cali, donde el profesor Andrés Navarro Newball colaboró con la fundación objetivo, el Instituto de niños ciegos y sordos, para implementar videojuegos con XR (realidad extendida). Estos videojuegos ayudaron a detectar problemas sensoriales como dificultades visuales y auditivas en niños. Un videojuego en particular consistía en un laberinto con animales diseñado para que niños con baja visión utilizaran otros sentidos, como el auditivo, para desplazarse. Los datos sobre tiempos, niveles de dificultad e interacción con el laberinto se recolectaron para su posterior análisis por profesionales. Este proyecto es relevante para entender cómo se trataron los datos recolectados y considerar los aspectos positivos y negativos que podrían afectar a los niños. Según se menciona en el documento:

**We gained understanding on how to create more inclusive and accessible multisensory XR applications. Even though further refinements are required, we took advantage of color contrast, sounds, tactile feelings, and kinesthetics to enrich the multisensory experiences. [9]**

Este enfoque es importante para nuestro proyecto, ya que busca implementar tecnologías similares que permitan a los niños interactuar de manera accesible y cómoda, logrando resultados más precisos en la detección de problemas sensoriales. Por otro lado, es esencial considerar los riesgos potenciales asociados al uso de videojuegos en niños. Un estudio realizado por la Secretaría de Salud de Tabasco en la escuela primaria Benito Juárez destacó que los niños de entre 6 y 12 años son particularmente susceptibles al uso excesivo de videojuegos, prefiriendo pasar más

tiempo jugando que participando en actividades al aire libre. Según el estudio:

**El uso de los videojuegos debería ser valorado por los padres de familia, quienes también deben recibir información sobre los problemas que podrían ocasionar el uso y abuso de los videojuegos. Esto es especialmente relevante en los alumnos más pequeños de primero a tercer año, quienes son los más susceptibles a sufrir problemas de abuso de los videojuegos. [10]**

Este informe resalta la importancia de limitar el tiempo de juego en los videojuegos, evitando que estos se conviertan en una distracción para los niños y asegurando que su uso sea estrictamente terapéutico.

En el campo de la rehabilitación, la realidad aumentada ha demostrado ser una herramienta eficaz. Estudios recientes han mostrado cómo la RA puede enriquecer la experiencia terapéutica de los pacientes, permitiéndoles realizar ejercicios en entornos controlados. Un ejemplo de esto es el estudio sobre "brazo fantasma", en el que pacientes con dolor de miembro fantasma utilizaron RA para mejorar su percepción motora. Según el estudio:

**El tratamiento con AR para tratar el dolor del miembro fantasma puede basarse en movimientos del miembro afectado. Este estudio demostró un tratamiento novedoso en el cual la 'ejecución motora fantasma' se habilita utilizando algoritmos sofisticados de aprendizaje de máquinas. [11]**

Aunque el estudio no se enfoca específicamente en la coordinación viso-motora, es una muestra del potencial de la RA para mejorar habilidades motoras y perceptivas, lo que nos permite adaptar estas tecnologías a nuestro propio proyecto.

Finalmente, investigaciones sobre el Trastorno de Coordinación del Desarrollo (DCD) también ofrecen una base relevante para nuestro trabajo. Woei-Nan Bair y su equipo demostraron que los niños con DCD tienen dificultades significativas para integrar múltiples sentidos y realizar tareas que requieren coordinación viso-motora. Según el estudio:

**We provide three findings that implicate multisensory integration deficits in children with DCD. First, children with DCD show weak visual reweighting... Second, they do not show advanced multisensory fusion... Third, compared to TD children... show a larger phase lag to both sensory modalities throughout the age range tested. [12]**

Estos hallazgos son fundamentales para nuestro proyecto, ya que nos permiten comprender mejor las dificultades de los niños con problemas de coordinación y adaptar nuestro videojuego para ofrecer un enfoque terapéutico que aborde estas carencias.

En resumen, aunque existen estudios previos que demuestran la efectividad de los videojuegos y la RA en entornos terapéuticos, pocos han combinado ambas tecnologías para abordar problemas específicos de coordinación viso-motora en niños. Nuestro proyecto busca llenar este vacío y ofrecer una herramienta innovadora que facilite la detección temprana y el tratamiento de estos problemas, maximizando el impacto positivo tanto para los niños como para los profesionales de la salud.

# Capítulo 4

## Metodología, Análisis y Diseño

### 4.1. Metodología: Prototipado Rápido

En la creación de software, la implementación de una metodología ágil facilita la optimización del proceso de creación, fomentando la entrega constante de valor, la capacidad de adaptación a las modificaciones y la cooperación entre los integrantes del equipo. En contraposición a los métodos convencionales, en los que se establecen totalmente los requisitos y soluciones antes de comenzar el desarrollo, las metodologías ágiles promueven la iteración y la mejora continua durante todo el ciclo de vida del proyecto. Esto es particularmente beneficioso en contextos cambiantes donde los requerimientos pueden variar a lo largo del tiempo, posibilitando a los programadores modificar sus tácticas y perfeccionar el producto final de forma más eficaz.

El **prototipado rápido** es una técnica ágil muy empleada en el desarrollo de software y otras disciplinas de la ingeniería. Su procedencia se rastrea hasta los años 80, cuando emergió como una reacción a los modelos de desarrollo secuenciales que tenían problemas para ajustarse a variaciones en los requerimientos. Con el progreso tecnológico y la demanda creciente de soluciones adaptables, el prototipado rápido se ha establecido como una táctica eficaz para validar conceptos y mejorar el proceso de desarrollo.

#### 4.1.1. Proceso del Prototipado Rápido

El prototipado rápido se basa en la creación de versiones preliminares del producto con el objetivo de evaluar su funcionalidad y realizar mejoras iterativas. Su proceso suele seguir las siguientes fases (ver figura 4.1:

1. **Identificación de Requisitos Iniciales:** Se define una idea general del pro-

ducto y sus características clave.

2. **Desarrollo del Primer Prototipo:** Se construye un modelo funcional que puede ser probado y evaluado.
3. **Evaluación y Retroalimentación:** Se recopilan observaciones sobre el prototipo, identificando aspectos a mejorar.
4. **Refinamiento e Iteración:** Se ajusta el prototipo en función de los comentarios recibidos, repitiendo el ciclo hasta alcanzar un resultado satisfactorio.
5. **Implementación Final:** Una vez que el prototipo ha sido refinado y validado, se procede con su desarrollo completo.

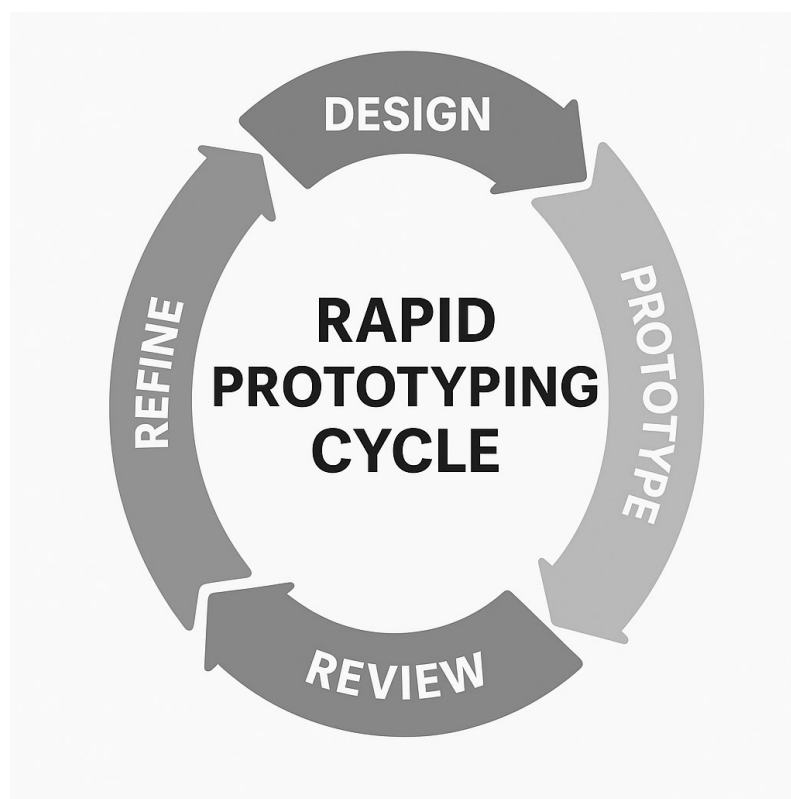


Figura 4.1: Ciclo del Prototipado Rápido

### 4.1.2. Aplicación en el Proyecto

En la realización de este proyecto, se ha adoptado la metodología de **prototipado rápido**, lo que permite la creación y mejora de versiones iniciales del producto de manera iterativa. Durante el proceso, se han realizado **reuniones diarias** para evaluar el progreso, establecer tareas por hacer y hacer modificaciones basándose en

los resultados alcanzados en cada iteración. Además, se programaron reuniones semanales con el director de trabajo de grado, con el objetivo de obtener su aprobación a los progresos realizados.

Para el desarrollo del videojuego, se llevaron a cabo dos encuentros esenciales con el Instituto para Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca, entidad que colabora en este proyecto.

El primer encuentro se llevó a cabo al comienzo de la etapa de desarrollo, con el objetivo de exponer los objetivos globales y los objetivos concretos del proyecto. En esta reunión se debatieron elementos clave del videojuego, como la audiencia objetivo, las necesidades terapéuticas a tratar y las características que el sistema debería incorporar para ser efectivo como instrumento de soporte en el desarrollo visual y motor de los niños.

Se realizó la segunda reunión en una fase avanzada del prototipo. En esta oportunidad, se exhibió una versión operativa del videojuego a los terapeutas, expertos y a ciertos niños que asisten al instituto. Este lugar facilitó la realización de una valoración inicial de la experiencia de juego, además de obtener comentarios directos tanto de los expertos en salud como de los usuarios finales mismos. Las observaciones recogidas en esta sesión resultaron esenciales para efectuar modificaciones y mejoras concretas en el diseño visual, la interfaz de usuario y las técnicas de interacción del videojuego, lo que demuestra la versatilidad y capacidad de adaptación características de la metodología de prototipado rápido empleada en este proyecto.

Este método ha sido crucial para asegurar un desarrollo ágil y eficaz, garantizando que cada nueva versión del producto incluya mejoras y modificaciones fundamentadas en pruebas y feedback continuo. Esta metodología ha permitido obtener una mayor adaptabilidad en la toma de decisiones y una mejora en los periodos de desarrollo.

Nota: Cabe recalcar que este documento presenta la última iteración del prototipado rápido.

## **4.2. Análisis del Problema**

### **4.2.1. Dificultades en la Coordinación Viso-Motora y Limitaciones Actuales**

La coordinación viso-motora es una habilidad esencial en el desarrollo infantil, permitiendo la ejecución de tareas que requieren precisión, como escribir, dibujar y manipular objetos. Sin embargo, los niños que presentan dificultades en esta área a menudo no son diagnosticados ni tratados a tiempo, lo que puede impactar su rendimiento académico y desarrollo personal.

Actualmente, existen métodos terapéuticos para mejorar la coordinación visomotora, pero presentan varias limitaciones:

- **Falta de sistemas interactivos y atractivos:** Las terapias tradicionales pueden volverse monótonas, reduciendo la motivación de los niños.
- **Escasa personalización:** Muchas herramientas no permiten ajustar los ejercicios según el progreso del niño.
- **Dificultad en el seguimiento del avance:** Los especialistas requieren métodos precisos y objetivos para evaluar la evolución de los pacientes.

### 4.2.2. Definición del Tipo de Usuario

El videojuego desarrollado está principalmente dirigido a niños entre los 6 y 9 años de edad, especialmente aquellos que presentan dificultades en el desarrollo visomotor. Sin embargo, su diseño también permite que sea utilizado por niños que no presentan ningún tipo de problema motor, ya que las mecánicas del juego están orientadas al desarrollo y fortalecimiento de habilidades motoras de manera lúdica y accesible.

Es importante destacar que, aunque el enfoque principal está en mejorar la coordinación ojo-mano y la percepción del espacio, existen otros factores que pueden influir en la interacción de los niños con el sistema. Por ejemplo, discapacidades visuales o de procesamiento sensorial podrían afectar la experiencia del usuario. Por esta razón, se ha procurado que el entorno gráfico sea claro, colorido y que utilice estímulos visuales amplios, así como sonidos distintivos que apoyen la navegación y retroalimentación durante el juego.

El objetivo general es proporcionar una herramienta inclusiva, que permita a diferentes tipos de usuarios beneficiarse de sus mecánicas, sin importar si presentan o no una condición particular. De esta forma, se amplía el rango de aplicación del videojuego y se favorece un enfoque más universal e integrador en el contexto educativo y terapéutico.

### 4.2.3. Uso de Videojuegos y Realidad Aumentada como Solución

El uso de **videojuegos con interacción gestual y realidad aumentada (RA) no inmersiva** ofrece una alternativa innovadora para enfrentar las limitaciones de las terapias tradicionales. Un entorno lúdico e interactivo permite facilitar la práctica repetitiva de ejercicios motores de manera dinámica, manteniendo la atención del niño y permitiendo a los especialistas recopilar datos precisos sobre su desempeño.

En este proyecto, se optó por el uso de **RA no inmersiva** en conjunto con **interacción gestual mediante Kinect 2**, lo cual permite que los movimientos del niño sean interpretados en tiempo real y se traduzcan en acciones dentro del entorno virtual del juego. Esta integración no requiere que el usuario utilice gafas o dispositivos adicionales, lo cual hace que la experiencia sea más accesible, segura y adaptable a distintos entornos educativos o terapéuticos.

### Comparación entre RA, RV y RM

Tecnología	Características principales	Ventajas y desventajas en el contexto del proyecto
<b>Realidad Aumentada (RA)</b>	Superpone elementos digitales sobre el entorno real en tiempo real, sin aislar al usuario.	<b>Ventajas:</b> Mayor accesibilidad, menor necesidad de equipamiento, adecuada para interacción gestual con Kinect. <b>Desventajas:</b> Menor inmersión comparada con RV.
<b>Realidad Virtual (RV)</b>	Sustituye completamente el entorno real por uno digital. Requiere gafas o cascos especiales.	<b>Ventajas:</b> Alta inmersión y control del entorno virtual. <b>Desventajas:</b> Aislamiento del usuario, mayor costo, menor aplicabilidad para niños con dificultades sensoriales.
<b>Realidad Mixta (RM)</b>	Integra elementos virtuales en el entorno físico, permitiendo la interacción entre ambos de forma bidireccional.	<b>Ventajas:</b> Combina inmersión con conciencia del entorno. <b>Desventajas:</b> Tecnológicamente más compleja y costosa. Requiere hardware avanzado poco disponible en contextos educativos.

Cuadro 4.1: Comparación entre tecnologías inmersivas: RA, RV y RM.

### Justificación del uso de RA

Teniendo en cuenta las necesidades del grupo de interés (niños de 6 a 9 años con posibles problemas en la coordinación viso-motora), además de las restricciones técnicas y logísticas de ambientes escolares o terapéuticos, la Realidad Aumentada no inmersiva se presenta como la alternativa más apropiada.

Su aplicación a través de Kinect posibilita mantener la conexión visual con el ambiente real, previniendo sensaciones de desconexión o confusión. Además, al no necesitar la utilización de visores o aparatos complicados, se simplifica su utilización en lugares comunes, como salones de clases o clínicas. La Realidad Aumentada, al interponer elementos virtuales en la pantalla mientras el niño se desplaza en un

ambiente físico familiar, consigue balancear la inmersión, la accesibilidad y el control terapéutico.

Por lo tanto, la Realidad Aumentada fue elegida como la tecnología más adecuada para complementar el videojuego con el propósito de promover y evaluar la coordinación viso-motora de forma divertida, segura y eficaz.

### **Justificación del uso de RA *no inmersiva***

Una de las elecciones más significativas durante la creación del videojuego fue elegir una modalidad de realidad aumentada no inmersiva. Esta decisión se basó mayormente en aspectos de accesibilidad y seguridad, considerando el perfil del usuario final: niños de 6 a 9 años, algunos con potenciales discapacidades vinculadas con el desarrollo motor, visual o sensorial.

Las tecnologías envolventes, tales como la realidad virtual (RV) o algunas variantes sofisticadas de realidad mixta (RM), a pesar de proporcionar grandes niveles de interacción, pueden provocar problemas perceptivos o sensoriales en niños bajo determinadas circunstancias. Por ejemplo, la utilización de gafas de realidad virtual o visores puede causar confusión espacial, cansancio ocular o incluso ansiedad en usuarios con hipersensibilidad o trastornos de equilibrio. Estos impactos pueden obstaculizar la experiencia terapéutica y restringir la eficacia del instrumento.

Por otro lado, la **RA no inmersiva** facilita mantener un vínculo inalterable con el ambiente físico real. Cuando los usuarios proyectan elementos digitales en una pantalla compartida (como un monitor o proyector), pueden interactuar de manera natural y segura, evitando el uso de aparatos que impidan su visión periférica o que provoquen aislamiento del entorno. Esto permite que el niño conserve la imagen de su propio cuerpo en el espacio, lo que resulta crucial para actividades que persiguen potenciar la coordinación facial y motora.

Además, este método permite la supervisión y el seguimiento de padres, terapeutas o profesores durante la utilización del sistema, posibilitando intervenciones en tiempo real sin perturbar la vivencia. Esta particularidad fortalece el enfoque terapéutico inclusivo y orientado al usuario, que constituyó uno de los pilares esenciales en la creación del videojuego.

En resumen, la selección de Realidad Aumentada no inmersiva no solo se basa en aspectos técnicos, sino también en una perspectiva ética y educativa que valora la seguridad, confort y eficacia de la experiencia interactiva para un grupo de niños con requerimientos específicos.

#### 4.2.4. Requisitos y Métricas para la Evaluación del Progreso

El sistema implementa una serie de **requisitos funcionales y no funcionales** diseñados para garantizar su efectividad en la evaluación y mejora de la coordinación viso-motora. Algunos de los principales son:

##### Requisitos Funcionales

- **RF1:** La aplicación debe mostrar en pantalla, al finalizar cada partida, un resumen de los datos recolectados durante el juego, como puntuación total, número de colisiones, precisión y tiempo utilizado, para que el terapeuta pueda analizarlos manualmente.
- **RF2:** La aplicación debe permitir la interacción gestual mediante Kinect v2, reconociendo los movimientos del cuerpo del usuario en tiempo real y traducéndolos en acciones dentro del juego.
- **RF3:** La aplicación debe permitir la recolección de puntos (ramas) a lo largo del recorrido, los cuales se utilizan como métrica de desempeño y afectan el resultado final del nivel (tamaño del nido).
- **RF4:** La aplicación debe registrar eventos relevantes durante el juego, como colisiones, desviaciones de trayectoria, tiempos de respuesta y precisión en la ejecución de movimientos.
- **RF5:** La aplicación debe recrear entornos inspirados en paisajes colombianos como páramos, montañas y valles, brindando una experiencia visual inmersiva y representativa del hábitat natural del cóndor.
- **RF6:** La aplicación debe proporcionar una interfaz visual sencilla, adaptada al público infantil, que permita navegar por menús, iniciar niveles y recibir retroalimentación visual y sonora sin dificultad.

##### Requisitos No Funcionales

- **RNF1:** La aplicación debe estar adaptada para niños entre 6 y 9 años, con una interfaz amigable, intuitiva y con elementos gráficos diseñados según principios de accesibilidad infantil.
- **RNF2:** El sistema debe ser compatible con el sensor Kinect v2 y capaz de interpretar con precisión los gestos del usuario en condiciones de uso habituales.
- **RNF3:** La salida de datos generados por el sistema (progreso, puntuaciones, métricas) debe ser clara, estructurada y fácilmente interpretable por terapeutas u orientadores pedagógicos.

- **RNF4:** La aplicación debe ejecutarse con fluidez en equipos de gama media sin generar latencias que afecten la experiencia de usuario.
- **RNF5:** El diseño visual debe contar con textos legibles, colores contrastantes, sonidos diferenciables y retroalimentación multisensorial para facilitar la experiencia incluso a niños con dificultades visuales o de atención.
- **RNF6:** El código del sistema debe tener una estructura modular y documentada, que permita futuras modificaciones, pruebas o escalabilidad del proyecto en nuevas versiones.
- **RNF7:** La aplicación debe permitir su instalación y uso en contextos escolares o terapéuticos sin requerir conexión constante a internet ni configuraciones complejas.

Para evaluar el progreso, el sistema se basa en **métricas de desarrollo motor** enfocadas en:

- **Motricidad gruesa:** Control de postura, equilibrio y cambios de posición.
- **Motricidad finoadaptativa:** Coordinación ojo-mano, cálculo de distancias y precisión en la manipulación de objetos virtuales.

Estas medidas están vinculadas directamente con el **desarrollo viso-motor**, que se refiere a la habilidad de fusionar la información visual con los movimientos corporales para llevar a cabo acciones orientadas y coordinadas. Para la motricidad gruesa, es necesario una correcta interpretación del ambiente visual para conservar la postura, determinar distancias y modificar el equilibrio basándose en las variaciones espaciales del ambiente virtual. En cuanto a la motricidad finoadaptativa, se refiere a una coordinación exacta entre la vista y los movimientos precisos de las extremidades superiores, esencial para llevar a cabo actividades como la recolección de objetos o el manejo de elementos dentro del juego.

En general, estas métricas posibilitan evaluar la manera en que el usuario comprende los estímulos visuales que se presentan en el ambiente virtual y convierte dicha información en movimientos motores programados y adaptados, siendo de esta manera un indicador esencial del grado de desarrollo viso-motor que el niño ha logrado durante la actividad.

### 4.2.5. Actividades Evaluadas según la Escala Abreviada de Desarrollo (EAD)

Para establecer las capacidades motoras a valorar a través del videojuego, se utilizó la **Escala Abreviada de Desarrollo (EAD)**. Esta herramienta, frecuentemente utilizada en entornos educativos y terapéuticos, proporciona un esquema estandarizado para evaluar el avance motor de niños en distintas etapas de edad.

Considerando que la audiencia del videojuego se encuentra entre los 6 y 9 años, se escogieron actividades de la EAD que evalúan progresivamente el desarrollo del motor grueso. Sin embargo, teniendo en cuenta la naturaleza virtual e interactiva del juego, se hizo imprescindible ajustar estas actividades a un ambiente digital, preservando su propósito terapéutico pero modificando su método de realización.

A continuación, se muestran tres cuadros: el primero presenta las actividades sugeridas por la EAD para el rango de edad especificado; el segundo especifica las actividades creadas en el videojuego; y el tercero ofrece una comparación global entre ambas, acompañada de su correspondiente justificación de equivalencia funcional.

### Actividades motoras según la EAD (6 a 9 años)

<b>Actividades de motricidad gruesa en la EAD</b>
Se pone de pie sin ayuda
Da pasos solo
Camina con desplazamiento cruzado sin ayuda
Corre
Lanza la pelota
Patea la pelota
Salta con los pies juntos
Se empuja en ambos pies
Sube dos escalones sin apoyo
Camina en puntas de pies
Se para en un solo pie
Baja dos escalones con apoyo mínimo

Cuadro 4.2: Actividades motoras evaluadas por la EAD en niños de 6 a 9 años.

### Actividades evaluadas dentro del videojuego

<b>Motricidad Gruesa</b>	<b>Motricidad Fino-Adaptativa</b>
Medición del tiempo de vuelo total	Conteo de palos recolectados
Tiempo sostenido en posición tipo "T" (T-pose)	Fluidez del vuelo (presencia o ausencia de interrupciones bruscas)
Número de colisiones contra el entorno	Precisión en la recolección de objetos
Distancia entre brazos al ejecutar T-pose	Desviación promedio respecto a la trayectoria óptima
Diversidad de movimientos hacia arriba, abajo, izquierda y derecha	Preferencia de inclinación corporal utilizada durante el vuelo

Cuadro 4.3: Actividades evaluadas dentro del videojuego, organizadas por tipo de motricidad.

**Comparación general entre actividades de la EAD y del videojuego**

<b>EAD</b>	<b>Videojuego</b>	<b>Justificación de la relación</b>
Acciones físicas reales (caminar, correr, saltar, pararse en un pie)	Control de postura, tiempo de vuelo, dirección y estabilidad	Ambas evalúan equilibrio, control corporal y coordinación global, aunque en contextos diferentes (real vs virtual).
Manipulación de objetos como pelotas	Recolección precisa de objetos en movimiento	En ambos casos se estimula la coordinación ojo-mano, el cálculo espacial y la motricidad fina.
Actividades con cambios de nivel (subir/bajar escalones)	Diversidad de movimientos verticales y horizontales con inclinación corporal	Ambas requieren ajustar el cuerpo en el espacio, usando referencias visuales y control muscular.
N/A	Evaluación del tipo de inclinación preferida (derecha/izquierda)	Aunque no tiene un equivalente directo en la EAD, esta variable aporta información sobre la lateralidad y estilo de control del usuario.

Cuadro 4.4: Comparación funcional entre actividades de la EAD y actividades adaptadas al videojuego.

Como se puede apreciar, las actividades sugeridas en el videojuego mantienen el propósito terapéutico de las propuestas por la EAD, aunque necesitan una interpretación más contextual. Se hicieron ajustes para mantener la utilidad evaluativa en un formato divertido, accesible y atractivo para el usuario final.

**4.2.6. Análisis de Factibilidad Técnica**

El estudio de factibilidad técnica se enfocó en valorar los medios requeridos para instaurar el sistema de interacción gestual fundamentado en realidad aumentada no inmersiva, teniendo en cuenta tanto los elementos de hardware como de software que participan en el desarrollo y la ejecución del videojuego.

Los aspectos clave analizados fueron los siguientes:

- **Costos y tiempos de desarrollo:** Se llevó a cabo una evaluación de la inversión tecnológica y del tiempo necesario para elaborar un prototipo operativo y llevar a cabo pruebas con los usuarios. Se otorgaron prioridad a herramientas de fácil acceso o asequibles que pudieran emplearse en contextos educativos o terapéuticos.

- **Hardware:** Era imprescindible que el sistema fuera compatible con sensores de captura de movimiento accesibles, evitando la utilización de aparatos de inmersión total. Se seleccionó el sensor Kinect v2 debido a su accesibilidad, exactitud y habilidad para capturar gestos corporales íntegros sin requerir contacto directo o el uso de visores. Además, su instalación es fácil y su uso en contextos educativos es factible.

Se necesitaba una plataforma de desarrollo que posibilitara la creación de ambientes interactivos en 3D, incorporar la captura de movimiento y simplificar su implementación en dispositivos tradicionales. Según estos criterios, se eligió el motor de desarrollo Unity, que es compatible con diversos dispositivos y se utiliza frecuentemente en proyectos de educación y salud.

A continuación se detallan las herramientas seleccionadas y su pertinencia para el proyecto:

### Unity

- **Compatibilidad con sensores de movimiento:** Unity cuenta con soporte para dispositivos como Kinect v2, lo que permite capturar el movimiento corporal y traducirlo en acciones dentro del entorno virtual. Además, admite el uso de bibliotecas de seguimiento esquelético para implementar mecánicas de juego basadas en gestos.
- **Facilidad de desarrollo:** Unity posee una interfaz visual amigable y permite la creación eficiente de aplicaciones 2D y 3D. Ofrece una amplia comunidad, documentación extensa y recursos educativos que facilitaron el aprendizaje y la implementación del proyecto.
- **Flexibilidad y escalabilidad:** El videojuego puede ejecutarse en equipos de gama media sin necesidad de hardware especializado. Esta característica garantiza que el sistema pueda ser utilizado en diferentes instituciones educativas o terapéuticas sin grandes requerimientos técnicos.

### Kinect v2

- **Captura de movimiento y gestos:** Kinect v2 permite detectar la postura corporal del usuario, reconocer gestos de las manos y realizar un seguimiento preciso del esqueleto. Estas capacidades fueron esenciales para implementar una interacción intuitiva, especialmente diseñada para niños con dificultades en la coordinación viso-motora.
- **Accesibilidad y facilidad de uso:** A diferencia de dispositivos inmersivos como cascos de realidad virtual, el uso del Kinect no requiere que el niño utilice accesorios adicionales, lo que facilita su integración en sesiones terapéuticas.

El usuario puede interactuar con el sistema desde una posición cómoda y conocida, manteniendo contacto visual con el entorno real.

- **Integración con Unity:** Kinect v2 se puede integrar de forma efectiva con Unity mediante plugins y bibliotecas disponibles, lo que permitió capturar datos en tiempo real, diseñar respuestas interactivas y recolectar métricas de desempeño para análisis posterior.

### Conclusión del análisis técnico

La combinación de Unity y Kinect v2 permitió desarrollar un sistema técnico funcional, adaptable y viable para el contexto educativo y terapéutico infantil. La elección de tecnologías no inmersivas como la RA visualizada en pantalla, en lugar de dispositivos como visores de RV, se fundamentó en criterios de accesibilidad, simplicidad de uso y seguridad para el usuario. Esta decisión también facilitó la implementación del sistema en instituciones con recursos limitados, garantizando que la herramienta pueda ser replicada y utilizada en escenarios reales sin requerimientos tecnológicos avanzados.

## 4.3. Diseño

### 4.3.1. Mecánicas del Juego

El diseño de las mecánicas del videojuego fue concebido con el propósito de evaluar y reforzar habilidades relacionadas con la coordinación viso-motora de los niños, integrando dinámicas lúdicas que mantuvieran su motivación e interés.

De acuerdo con las actividades seleccionadas en la Tabla 4.2.5, se estructuró un sistema basado en niveles, en los cuales se adaptan tanto las condiciones del entorno como los desafíos a superar. Cada nivel representa un incremento progresivo en la dificultad, lo que permite observar y registrar el desempeño del usuario en distintas situaciones.

#### Sistema de niveles

El videojuego cuenta con tres niveles principales. Cada nivel representa un entorno distinto, y la dificultad se ajusta mediante tres factores clave:

- **Cantidad de puntos a recolectar:** Cada nivel exige una cantidad mayor de ramas que deben ser recolectadas a lo largo del trayecto.

- **Obstáculos en el entorno:** Se incluyen elementos móviles o fijos que interfieren en la trayectoria del jugador, obligándolo a realizar maniobras de precisión para evitarlos.
- **Visibilidad:** Las condiciones visuales del entorno varían en cada nivel (por ejemplo, niebla o ambientes nocturnos), aumentando la exigencia en la percepción y el control espacial del jugador.

### Objetivo principal de cada nivel

El jugador, mediante el control del cóndor, debe desplazarse a lo largo del escenario recolectando ramas distribuidas en el entorno. El objetivo es recolectar la mayor cantidad de ramas posibles y llevarlas hasta la meta. Una vez alcanzada la meta, el sistema calcula el total de puntos recolectados y construye un nido proporcional al desempeño del jugador.

El nido final se representa con tres posibles tamaños: pequeño, mediano y grande. Esta retroalimentación visual busca motivar al usuario, premiando su precisión y constancia durante el recorrido. Además, permite al terapeuta observar el progreso de forma cualitativa.

El sistema de niveles no sólo busca aumentar el reto progresivamente, sino también ofrecer un entorno controlado para observar cómo el niño responde a diferentes grados de complejidad en tareas de coordinación motora.

### 4.3.2. Diseño de la Interfaz de Usuario

El diseño de la interfaz del videojuego fue guiado por el cumplimiento del **Requisito Funcional RF5**, descrito en la Sección 4.2.4, el cual establece que la aplicación debe recrear entornos inspirados en paisajes colombianos como páramos, montañas y valles, brindando una experiencia visual inmersiva y representativa del hábitat natural del cóndor.

Bajo esta premisa, se estructuró la interfaz no solo como un medio funcional para navegar por el juego, sino también como una extensión del entorno visual del propio videojuego. La interfaz fue concebida como parte del mismo ecosistema del cóndor, evitando elementos artificiales o genéricos, y priorizando aquellos que refuercen la ambientación natural y educativa.

Para lograr esto, se tomaron las siguientes decisiones de diseño:

- **Integración visual con el mundo del juego:** El menú principal y sus componentes están ubicados dentro del mismo entorno tridimensional del juego,

lo cual refuerza la inmersión desde el primer momento. Por ejemplo, al seleccionar opciones como “Iniciar” u “Opciones”, la cámara se desplaza hacia distintas zonas del mundo virtual, revelando nuevas áreas del paisaje.

- **Uso de elementos naturales como soporte visual:** Las ventanas de opciones y botones no flotan arbitrariamente, sino que se presentan sobre superficies como rocas, troncos o incluso en el lomo de un oso de anteojos, integrando elementos de la fauna colombiana al sistema de navegación.
- **Estética amigable para niños:** Se emplearon colores cálidos, formas suaves y tipografías claras, adecuadas para el público objetivo infantil. Los botones tienen gran tamaño y contraste para facilitar su identificación visual y su selección mediante gestos con Kinect.
- **Narrativa ambiental:** La interfaz también contribuye a la narrativa del juego, ya que muestra elementos como el cóndor en reposo, nidos en la distancia o animales caminando por el entorno, reforzando el vínculo entre el usuario y el ecosistema representado.

El diseño de la interfaz no fue tratado como una capa separada del juego, sino como una parte fundamental del entorno visual y temático, asegurando coherencia estética, inmersión y una experiencia de usuario accesible, especialmente pensada para niños entre los 6 y 9 años. En la figura 4.2 se puede ver el primer prototipo de la interfaz, reflejando una primera etapa de los objetivos mencionados anteriormente.



Figura 4.2: Concepto inicial del diseño de la interfaz del menú principal, integrado en el entorno tridimensional del juego.

### 4.3.3. Diseño de los Movimientos de Control del Cóndor

El sistema de control del cóndor fue diseñado con base en gestos corporales simples e intuitivos, reconocidos mediante el sensor Kinect v2. La elección de estos

movimientos se realizó teniendo en cuenta la edad del usuario objetivo (niños entre 6 y 9 años), la facilidad de ejecución y su relevancia para la evaluación de habilidades viso-motoras y de coordinación corporal.

El objetivo principal fue crear una experiencia de juego accesible que no exigiera movimientos complejos ni forzados, permitiendo al niño controlar al cóndor con gestos corporales que, además de ser naturales, estimulen el desarrollo motor.

- **Posición inicial (T-pose):** Para comenzar a interactuar con el juego, el niño debe colocarse en una postura tipo “T”, es decir, de pie con los brazos extendidos horizontalmente. Esta posición sirve como punto de calibración y garantiza que el sistema haya detectado correctamente al usuario.
- **Control de dirección:** El movimiento del cóndor se basa en la inclinación del tronco del jugador hacia la izquierda y derecha, junto con ambos brazos estirados a los lados. Estas inclinaciones se traducen en desplazamientos del personaje dentro del entorno virtual. Por ejemplo, si el jugador se inclina hacia la izquierda, el cóndor se moverá en esa dirección. Esta mecánica permite evaluar el equilibrio y la coordinación postural.
- **Vuelo hacia arriba (manos arriba):** Para mantener al cóndor en vuelo, el usuario debe sostener los brazos hacia arriba. Esto simula el aleteo y promueve el trabajo muscular del tren superior sin requerir movimientos bruscos.
- **Vuelo hacia abajo (manos abajo):** Para hacer descender al cóndor, el usuario debe bajar los brazos hacia las piernas.
- **Evitar colisiones y recoger objetos:** Al no existir un botón físico, el control depende de la precisión de los movimientos del usuario para esquivar obstáculos y recolectar ramas durante el vuelo. Esto exige concentración y coordinación ojo-cuerpo.

Los movimientos seleccionados (ver figura 4.3) permiten que el niño mantenga una postura erguida, con movilidad controlada, y que pueda responder a los estímulos visuales del juego sin distracción ni sobrecarga física. Además, el uso del cuerpo completo favorece la estimulación de habilidades motoras gruesas, aspecto central en los objetivos terapéuticos del proyecto.

El sistema fue diseñado para ser lo suficientemente sensible como para responder a movimientos suaves, pero también tolerante ante pequeños errores o inestabilidad, de modo que la experiencia siga siendo positiva incluso para niños con dificultades motoras leves.

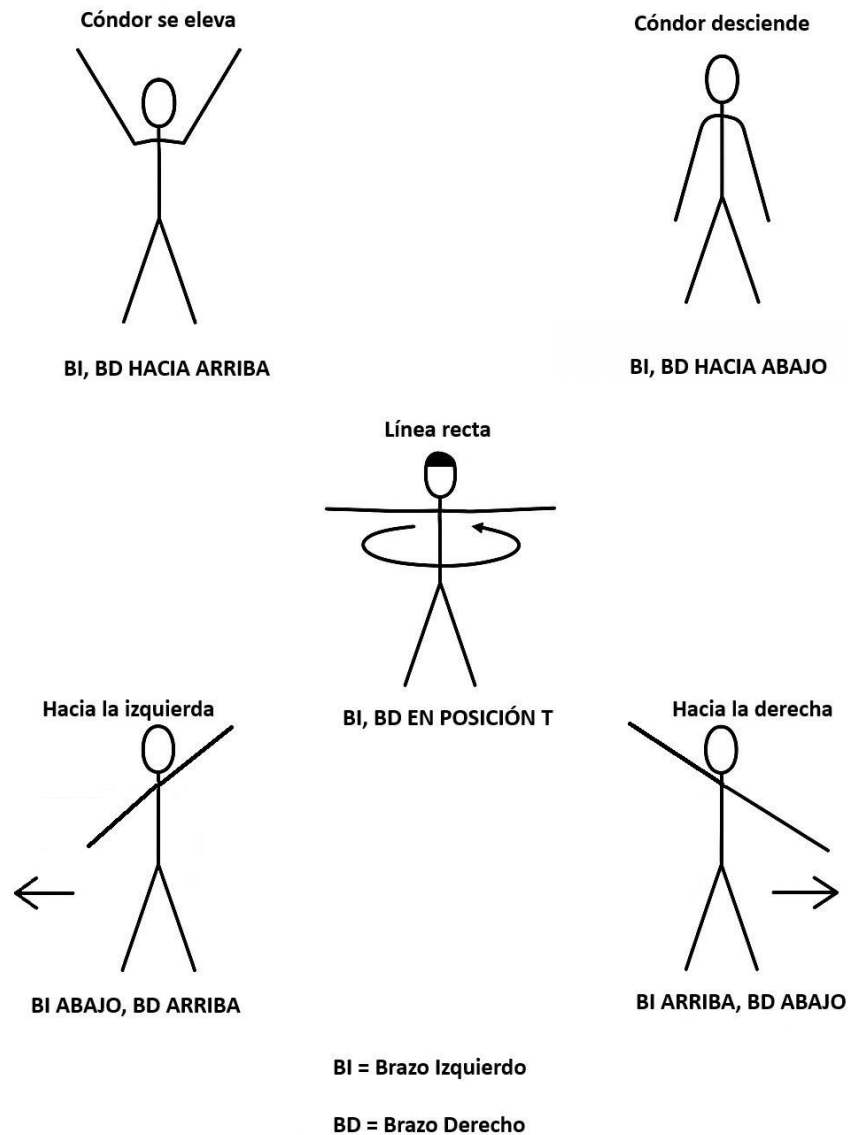


Figura 4.3: Concepto inicial de los movimientos implementados para el control del cóndor.

#### 4.3.4. Diagrama de Flujo del Videojuego

La Figura 4.4 muestra el diagrama de flujo que representa la secuencia lógica de navegación del videojuego desde su inicio hasta la presentación de resultados. Este flujo refleja una estructura lineal, intuitiva y adecuada para usuarios infantiles, manteniendo la simplicidad en cada etapa del proceso de interacción:

- **Inicio:** El juego se inicia mostrando el menú principal.
- **Selección de personaje:** El usuario elige entre un cóndor macho o hembra.
- **Selección de nivel:** Se ofrece al usuario la posibilidad de escoger entre los niveles disponibles.
- **Jugabilidad:** Se desarrolla el nivel con las mecánicas definidas.
- **Resultados:** Al finalizar el nivel, se presentan en pantalla los datos recopilados según el desempeño del usuario.

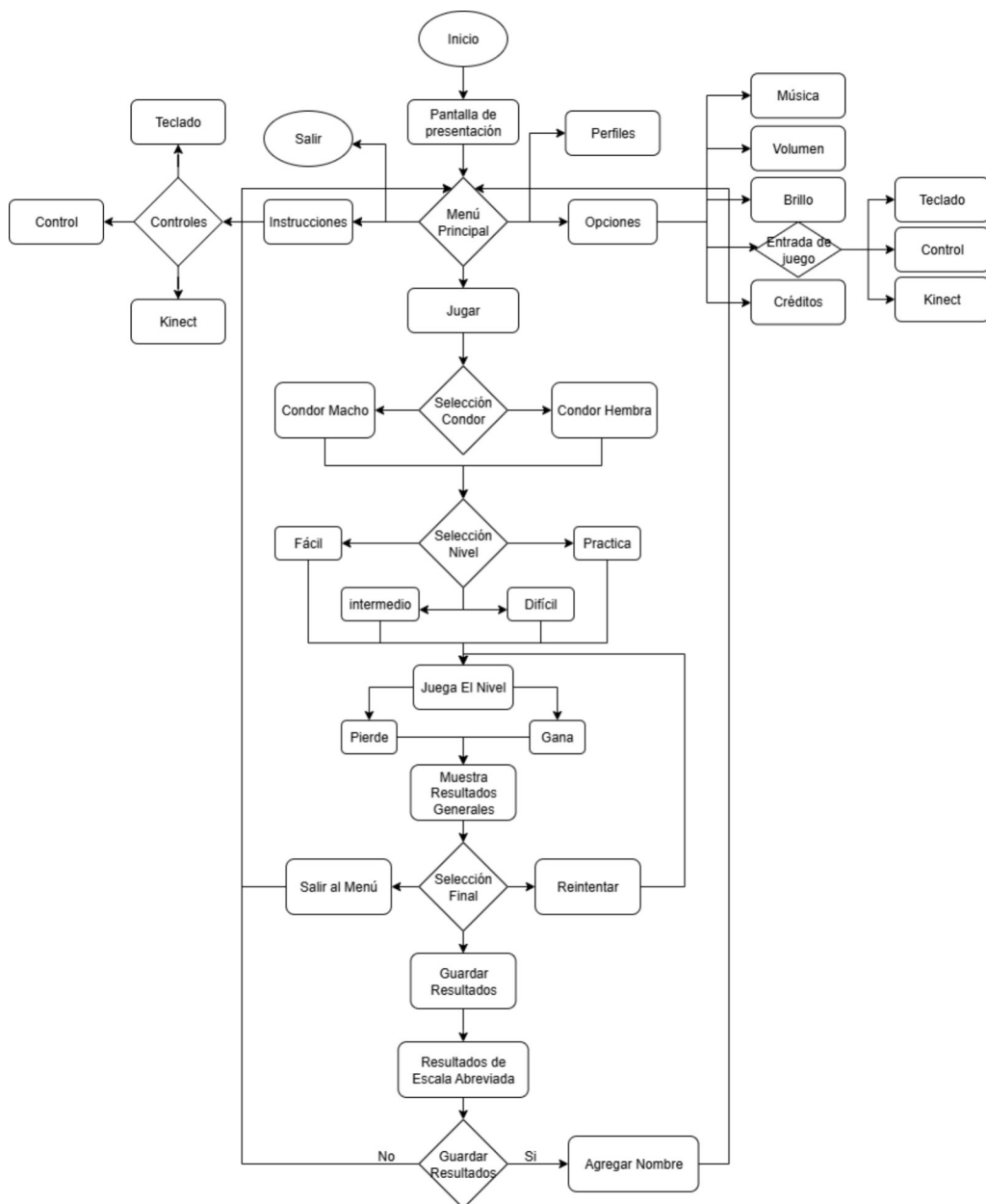


Figura 4.4: Diagrama de flujo general del videojuego.

## 4.4. Estilo Visual y Educativo del Videojuego

Las decisiones de estilo tomadas durante el diseño del videojuego no solo estuvieron orientadas a la jugabilidad y la experiencia de usuario, sino también a incorporar un componente educativo que aportara valor al aprendizaje de los niños.

Desde las etapas iniciales del proyecto, se planteó que el juego no solo debía fomentar el desarrollo de habilidades viso-motoras, sino también servir como una herramienta de sensibilización y conocimiento sobre el **cóndor andino**, una especie emblemática de Colombia y de vital importancia ecológica.

Para lograr esto, se definieron las siguientes directrices de estilo:

- **Ambientación natural basada en hábitats reales:** Cada nivel del videojuego fue diseñado tomando como referencia ecosistemas reales donde habita el cóndor andino, como páramos, zonas montañosas y ambientes de alta altitud. Esto permite al niño relacionar visualmente el entorno del juego con la realidad del animal.
- **Diseño del personaje principal (el cóndor):** El cóndor fue modelado con rasgos reconocibles que lo vinculan con su contraparte real, pero adaptado a un estilo visual amigable y atractivo para el público infantil. Se desarrollaron dos versiones, macho y hembra (figura 4.5 y 4.6 respectivamente), para fomentar la inclusión y la identificación con el personaje.
- **Narrativa implícita:** Aunque el juego no contiene texto narrativo tradicional, el objetivo de construir un nido a partir de la recolección de ramas introduce una historia simple y educativa: el jugador ayuda al cóndor a sobrevivir y proteger su especie, lo cual refuerza el vínculo entre aprendizaje y acción.
- **Elementos visuales complementarios:** En el entorno del juego se incluyen otros elementos representativos de la fauna y flora andina, como osos de anteojos, conejos y montañas cubiertas de niebla o nieve, para enriquecer la experiencia visual y contextual.
- **Estética amigable e inmersiva:** Se emplearon colores vivos pero naturales, contrastes suaves, y animaciones sencillas que capturan la atención sin saturar al usuario. El estilo visual fue cuidadosamente adaptado para niños entre los 6 y 9 años, combinando realismo ambiental con una atmósfera lúdica.

Estas decisiones de estilo buscan integrar el componente terapéutico con una experiencia significativa a nivel visual y cognitivo, donde el niño no solo mejora sus habilidades motoras, sino también adquiere conocimiento sobre su entorno natural y la importancia de su preservación.

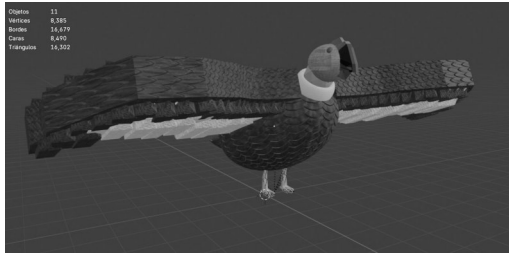


Figura 4.5: Modelo del cóndor macho utilizado en el videojuego.

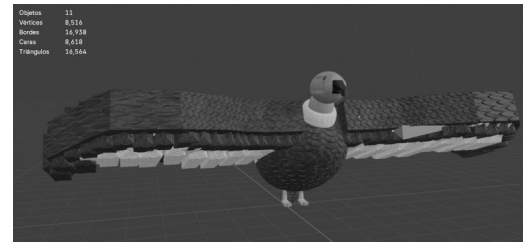


Figura 4.6: Modelo del cóndor hembra utilizado en el videojuego.

# Capítulo 5

## Implementación

### 5.1. Proceso de Desarrollo

En la etapa de creación del videojuego, el proyecto se desarrolló mediante varias fases programadas, cada una con metas concretas dirigidas a la construcción gradual de una solución funcional, atractiva y terapéuticamente eficaz. Esta etapa no solo conllevó la programación y la creación visual del ambiente interactivo, sino también la incorporación de tecnologías de captura de movimiento, evaluaciones de usabilidad y confirmación de las mecánicas sugeridas.

El procedimiento de implementación se llevó a cabo con el motor de desarrollo **Unity**, el cual se escogió por su adaptabilidad para generar ambientes tridimensionales y su compatibilidad con el sensor **Kinect v2**, instrumento crucial para la captura y reconocimiento de los gestos del usuario. Esta integración tecnológica permitió crear una experiencia lúdica fundamentada en movimientos corporales auténticos, acorde a los objetivos terapéuticos establecidos en etapas anteriores.

Cada fase de desarrollo se caracterizó por una iteración continua, basándose en los fundamentos de la metodología de prototipado rápido, lo que facilitó la realización de modificaciones en el diseño, las mecánicas y la retroalimentación conforme a los resultados de los ensayos funcionales. Las etapas comprendieron desde el desarrollo de la interfaz gráfica inicial y la ambientación de los escenarios, hasta la aplicación de los niveles de dificultad, las animaciones del cóndor y la calibración de los movimientos que el sensor detecta.

A continuación, se describen de manera detallada las principales etapas que conformaron el proceso de desarrollo del videojuego *Aventura Cóndor*.

### 5.1.1. Fase 1: Prototipado Inicial y Base del Juego

En esta primera etapa, el proceso de desarrollo se enfocó en sentar los cimientos esenciales del videojuego, garantizando que las estructuras fundamentales del proyecto fueran operativas, estables y escalables para las fases subsiguientes.

El paso inicial implicó la configuración preliminar del proyecto en el motor gráfico **Unity**, estableciendo la estructura de las escenas, las capas de renderizado y la disposición jerárquica de los objetos del universo. Se decidió emplear la versión estándar del **Universal Render Pipeline (URP)**, ya que esta configuración proporciona un balance entre calidad visual y desempeño en dispositivos de gama media, un aspecto crucial teniendo en cuenta que el software está diseñado para ser empleado en entornos escolares o terapéuticos con recursos tecnológicos escasos.

En esta etapa también se elaboraron y prototiparon los primeros modelos tridimensionales del ambiente, que incluyen suelos elementales, elementos aislados del entorno (como picos y vegetación) y la primera representación visual del personaje principal: el cóndor. Aunque en este momento aún no se utilizaban texturas ni detalles de excelente calidad, estos modelos actuaron como punto de referencia espacial para confirmar dimensiones, escalas y desplazamiento dentro del ambiente.

Simultáneamente, se puso en marcha la lógica de control inicial para el personaje, empleando el teclado y el ratón como método de entrada temporal. Este método facilitó la realización de pruebas iniciales en la mecánica del vuelo, la valoración de la fluidez en el movimiento del cóndor y la modificación de parámetros físicos y de movimiento como la velocidad, la gravedad y los límites del escenario.

Igualmente, se crearon los primeros **niveles conceptuales**, cuyo objetivo era confirmar la organización de los elementos recolectables, posibles barreras y rutas de navegación, sin poner aún el foco en la estética final o en la aplicación de la interacción gestual a través de Kinect.

Finalmente, en esta etapa se llevaron a cabo evaluaciones de desempeño en diferentes equipos para asegurar que el juego se llevara a cabo de forma suave y sin fallos críticos. Estas pruebas fueron esenciales para modificar la complejidad poligonal de los modelos y la carga gráfica global, estableciendo un fundamento firme en el que se desarrollarían las siguientes fases del desarrollo.

### 5.1.2. Fase 2: Diseño de Niveles y Experiencia de Usuario

Con la base del juego establecida, procedimos a la creación y refinamiento de los tres niveles principales:

- **Nivel 1: Páramo verde.** Se establecieron mecánicas de exploración y vuelo básico (ver figura 5.1).

- **Nivel 2: Montañas gélidas.** Se añadieron efectos de nieve y sonidos ambientales invernales (ver figura 5.2).
- **Nivel 3: Montañas altas y lluviosas.** Ambientado de noche para aumentar el desafío y la sensación de exploración (ver figura 5.3).



Figura 5.1: Primer nivel del juego, Páramo Verde

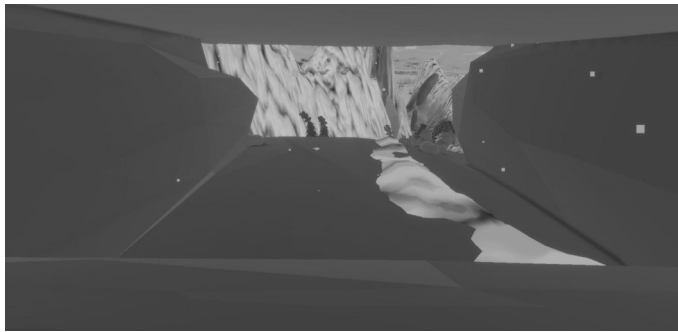


Figura 5.2: Segundo nivel del juego, Montañas Gélidas



Figura 5.3: Tercer nivel del juego, Montañas Altas y Lluviosas

También se rediseñó el menú del juego (figura 5.4), transformándolo de un fondo estático 2D a un entorno 3D interactivo. Se añadieron animaciones y transiciones dinámicas, mejorando la experiencia de navegación.

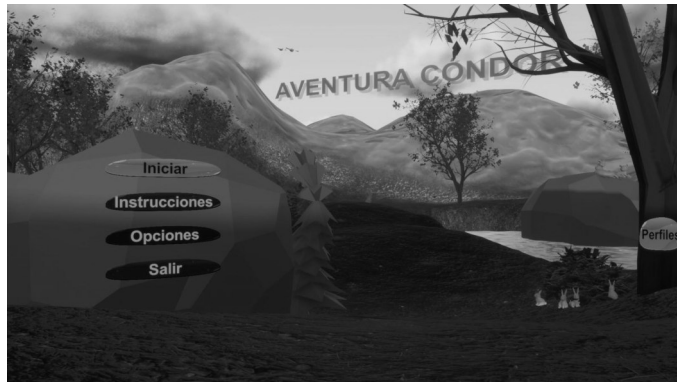


Figura 5.4: Menú principal después del rediseño

### 5.1.3. Fase 3: Mejoras Visuales y Optimización

A medida que se avanzó en el desarrollo del videojuego, se identificaron diversas oportunidades para mejorar la calidad visual del entorno sin comprometer el rendimiento general de la aplicación. Con este propósito, se tomó la decisión de realizar la transición de la configuración inicial con Universal Render Pipeline (URP) a High Definition Render Pipeline (HDURP) (ver figuras 5.5 y 5.6), permitiendo mejorar aspectos clave como la iluminación, los reflejos, las sombras y la representación realista de elementos naturales como el agua y la niebla.

Esta mejora visual respondió directamente al cumplimiento del **Requisito Funcional RF5** (Sección 4.2.4), el cual establece la necesidad de recrear entornos inspirados en paisajes colombianos como páramos, montañas y valles, brindando una experiencia inmersiva y representativa del hábitat natural del cóndor andino. La adopción de HDURP permitió elevar la calidad gráfica del juego, acercando al usuario a una representación visual más fiel y educativa de estos ecosistemas.

Sin embargo, el cambio de pipeline también implicó ajustes sustanciales en los modelos tridimensionales, materiales y texturas utilizadas en el proyecto, así como en la configuración de cámaras y postprocesado. Para garantizar que estas mejoras no afectaran negativamente el rendimiento del videojuego, se realizaron procesos de optimización de recursos gráficos, tales como reducción de polígonos en objetos secundarios, compresión de texturas y ajustes de LOD (Level of Detail). Estas acciones permitieron mantener una tasa de fotogramas estable y tiempos de carga aceptables, cumpliendo con el **Requisito No Funcional RNF2**, que exige un rendimiento fluido y sin retrasos para conservar la inmersión del usuario en la experiencia lúdica.

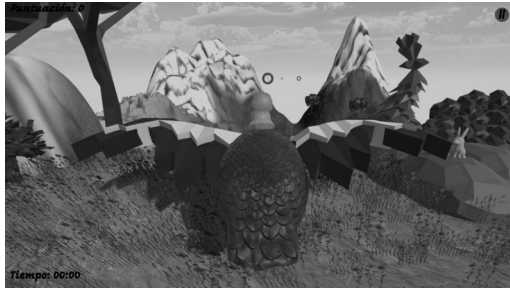


Figura 5.5: Representación gráfica del entorno utilizando URP.



Figura 5.6: Representación gráfica del entorno utilizando HDURP.

#### 5.1.4. Fase 4: Implementación de Kinect y Control por Movimiento

En esta etapa, el enfoque principal se centró en la integración del sensor Kinect v2 para permitir el control del cóndor mediante los movimientos corporales del jugador. Inicialmente, se configuró el SDK de Kinect para detectar la estructura esquelética del usuario y enlazarla con el sistema de movimiento del juego, asegurando que los datos de posición y orientación de las articulaciones fueran correctamente interpretados por el motor gráfico.

Como se muestra en la Figura 5.7, el esqueleto del usuario es detectado en tiempo real en pantalla, permitiendo validar la postura inicial del jugador mediante la posición en "T" (T-pose), requisito necesario para comenzar la sesión de juego. Este paso fue clave para garantizar que el sistema reconociera de forma estable y precisa al usuario antes de iniciar la partida.

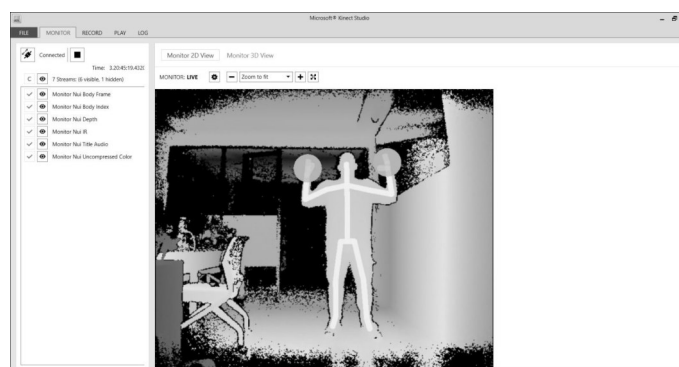


Figura 5.7: Detección del esqueleto del usuario con Kinect

Posteriormente, se estableció la conexión con Unity 6, donde se realizó el mapeo de los movimientos del jugador a los desplazamientos del cóndor dentro del entorno tridimensional. Como se puede ver en la figura 5.8, este mapeo incluyó la inclinación del tronco para controlar la dirección de vuelo y la elevación de los brazos para

ajustar la altitud, brindando una experiencia de control intuitiva y adecuada para el público infantil objetivo. Además, como parte de esta implementación, se incorporó una representación visual del esqueleto detectado directamente en la interfaz del juego, facilitando la navegación en el menú mediante gestos de la mano.

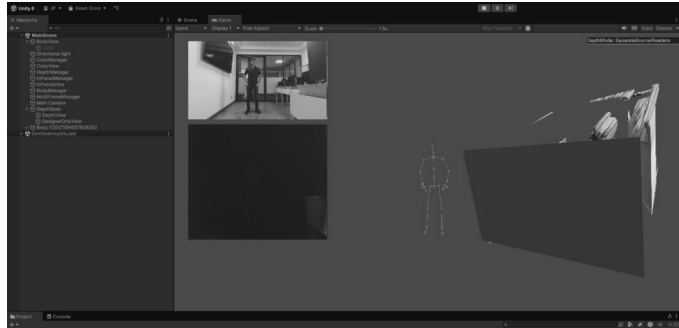


Figura 5.8: Mapeo del esqueleto del usuario en Unity

Este avance representa el cumplimiento directo del **Requisito Funcional RF2** (Sección 4.2.4), el cual establece la necesidad de integrar control gestual a través del sensor Kinect 2 para garantizar una jugabilidad accesible y libre de dispositivos físicos. Asimismo, se atendió el **Requisito No Funcional RNF1**, que requiere la compatibilidad efectiva con el hardware seleccionado, asegurando una integración estable con el sensor Kinect v2 dentro del entorno de desarrollo Unity.

Cabe resaltar que durante esta fase se abordaron desafíos técnicos como la calibración inicial del usuario, la reducción de ruido en la señal de captura y la optimización de la latencia de respuesta para mantener una experiencia de juego fluida y sin interrupciones perceptibles por el usuario.

En la figura 5.9, se puede ver el flujo final de la captura de movimiento para el movimiento del cóndor.

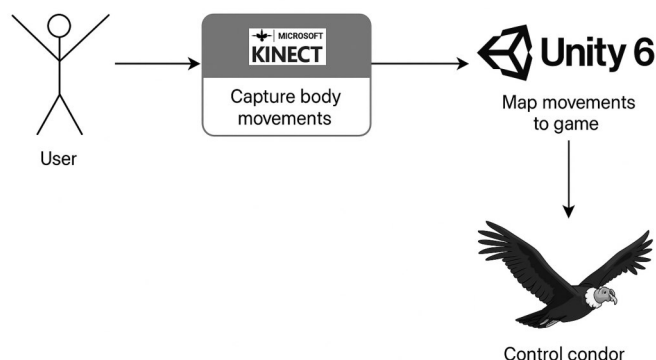


Figura 5.9: Flujo Kinect-Unity-Cóndor

### 5.1.5. Fase 5: Implementación de Actividades Evaluativas

En esta fase se realizó la integración de las actividades evaluativas definidas a partir de la **Escala Abreviada de Desarrollo (EAD)** y su adaptación al entorno del videojuego *Aventura Cóndor*. Estas actividades, seleccionadas para evaluar la motricidad gruesa y fina adaptativa del usuario, fueron implementadas como componentes clave de la jugabilidad en los tres niveles diseñados.

La mecánica principal del juego —recolectar ramas para construir un nido— se relacionó con indicadores evaluativos como la precisión de movimientos, la fluidez de vuelo y la capacidad para evitar colisiones con obstáculos. Asimismo, se incorporaron parámetros de medición automáticos, tales como el tiempo de vuelo, el conteo de objetos recolectados y la cantidad de colisiones, que permiten evaluar de manera indirecta habilidades motoras definidas en la EAD, adaptadas a la naturaleza interactiva y lúdica del videojuego.

La implementación de estas actividades permite capturar métricas esenciales para la observación terapéutica, como:

- **Motricidad Gruesa:** tiempo en mantener una postura específica (T-pose), amplitud de los movimientos de brazos para cambiar de dirección y diversidad de movimientos corporales.
- **Motricidad Fina Adaptativa:** precisión en la recolección de ramas, suavidad en el desplazamiento del cóndor y desviación media respecto a la trayectoria óptima.

Estos datos son procesados en tiempo real y presentados en pantalla al finalizar cada nivel como se muestra en la figura 5.10, en cumplimiento con el **Requisito Funcional RF4** (Sección 4.2.4), que establece la necesidad de registrar datos relevantes sobre el desempeño del jugador, como colisiones, tiempos de respuesta y efectividad en la tarea. Es importante resaltar que, siguiendo las decisiones de diseño tomadas previamente, esta información no es almacenada en el sistema, sino que es mostrada directamente al terapeuta para su análisis posterior.

De este modo, la fase de implementación de actividades evaluativas consolidó la función terapéutica del videojuego, garantizando que las acciones realizadas por el usuario dentro del entorno lúdico correspondan con indicadores objetivos de su desempeño motor, ajustados a las necesidades y características del público infantil destinatario.

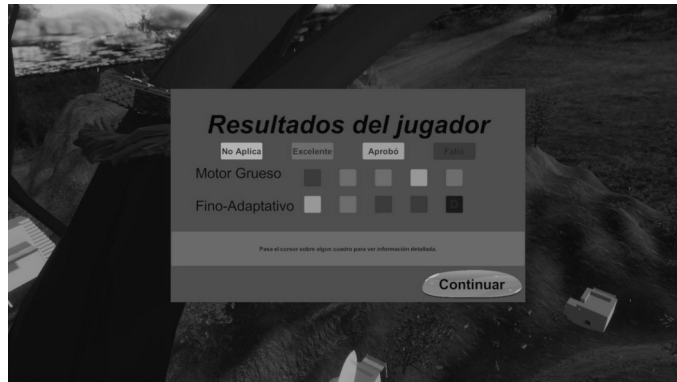


Figura 5.10: Resultados finales en cada nivel

### Listado de Evaluaciones de los Perfiles

El sistema implementa un conjunto de evaluaciones diseñadas para transformar la experiencia de juego en una herramienta diagnóstica lúdica. Estas métricas permiten analizar distintos aspectos del desarrollo viso-motor del jugador, dividiéndose en dos categorías: motricidad gruesa y motricidad fino-adaptativa.

#### Motricidad Gruesa

- Evalúa cuánto tarda el jugador en completar el nivel. Un menor tiempo sugiere mayor eficiencia en el control corporal.
- Mide cuánto tiempo logra mantener la posición en T. Esta postura evalúa la coordinación postural y el equilibrio del cuerpo.
- Cuenta las veces que el jugador choca con el entorno. Sirve para analizar el control espacial y la conciencia del entorno.
- Verifica si se extienden correctamente los brazos en forma de T. Evalúa la movilidad y simetría del tren superior.
- Detecta si el jugador se mueve en todas las direcciones. Un control variado indica buena exploración motora y control direccional.

#### Motricidad Fino-Adaptativa

- Cantidad de palos recogidos durante el nivel. Refleja la capacidad de reacción y la coordinación ojo-mano.
- Evalúa si el jugador se mantiene en movimiento. La fluidez sugiere buena integración motora y persistencia en la tarea.

- Relación entre intentos y aciertos al recolectar. Indica precisión motora y control fino durante la ejecución.
- Mide cuánto se desvía el jugador del eje central. Evalúa el equilibrio y la orientación espacial.
- Detecta si un jugador se inclinó más hacia un lado. Sirve para observar patrones posturales o dominancias laterales.

Este conjunto de evaluaciones permite transformar la experiencia de juego en una herramienta diagnóstica lúdica. Al analizar estos indicadores, el juego no solo entretiene, sino que proporciona información valiosa sobre el desarrollo de la coordinación viso-motora del jugador. Cada métrica ha sido diseñada para reflejar aspectos específicos del control corporal y la precisión motora, fundamentales en la detección temprana de posibles dificultades en niños. Así, el juego se convierte en un puente entre la diversión y la intervención profesional, facilitando decisiones más informadas por parte de terapeutas, docentes o cuidadores.

### 5.1.6. Fase 6: Cambios Adicionales

Durante esta fase se incorporaron mejoras adicionales que surgieron como iniciativas del equipo de desarrollo, con el propósito de enriquecer la experiencia de juego, mejorar la inmersividad y facilitar el uso tanto para los niños como para los profesionales que acompañan el proceso terapéutico. Estas modificaciones no estaban contempladas inicialmente en el plan del proyecto, pero fueron implementadas tras observar las reacciones y necesidades detectadas en las sesiones de prueba.

Las principales adiciones fueron:

- **Ambientación sonora:** Incorporación de sonidos ambientales (cantos de aves, viento, agua) para reforzar la inmersión y mantener la atención de los niños, especialmente en niveles extensos o con baja carga visual.
- **Aros de impulso:** Implementación de aros de velocidad que incrementan temporalmente la velocidad del cóndor, brindando dinamismo al juego y contrarrestando la posible fatiga o desmotivación detectada en algunos usuarios.
- **Compatibilidad con control Xbox:** Inclusión de soporte para controladores Xbox (versión superior a 360), ofreciendo una alternativa de control más accesible para usuarios con dificultades motrices específicas o que requieran una interfaz física. En la figura 5.11 se puede ver cómo es el mapeo de los botones del control en Unity.



Figura 5.11: Modelo de control en Unity

- Sistema de perfiles con almacenamiento local:** Desarrollo de una base de datos local en formato JSON para guardar hasta cinco perfiles de usuario. Este sistema permite almacenar temporalmente resultados de desempeño y facilita a los profesionales el análisis y seguimiento de los niños en sesiones sucesivas. Estos datos se muestran en pantalla como se puede ver en la figura 5.12.



Figura 5.12: Pantalla de resultados mostrados desde almacenamiento

Estas mejoras complementan la funcionalidad principal del videojuego y refuerzan su valor como herramienta de apoyo terapéutico, mejorando la accesibilidad, la motivación de los usuarios y la gestión de datos para los especialistas.

### 5.1.7. Ajustes Posteriores a la Retroalimentación de los Terapeutas

Como resultado de la fase de validación con usuarios y terapeutas (vease capítulo 6) del Instituto, se implementaron ajustes adicionales en el prototipo con el fin de mejorar la accesibilidad, usabilidad y experiencia de juego de los niños, atendiendo directamente las observaciones y recomendaciones recibidas durante las pruebas.

### Mejoras en la Interfaz Visual

Los terapeutas señalaron la necesidad de optimizar diversos aspectos visuales de la interfaz para facilitar su uso por parte de niños con dificultades perceptivas o motrices leves. En respuesta a estas observaciones, se realizaron las siguientes modificaciones:

- Aumento del tamaño de la tipografía en los textos e instrucciones.
- Incremento del tamaño de los globos recolectables dentro del entorno de juego.
- Mejora del contraste de colores para mejorar la visibilidad de elementos clave en pantalla.
- Aumento del tamaño de los botones del menú principal y de las opciones de juego.
- Ampliación del puntero del mouse para facilitar su seguimiento visual.

Estas modificaciones fueron implementadas en todos los menús y escenas principales del juego, garantizando una experiencia más clara, cómoda y accesible para los usuarios.

### Módulo de Práctica de Movimientos

Adicionalmente, se incluyó un nuevo módulo de práctica (figura 5.13) diseñado para permitir que los niños se familiaricen con los controles del juego y los movimientos requeridos antes de acceder a los niveles principales. Este módulo ofrece un espacio sin objetivos específicos donde los usuarios pueden experimentar libremente con las mecánicas de vuelo del cóndor, practicar la postura en “T” (T-pose) y entender cómo sus gestos afectan el comportamiento del personaje dentro del entorno virtual.

El propósito de este módulo es reducir la curva de aprendizaje, minimizar la frustración inicial y permitir que los niños adquieran mayor seguridad y confianza antes de enfrentarse a los desafíos de los niveles con objetivos definidos.



Figura 5.13: Vista del módulo de práctica implementado en el prototipo

### Impacto de las Mejoras Implementadas

Estas modificaciones, incorporadas tras la retroalimentación directa de los terapeutas, contribuyeron a aumentar la accesibilidad general del sistema y a facilitar su adaptación a las necesidades individuales de cada usuario. Además, fortalecieron el valor terapéutico del videojuego al ofrecer una experiencia de uso más amigable, comprensible y ajustada a las condiciones reales de la población objetivo.

# Capítulo 6

## Validación del Sistema y Resultados

### 6.1. Plan de Pruebas

Este trabajo involucró sujetos humanos o animales en su investigación. 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 (Research Ethics Committee INCS) bajo la solicitud N° INV-2020-007, el 30 de junio de 2020, y se realizó conforme a las resoluciones 8430 (1994) y 2378 (2008) del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia.

El objetivo principal del plan de pruebas elaborado para este proyecto fue asegurar que el prototipo satisficiera satisfactoriamente los requisitos funcionales y no funcionales definidos en etapas anteriores del desarrollo. Estas pruebas fueron cruciales para garantizar que el sistema alcanzara su meta principal como instrumento de apoyo en la valoración y potenciación de habilidades visuales y motoras en niños de 6 a 9 años, en un ambiente de juego y educación fundamentado en realidad aumentada no inmersiva.

El procedimiento de verificación tomó en cuenta no solo el desempeño técnico del videojuego, sino también la relevancia de sus mecanismos y su adecuación a las demandas del público infantil y de los expertos en el campo terapéutico. Para tal fin, el esquema de pruebas se organizó basándose en los siguientes criterios:

- **Verificación de requisitos funcionales:** Se comprobó que todas las funcionalidades definidas, como la interacción gestual con Kinect v2, la recolección de objetos, la navegación por menús y la presentación de datos de desempeño, operaran correctamente en condiciones de uso reales.
- **Validación de requisitos no funcionales:** Se evaluó el rendimiento general

de la aplicación, su capacidad de respuesta, la estabilidad de la detección de gestos y la compatibilidad con los dispositivos previstos (Kinect v2 y control Xbox), garantizando una experiencia fluida y sin errores perceptibles.

- **Pruebas de usabilidad:** Se analizaron la accesibilidad de la interfaz, la claridad de las instrucciones y la facilidad de uso del sistema por parte de los niños y los terapeutas, para validar que la aplicación resultara comprensible, motivadora y acorde con las habilidades de los usuarios.
- **Pruebas de compatibilidad:** Se verificó la correcta operación del sistema en diferentes equipos de cómputo con características de hardware variadas, asegurando su portabilidad a entornos con recursos tecnológicos limitados, como centros educativos o fundaciones terapéuticas.
- **Pruebas de integridad de datos:** En aquellas funcionalidades que implicaban la captura temporal de datos de desempeño (sistema de perfiles), se garantizó que la información recolectada correspondiera adecuadamente con las acciones realizadas durante la partida.

En resumen, este plan de pruebas confirmó la habilidad del videojuego *Aventura Cóndor* para satisfacer su doble objetivo: brindar una experiencia de juego entretenida y didáctica para los niños, y brindar a los expertos en salud un instrumento valioso para valorar la coordinación viso-motora en niños.

### 6.1.1. Alcance de las Pruebas

Las pruebas abarcaron la evaluación completa del prototipo bajo condiciones controladas, teniendo en cuenta tanto su funcionalidad técnica como su efectividad para alcanzar el propósito terapéutico de respaldar el desarrollo de la coordinación viso-motora en niños de 6 a 9 años. Las evaluaciones incluían elementos vinculados con la adecuada identificación de los gestos a través del sensor Kinect v2, la reacción adecuada del sistema a los movimientos del usuario, y la exactitud y estabilidad del mapa corporal reflejado en la conducta del cóndor en el ambiente virtual.

Además de verificar la funcionalidad técnica, se evaluó la accesibilidad y sencillez de manejo de la interfaz gráfica, determinando si su diseño y navegación eran entendibles, llamativos y apropiados para la audiencia infantil establecida en este proyecto. Asimismo, se tomaron en cuenta posibles cambios en el perfil de los usuarios, como variaciones en las capacidades motoras o restricciones físicas mínimas, garantizando que el sistema no causara confusión ni frustración durante su manejo.

Los exámenes también contemplaron la evaluación de elementos adicionales como el ambiente sonoro, los componentes visuales de retroalimentación (como las modificaciones en el nido edificado en función de la puntuación obtenida) y la eficacia de las métricas mostradas al término de cada sesión, diseñadas para el análisis del rendimiento por los terapeutas.

Es importante destacar que este proceso de validación no solo se enfocó en identificar fallos técnicos o fallos de desempeño, sino que también tuvo en cuenta la experiencia global del usuario final, con el objetivo de asegurar que el sistema sea intuitivo, motivador, educativo y eficaz en su objetivo de ser un recurso de soporte en el proceso de desarrollo visomotor en niños a través de la utilización de realidad aumentada no inmersiva.

### 6.1.2. Validación de Requisitos

Se muestran a continuación las evaluaciones efectuadas al sistema durante el procedimiento de validación funcional. Estas evaluaciones se centraron en comprobar que cada elemento esencial del videojuego satisfaga los requisitos preestablecidos y opere de forma adecuada bajo condiciones reguladas.

Cuadro 6.1: Resultados de las pruebas de funcionalidad del sistema

<b>Prueba</b>	<b>Resultado</b>
Detección del usuario por Kinect	Se detecta exitosamente el cuerpo del usuario en la posición adecuada.
Control del cóndor mediante gestos (posición en T)	El movimiento del cóndor responde correctamente a los gestos realizados.
Navegación por menús con gestos	La navegación por las diferentes opciones del menú se realiza sin errores.
Selección de personaje (macho/hembra)	El sistema permite seleccionar entre cóndor macho o hembra de forma correcta.
Selección de nivel	Los tres niveles se pueden seleccionar de forma adecuada desde el menú.
Recolección de objetos dentro del nivel	Los objetos coleccionables son detectados y registrados correctamente al ser recogidos.
Sistema de puntuación y penalización funcional	La puntuación y las penalizaciones por colisiones funcionan según lo definido.
Visualización de resultados al finalizar nivel	Los resultados y datos de desempeño se muestran correctamente al finalizar cada nivel.
Adecuación visual (tamaño de globos, texto, puntero)	Los elementos visuales fueron ajustados correctamente para mejorar la visibilidad y accesibilidad.

### 6.1.3. Pruebas con Usuarios

Las evaluaciones de usuario se llevaron a cabo en los locales del Instituto para Niños Ciegos y Sordos, con la asistencia de niños de diversas edades y circunstancias, con el objetivo de valorar la accesibilidad, usabilidad e interacción del prototipo creado. La muestra contó con usuarios con variadas características sensoriales y motoras, lo que facilitó la comprobación de la capacidad del sistema para adaptarse a diferentes requerimientos y perfiles funcionales.

El proceso implicó que cada usuario pudiera interactuar de forma libre con el videojuego *Aventura Cóndor*, utilizando tanto el control gestual a través de Kinect v2 como el sistema de menú visual. Mientras tanto, los investigadores y profesionales presentes observaban y registraban las respuestas, problemas y comentarios expresados durante la sesión. Las evaluaciones se realizaron de manera individual, garantizando que cada usuario pudiera indagar en la experiencia sin interrupciones ni distracciones externas.

Los perfiles de los participantes fueron los siguientes:

- **Usuario 1:** Niño de 17 años con diagnóstico de ceguera total prematura (retinopatía).
- **Usuario 2:** Niña de 8 años con discapacidad visual (catarata congénita y glaucoma secundario).
- **Usuario 3:** Niña de 7 años sin ninguna condición sensorial o motriz diagnosticada.
- **Usuario 4:** Niño de 11 años con hipoacusia severa.
- **Usuario 5:** Niña de 10 años con hipoacusia severa profunda.

La variedad de circunstancias facilitó la valoración de elementos esenciales del prototipo, tales como la nitidez visual de los componentes gráficos, la sencillez de navegación a través de gestos y la reacción del sistema ante diversas habilidades perceptivas. En cada situación, se registró la interacción con el menú, la interpretación de las indicaciones visuales, la respuesta a estímulos auditivos y la realización de las características fundamentales del juego (recopilación de objetos, vuelo del cóndor, lucha contra obstáculos).

Además, las pruebas posibilitaron la obtención de comentarios directos de los usuarios y los expertos del Instituto, quienes asistieron a las sesiones y proporcionaron sugerencias para optimizar la accesibilidad y la adecuación terapéutica del sistema.

*(Nota: Las pruebas se realizaron siguiendo las consideraciones éticas y con la autorización previa de los responsables de cada usuario participante.)*

### 6.1.4. Evaluación de las Pruebas

Durante la validación del prototipo, se llevó a cabo una etapa de evaluación cualitativa con el objetivo de obtener comentarios directos de los usuarios finales (niños) y de los profesionales de terapia responsables de su asistencia. Esta fase fue crucial para apreciar no solo el desempeño técnico del videojuego, sino también su influencia desde la perspectiva de la usabilidad, accesibilidad y relevancia como instrumento de soporte en el desarrollo motor y visual de los niños.

#### Evaluación con los niños

Al finalizar cada sesión de prueba, se realizaron breves entrevistas a los participantes con el fin de conocer sus percepciones sobre la experiencia de juego. Las preguntas formuladas fueron las siguientes:

Cuadro 6.2: Preguntas realizadas a los niños durante la evaluación

N°	Pregunta
1	¿Te gustó el videojuego?
2	¿Te pareció fácil o difícil de jugar?
3	¿Te cansaste mucho mientras jugabas?

Las respuestas obtenidas permitieron identificar el nivel de disfrute, la percepción de dificultad y el grado de fatiga asociado a la actividad, aspectos claves para determinar la adecuación lúdica y física del sistema al público objetivo.

#### Evaluación con los terapeutas

De manera complementaria, se consultó a los terapeutas responsables de los procesos de intervención con los niños que participaron en la prueba. A estos profesionales se les formularon las siguientes preguntas:

Cuadro 6.3: Preguntas realizadas a los terapeutas durante la evaluación

N°	Pregunta
1	¿Considera que el videojuego es una herramienta adecuada para el desarrollo viso-motor infantil?
2	¿El nivel de dificultad y la accesibilidad del juego son apropiados para los niños que atendió?
3	¿Qué mejoras sugeriría para potenciar el uso terapéutico de esta herramienta?

Los terapeutas que nos acompañaron en el proceso de pruebas fueron:

- Fonoaudióloga (1)
- Fonoaudióloga (2)
- Docente de orientación y movilidad
- Docente de baja visión

Cada uno de estos profesionales aportó desde su campo de experiencia, ayudando a evaluar la pertinencia terapéutica, accesibilidad visual y adecuación motriz del videojuego según las necesidades de los niños participantes.

La retroalimentación brindada por los terapeutas permitió valorar la utilidad del sistema como complemento en las actividades de estimulación viso-motora, así como recoger sugerencias para mejorar aspectos de diseño, mecánica o accesibilidad que puedan optimizar su efectividad en contextos reales de aplicación.

Esta evaluación cualitativa aportó información valiosa que, junto con las pruebas técnicas previas, permitió establecer una visión integral del desempeño y potencial del prototipo desarrollado.

### 6.1.5. Resultados de las Pruebas

Se muestran los resultados obtenidos en la encuesta realizada tanto a los usuario como a los terapeutas. Los resultados se recopilaron de forma escrita. A continuación los resultados.

#### Preguntas a los usuarios

Cuadro 6.4: Resultados de la pregunta: ¿Te gustó el videojuego?

Opción de respuesta	Cantidad de niños
Sí	5
No	0

Cuadro 6.5: Resultados de la pregunta: ¿Te pareció fácil o difícil de jugar?

Opción de respuesta	Cantidad de niños
Fácil	2
Más o menos	2
Difícil	1

Cuadro 6.6: Resultados de la pregunta: ¿Te cansaste mucho mientras jugabas?

Opción de respuesta	Cantidad de niños
No	1
Más o menos	4
Sí	0

### Preguntas a los terapeutas

Cuadro 6.7: Resultados de la pregunta: ¿Considera que el videojuego es una herramienta adecuada para el desarrollo viso-motor infantil?

Opción de respuesta	Cantidad de terapeutas
Sí	4
No	0

Cuadro 6.8: Resultados de la pregunta: ¿El nivel de dificultad y la accesibilidad del juego son apropiados para los niños que atendió?

Opción de respuesta	Cantidad de terapeutas
Sí	2
En gran parte	2
No	0

Cuadro 6.9: Sugerencias de mejora indicadas por los terapeutas

N°	Sugerencia
1	Aumentar el tamaño de la letra en los textos e instrucciones.
2	Incrementar el tamaño de los globos (objetos recolectables).
3	Mejorar el contraste de los colores en los elementos visuales.
4	Aumentar el tamaño de los botones de la interfaz.
5	Incrementar el tamaño del puntero del mouse para facilitar su visibilidad.

## 6.1.6. Conclusiones y Análisis de Resultados de las Pruebas

### Conclusiones de las Pruebas con Usuarios

Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con los niños fueron mayoritariamente positivos. La totalidad de los participantes manifestó haber disfrutado la experiencia de juego, lo que evidencia que la propuesta resulta atractiva y lúdica para el público objetivo. En cuanto al nivel de dificultad, dos niños consideraron el juego fácil, dos indicaron que les pareció de dificultad intermedia y uno lo calificó

como difícil, resultado que sugiere un balance adecuado de desafío en la jugabilidad, aunque con margen de ajuste para mejorar la accesibilidad de algunos usuarios.

Sin embargo, se identificaron limitaciones importantes en niños con discapacidad visual, quienes presentaron mayores dificultades para interactuar con el sistema. Esta situación es coherente con la naturaleza eminentemente visual del videojuego, que requiere percepción gráfica constante para orientarse y cumplir los objetivos planteados.

Por otro lado, un aspecto recurrente reportado fue la sensación de fatiga física tras el uso prolongado del juego. Esto se relaciona con la mecánica de control implementada mediante Kinect v2, la cual requiere que el usuario adopte y mantenga la posición en “T” (T-pose) para estabilizar el vuelo del cóndor, como se muestra en la Figura 4.3. Esta postura, aunque efectiva para la detección gestual, puede resultar exigente para niños con baja resistencia o dificultades motrices, afectando su comodidad y tiempo de juego continuo.

### **Conclusiones de las Pruebas con Terapeutas**

Los terapeutas participantes coincidieron en que el videojuego desarrollado cumple con los requisitos esenciales para considerarse una herramienta de apoyo útil en procesos de estimulación y evaluación de la coordinación viso-motora infantil. La valoración general fue positiva, destacando el potencial del sistema para complementar intervenciones terapéuticas tradicionales de manera lúdica e interactiva.

Las recomendaciones de mejora planteadas por los profesionales se enfocaron en aspectos visuales de la interfaz, sugiriendo aumentar el tamaño de la tipografía y de los objetos recolectables (globos), mejorar el contraste de colores y ampliar tanto los botones de navegación como el puntero del mouse, con el fin de facilitar la percepción y manipulación de estos elementos por parte de los niños.

Finalmente, los terapeutas señalaron que el prototipo presenta limitaciones para niños con ceguera total o discapacidad visual severa, debido a la dependencia del videojuego en estímulos visuales para su funcionamiento. No obstante, esta restricción se encuentra alineada con los objetivos iniciales del proyecto, centrados en el desarrollo de habilidades viso-motoras, y no en la inclusión de usuarios con pérdida total de visión.

En conjunto, los resultados validan la viabilidad del prototipo como herramienta de apoyo terapéutico, identificando a la vez oportunidades claras de mejora para futuras iteraciones orientadas a optimizar la accesibilidad, el confort de uso y la efectividad clínica del sistema.

# Capítulo 7

## Conclusiones

El desarrollo del proyecto *Aventura Cóndor* ha permitido comprobar la viabilidad de integrar tecnologías de realidad aumentada no inmersiva y control gestual mediante Kinect v2 como herramienta de apoyo en procesos terapéuticos enfocados en la estimulación de la coordinación viso-motora infantil.

A lo largo de las distintas fases de diseño, implementación y validación, se logró materializar un prototipo funcional que no solo cumple con los requisitos técnicos establecidos, sino que también ofrece una experiencia lúdica adaptada al público objetivo: niños entre 6 y 9 años con posibles dificultades en el desarrollo de habilidades motrices gruesas y finas. La mecánica del juego, basada en el control gestual del cóndor, permitió evaluar de manera indirecta capacidades motoras clave, como la estabilidad postural, la coordinación de movimientos y la precisión espacial.

Las pruebas realizadas con usuarios reales evidenciaron una buena aceptación del sistema en términos de jugabilidad, interés y motivación, elementos esenciales para cualquier herramienta de uso terapéutico con población infantil. Sin embargo, también se identificaron aspectos a mejorar, especialmente en lo relacionado con la exigencia física de ciertas posturas prolongadas y la adaptación visual de la interfaz para usuarios con dificultades perceptivas. Es importante resaltar que, si bien algunos niños con discapacidad visual severa enfrentaron mayores retos, esta limitación se encuentra dentro de los alcances definidos para el proyecto, cuyo énfasis está orientado a niños con alteraciones viso-motoras y no a condiciones de ceguera total.

Por otro lado, la retroalimentación brindada por los terapeutas especializados validó el potencial del videojuego como recurso complementario para la evaluación y el acompañamiento de niños en procesos de rehabilitación o estimulación motora. Los profesionales destacaron la pertinencia de las métricas recogidas y la posibilidad de incorporar mejoras visuales que optimicen la accesibilidad para todos los perfiles de usuarios.

Finalmente, este proyecto demuestra que es posible aprovechar tecnologías accesibles como Kinect v2 y motores de desarrollo como Unity para crear soluciones

innovadoras en el ámbito terapéutico y educativo, ampliando las alternativas disponibles para la intervención en trastornos del neurodesarrollo motor infantil.

Se concluye que *Aventura Cóndor* cumple con los objetivos propuestos y constituye una base sólida para futuras versiones que integren ajustes ergonómicos, ampliación de actividades evaluativas y, eventualmente, una mayor inclusión de usuarios con diversas condiciones sensoriales y motrices.

# Capítulo 8

## Trabajo Futuro

A partir de los resultados obtenidos en este proyecto y de las observaciones realizadas durante las pruebas con usuarios y terapeutas, se identificaron varias oportunidades de mejora y expansión que pueden ser consideradas en desarrollos posteriores. Estas propuestas buscan ampliar el alcance del prototipo, mejorar su accesibilidad y optimizar su utilidad en contextos terapéuticos reales.

### 8.1. Adaptación para usuarios con discapacidades visuales

Si bien el prototipo actual está enfocado en el desarrollo de habilidades visomotoras, una posible línea de trabajo futuro consiste en adaptar el sistema para incluir a usuarios con discapacidad visual parcial o total. Esto podría lograrse mediante la incorporación de funcionalidades de audiodescripción, señales acústicas guía y retroalimentación sonora dinámica dentro del entorno del videojuego. Estas mejoras permitirían que los niños con limitaciones visuales puedan orientarse, recibir indicaciones claras y participar activamente de la experiencia de juego, ampliando así la población beneficiada por la herramienta.

### 8.2. Optimización ergonómica del sistema de control

Durante las pruebas se identificó que la postura en “T” utilizada para el control del cóndor puede generar fatiga en sesiones prolongadas. Por tanto, un aspecto relevante para futuros desarrollos es el rediseño de la mecánica gestual para reducir el esfuerzo físico requerido, por ejemplo, permitiendo movimientos alternativos de menor exigencia o estableciendo pausas activas dentro de la jugabilidad para evitar

la sobrecarga muscular.

### **8.3. Expansión de actividades terapéuticas**

Otra posible línea de trabajo es el desarrollo de nuevos niveles o mini-juegos que aborden habilidades motoras adicionales, tales como ejercicios de equilibrio, desplazamiento lateral simulado o coordinación bilateral. Esto permitiría evaluar y estimular de manera más integral las capacidades motoras de los niños, diversificando las actividades propuestas en el videojuego.

### **8.4. Integración de análisis automatizado de datos**

Una mejora significativa sería la incorporación de un módulo de análisis automatizado de los datos recogidos durante las sesiones de juego. Este módulo podría generar reportes detallados de desempeño, identificar patrones de mejora o estancamiento y proporcionar recomendaciones terapéuticas basadas en el progreso individual de cada usuario. Tal funcionalidad incrementaría el valor clínico del sistema para los profesionales de la salud.

# Bibliografía

- [1] Levante-EMV, “La Wii se convierte en una herramienta útil para tratar enfermedades neurodegenerativas,” 16 de noviembre de 2010. [En línea]. Disponible en: <https://www.levante-emv.com/salud/2010/11/16/wii-convierte-herramienta-util-tratar-13104011.html>
- [2] Universidad de La Salle, “Los videojuegos impactan nuestra salud física y mental.” [En línea]. Disponible en: <https://www.lasalle.edu.co/Noticias/ViveUnisalleNoticias/uls/Los-videojuegos-impactan-nuestra-salud-fisica-y-mental>
- [3] The Good Gamer, “La OMS recomienda los videojuegos activos para mantenerse saludables durante la cuarentena,” 23 de abril de 2020. [En línea]. Disponible en: <https://thegoodgamer.es/la-oms-recomienda-los-videojuegos-activos-para-mantenerse-saludables-duran>
- [4] Premium Health & Sport, “¿Qué es el desarrollo motor?” [En línea]. Disponible en: <https://premiumhealthsport.com/blog/que-es-el-desarrollo-motor/>
- [5] B. Barna, “¿Qué es la propiocepción y por qué es tan importante para deportistas y pacientes en rehabilitación?”, BarnaClínica+, 25 de enero de 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.barnaclinic.com/blog/traumatologia-deportiva/2019/01/25/propiocepcion/>
- [6] R. Estrada Arriaga, “Aprendizaje visomotor en la salud y la enfermedad,” Revista Médica de la Universidad Veracruzana, vol. especial, pp. 29–34, 2012. [En línea]. Disponible en: [https://www.uv.mx/rm/num\\_anteriores/revmedica\\_vol\\_especial\\_2012/articulos/aprendizaje.pdf](https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol_especial_2012/articulos/aprendizaje.pdf)
- [7] Iberdrola, “Beneficios de los videojuegos en el aprendizaje.” [En línea]. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/talento/beneficios-videojuegos-aprendizaje>
- [8] Rock Content, “Realidad aumentada: qué es, cómo funciona y ejemplos.” [En línea]. Disponible en: <https://rockcontent.com/es/blog/realidad-aumentada/>
- [9] G. Restrepo, et al., “Extended Realities for Sensorially Diverse Children,” IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 44, no. 4, pp. 26–39, julio-agosto

2024. DOI: 10.1109/MCG.2024.3419699. [En línea]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10582493>
- [10] A. López-Wade, G. A. Uc-Cohuo y J. Taylor Ramos, “Uso, abuso y consecuencias de los videojuegos en niños de 6 a 12 años en una escuela de educación básica,” *Salud en Tabasco*, vol. 21, núm. 1, pp. 12–16, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48742127003>
- [11] J. Mishra y K. Ganguly, “New Neurotherapeutic Technologies,” en *Harrison’s Principles of Internal Medicine*, 21a ed., J. Loscalzo, A. Fauci, D. Kasper, S. Hauser, D. Longo y J. Jameson, Eds. McGraw-Hill Education, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=3118&sectionid=267808035>
- [12] W.-N. Bair, T. Kiemel, J. Jeka y J. E. Clark, “Development of Multisensory Re-weighting Is Impaired for Quiet Stance Control in Children with Developmental Coordination Disorder (DCD),” *PLoS ONE*, vol. 7, núm. 7, e40932, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040932>