

Desarrollo del Lenguaje Oral y Proyección Vocal en Niños con
Discapacidad Auditiva a través de una Herramienta Interactiva de
Software con Actividades Lúdicas

Esteban David Llanos Franco

Director: Dr. Andrés Adolfo Navarro Newball

Cali, 2024

Pontificia Universidad Javeriana Cali
Facultad de Ingeniería.
Ingeniería de Sistemas y Computación.
Anteproyecto de Grado.



Santiago de Cali, Febrero, 2025

Autor: Esteban David Llanos Franco

Nombre del Proyecto: Desarrollo del Lenguaje Oral y Proyección Vocal en Niños con Discapacidad Auditiva a través de una Herramienta Interactiva de Software con Actividades Lúdicas

Director: Andrés Adolfo Navarro Newball

Como indica el artículo 2.27 de las Directrices de Trabajo de Grado, he verificado que el estudiante indicado arriba ha implementado todas las correcciones que los Jurados del Proyecto de Grado definieron que se efectuaron, como consta en el Acta de Calificación correspondiente.

Firma de Director(a) del Proyecto de Grado

Santiago de Cali, Noviembre, 2024

Señores

Pontificia Universidad Javeriana Cali

Dr. Gerardo Mauricio Sarria Director de Carrera

Director Carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación.

Cali

Cordial saludo,

Por medio de la presente me permito informarle que el estudiante de Ingeniería de Sistemas y Computación Esteban David Llanos Franco (cod: 8960763) trabajó bajo mi dirección en el proyecto de grado titulo "Desarrollo del Lenguaje Oral y Proyección Vocal en Niños con Discapacidad Auditiva a través de una Herramienta Interactiva de Software con Actividades Lúdicas".

El presente trabajo se presenta como requisito para la obtención del titulo de Ingeniería de Sistemas y Computación, y ha sido finalizado en su totalidad. El documento cumple con los lineamientos establecidos por la facultad de Ingenieria y Ciencias dela Pontificia Universidad Javeriana de Cali y esta listo para ser entregado según las fechas y procedimientos establecido por la institución.

Atentamente,

Andrés Adolfo Navarro Newball

Santiago de Cali, Noviembre, 2024

Señores

Pontificia Universidad Javeriana Cali

Dr. Gerardo Mauricio Sarria Director de Carrera

Director Carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación.

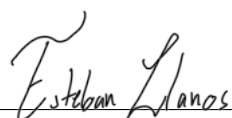
Cali

Cordial saludo,

Me permito presentar a su consideración el anteproyecto de trabajo de grado denominado “Desarrollo del Lenguaje Oral y Proyección Vocal en Niños con Discapacidad Auditiva a través de una Herramienta Interactiva de Software con Actividades Lúdicas”, 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, doy fe que entiendo y conozco las directrices para la presentación de Trabajos de Grado de la Facultad de Ingeniería y Ciencias 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,



Esteban David Llanos Franco

Código: 8960763

Abstract

This research work project involves the development of an educational web application comprising three interactive games designed to explore the characteristics of sound: **intensity**, **duration**, **pitch**, and **timbre**. The project is aimed at the Institute for Blind and Deaf Children of Valle del Cauca, with the goal of enhancing the understanding of these auditory concepts among a population with special needs.

The application was developed using the **Godot engine in its 2D version**, ensuring an accessible, dynamic, and user-friendly environment. Each game focuses on a specific combination of sound characteristics:

- **First game:** Focuses on **intensity** and **duration**, allowing users to identify variations in volume and duration through interactive activities.
- **Second game:** Also reinforces **intensity** and **duration**, providing an additional experience that consolidates these learnings through progressive challenges.
- **Third game:** Centers on **pitch** and **timbre**, teaching users to recognize changes in sound frequency (low or high) and its quality or texture, fundamental for the development of auditory skills.

This project not only leverages innovative technological tools but also offers an inclusive approach, facilitating interactive learning for children with sensory disabilities. The implementation of this web application contributes to strengthening their auditory capabilities, providing a valuable and accessible educational resource.

Resumen

El presente proyecto de grado consiste en el desarrollo de un aplicativo web educativo compuesto por tres juegos interactivos diseñados para trabajar las características del sonido: **intensidad**, **duración**, **altura** y **timbre**. Este proyecto está dirigido al Instituto para Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca, con el objetivo de fortalecer el aprendizaje de estos conceptos auditivos en una población con necesidades especiales.

El aplicativo se desarrolló utilizando el **motor gráfico Godot en su versión 2D**, garantizando un entorno accesible, dinámico y adecuado para los usuarios. Cada juego se enfoca en una combinación específica de características del sonido:

- **Primer juego:** Trabaja la **intensidad** y la **duración** del sonido, permitiendo a los usuarios identificar variaciones en el volumen y la duración a través de actividades interactivas.
- **Segundo juego:** Refuerza también las características de **intensidad** y **duración**, brindando una experiencia adicional que consolida estos aprendizajes mediante retos progresivos.
- **Tercer juego:** Se centra en **altura** y **timbre**, enseñando a los usuarios a reconocer los cambios en la frecuencia del sonido (grave o agudo) y su calidad o textura, fundamentales para el desarrollo de habilidades auditivas.

Este proyecto no solo aprovecha herramientas tecnológicas innovadoras, sino que también ofrece un enfoque inclusivo, facilitando el aprendizaje interactivo para niños con discapacidades sensoriales. La implementación de este aplicativo web contribuye a fortalecer sus capacidades auditivas, proporcionando un recurso educativo valioso y accesible.

Índice general

1. Descripción del Problema	11
1.1. Introducción	11
1.2. Planteamiento del Problema	11
1.2.1. Formulación	12
1.2.2. Sistematización	12
1.3. Objetivos	12
1.3.1. Objetivo General	12
1.3.2. Objetivos Específicos	13
1.4. Justificación Práctica	13
1.5. Delimitaciones y Alcances	14
2. Marco Teórico y Proyectos Relacionados	15
2.1. Marco conceptual	15
2.1.1. Marco Teórico	15
2.1.2. Trabajos Relacionados	17
3. Metodología y Actividades	19
3.1. Metodología	19
3.1.1. Tipo de Estudio	19
3.1.2. Metodología SCRUM en el desarrollo del proyecto	19
4. Análisis	25
4.1. Análisis de Estrategias Terapéuticas para el Desarrollo del Lenguaje Oral en el Instituto para Niños Ciegos y Sordos	25
4.2. Requisitos del Proyecto	25
4.2.1. Requisitos Funcionales	26
4.2.2. Requisitos no Funcionales	27
4.3. Diagramas de Casos de Uso	27
4.3.1. Primer Juego (Intensidad del Sonido)	27
4.3.2. Segundo Juego (Intensidad y Duración del Sonido)	28
4.3.3. Tercer Juego (Altura Tonal y Timbre)	29
4.4. Diagrama del flujo de la aplicación	31
5. Diseño	33
5.1. Diseño de interfaces	33
5.1.1. Primer Juego	33
5.1.2. Segundo Juego	36

5.1.3. Tercer Juego	38
5.1.4. Aplicativo Web	40
6. Implementación	41
6.1. Motor de Videojuegos	41
6.1.1. Ventajas del Uso de Godot Engine 3.5.3	41
6.2. Características del Computador	42
6.3. Desarrollo del Primer Juego	42
6.3.1. Implementación técnica	42
6.4. Desarrollo del Segundo Juego	46
6.4.1. Implementación técnica	46
6.5. Desarrollo del Tercer Juego	48
6.5.1. Implementación técnica	48
7. Pruebas	53
7.1. Aval Ético	53
7.2. Profesionales Involucrados	53
7.3. Primera Visita al Instituto para Niños Ciegos y Sordos	53
7.4. Segunda Visita al Instituto para Niños Ciegos y Sordos	55
7.5. Validación de los Requisitos Funcionales	56
7.6. Validación de los Requisitos No Funcionales	57
8. Conclusiones y Trabajo Futuro	59
8.1. Conclusiones	59
8.2. Trabajo Futuro	60
Bibliografía	61

Descripción del Problema

1.1. Introducción

Las personas con discapacidad auditiva enfrentan una serie de desafíos que afectan su capacidad para desarrollar el lenguaje oral, acceder a información sonora, mantener una autoestima saludable, participar en interacciones sociales significativas y abordar varios aspectos de su vida diaria. Para integrarse de manera efectiva en su entorno, estas personas pueden beneficiarse de tecnologías que les ayuden a desarrollar habilidades como el habla y la interpretación de sonidos. Por ejemplo, la tecnología puede proporcionar medios visuales para representar características auditivas como la altura tonal, la intensidad, el timbre y la duración, lo que facilita la comprensión de sonidos para las personas con discapacidad auditiva.

1.2. Planteamiento del Problema

De acuerdo con estimaciones realizadas en 2016 por la Organización Mundial de la Salud (OMS) [1], más del 5% de la población mundial, lo que equivale a aproximadamente 360 millones de personas, sufren de pérdida de audición discapacitante. Esta cifra incluye a 328 millones de adultos y 32 millones de niños. Se considera que las personas con esta discapacidad son aquellas cuya pérdida auditiva supera los 30 decibelios (dB) en su mejor oído, tanto en niños como en adultos. Es importante destacar que la mayoría de las personas afectadas por la pérdida de audición residen en países de bajos y medianos ingresos.

Aún persiste la creencia errónea de que las personas con discapacidad auditiva están incapacitadas para hablar, lo cual está muy lejos de la realidad. Además, se suele utilizar términos despectivos y desactualizados como "sordomudos" para referirse a las personas sordas. Las personas con discapacidad auditiva o hipoacusia, puede presentar alguno de estos grados:

1. **Leve:** “En promedio, el sonido más débil que se puede percibir con el mejor oído está entre 21 y 40 dB. Quien sufre de esta “hipoacusia leve” presenta alguna dificultad de comprensión durante la conversación, especialmente en ambiente ruidoso” [2].
2. **Moderada:** “En promedio, el sonido más débil que se puede percibir con el mejor oído está entre 41 y 70 dB. Quien sufre de esta “hipoacusia moderada”, presenta dificultades de comprensión durante la conversación cuando no utiliza una prótesis auditiva” [2].

3. **Severa:** “En promedio, el sonido más débil que se puede percibir con el mejor oído está entre 71 y 90 dB. Quien sufre de esta “hipoacusia severa” necesita las prótesis auditivas y, además, utiliza la lectura labial. Algunos usan la lengua de signos” [2].
4. **Profunda:** “La pérdida auditiva es superior a 90 dB. Más que oír se “sienten” las vibraciones sonoras. Las entradas visuales son preferentes en la comunicación. Se prefiere estar con niños que presenten una afectación auditiva similar. Suelen requerir implante coclear” [2].

Es verdad que las personas sordas, especialmente aquellas que tienen esta discapacidad desde el nacimiento, pueden enfrentar dificultades en el desarrollo del lenguaje oral debido a la ausencia de estímulos auditivos. La incapacidad para interpretar e imitar sonidos puede afectar significativamente su capacidad para adquirir el habla de forma natural. Por lo tanto, es importante proporcionar una estimulación adecuada del lenguaje oral a través de ejercicios y herramientas especializadas diseñadas para generar estos estímulos. Estas intervenciones pueden desempeñar un papel fundamental en el fomento del desarrollo del habla y el lenguaje en personas con discapacidad auditiva.

1.2.1. Formulación

¿Cómo diseñar e implementar una herramienta de software destinada a mejorar el desarrollo del lenguaje oral en niños con discapacidad auditiva, utilizando juegos que estimulen la practica de las características del sonido?

1.2.2. Sistematización

- ¿Qué ejercicios de terapia estimulan la práctica de las características del sonido en niños con discapacidad auditiva?
- ¿Cómo se pueden diseñar una aplicación con actividades de tipo juego a partir de ejercicios de terapia que estimulen la práctica de las características del sonido en niños con discapacidad auditiva?
- ¿Cómo implementar una aplicación con actividades y juegos diseñados para estimular la práctica de las características del sonido en niños con discapacidad auditiva?
- ¿Cómo se puede evaluar la funcionalidad y la usabilidad de una aplicación que estimula la práctica de las características del sonido en niños con discapacidad auditiva?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar una herramienta de software interactiva destinada a mejorar el desarrollo del lenguaje oral en niños con discapacidad auditiva a través de actividades tipo juego que estimulen la práctica de las características del sonido.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Analizar los ejercicios terapéuticos implementados en el Instituto para Niños Ciegos y Sordos para el desarrollo del lenguaje oral en niños con discapacidad auditiva.
2. Diseñar una herramienta de software interactiva para estimular la práctica de las características del sonido a través de actividades interactivas, incorporando los hallazgos de los estudios y la retroalimentación de los terapeutas del Instituto para Niños Ciegos y Sordos.
3. Implementar y evaluar una herramienta de software para estimular la práctica de las características del sonido en niños con discapacidad auditiva.

1.4. Justificación Práctica

La investigación propuesta tiene como objetivo desarrollar una herramienta innovadora destinada a mejorar el habla en niños con problemas auditivos. Esta herramienta se fundamenta en la utilización de actividades lúdicas adaptadas a las necesidades de este grupo específico.

Al proporcionar a los niños con una discapacidad auditiva una herramienta adaptada a sus necesidades, se les brinda la oportunidad de desarrollar y mejorar habilidades de comunicación más efectivas, lo que puede tener un impacto positivo en su vida diaria. Esta herramienta no solo les permitirá desarrollar de una mejor forma su habla, sino que también puede mejorar su confianza y participación en el entorno escolar y social. En última instancia, al ofrecer una solución práctica y accesible, este proyecto tiene la capacidad de mejorar en cierto grado la calidad de vida de los niños con discapacidad auditiva y fomentar su desarrollo comunicativo.

El proyecto propuesto goza de una sólida viabilidad, respaldada por la disponibilidad de recursos esenciales que son fundamentales para su ejecución efectiva. En primer lugar, el aspecto humano se ve respaldado por la participación activa de los estudiantes y el director del proyecto, quienes aportan su experiencia y dedicación en el desarrollo de la herramienta de software. Esta colaboración garantiza un flujo constante de mano de obra calificada, enriqueciendo el proceso mediante la diversidad de perspectivas y habilidades involucradas.

En cuanto a los recursos tecnológicos, la existencia de dispositivos como computadores y tablets proporciona la plataforma necesaria para la implementación y uso de la herramienta. Además, la variedad de herramientas de desarrollo disponibles ofrece flexibilidad en la elección del lenguaje y la plataforma más adecuados para el desarrollo del software, adaptándose así a las necesidades específicas del proyecto.

El público objetivo del proyecto, los niños con discapacidad auditiva, son un componente fundamental de su viabilidad. Al colaborar estrechamente con el Instituto para Niños Ciegos y Sordos, se abre la posibilidad de realizar mejoras continuas y más precisas en la herramienta a desarrollar.

1.5. Delimitaciones y Alcances

El proyecto se enfocará en desarrollar una aplicación que incluya actividades tipo juego, diseñadas para mejorar el lenguaje oral, la proyección de la voz y su control en niños con discapacidad auditiva. La intención es intervenir en características específicas de la voz, como la intensidad, la altura tonal, el timbre y la duración, utilizando ejercicios terapéuticos implementados en el Instituto para Niños Ciegos y Sordos. Se espera que la herramienta desarrollada contenga al menos una actividad tipo juego para cada una de las características del sonido. La evaluación se realizará con al menos tres niños y con los profesionales del instituto, contando con el aval y el consentimiento del mismo para llevar a cabo dichas pruebas.

Marco Teórico y Proyectos Relacionados

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Marco Teórico

El marco teórico de este proyecto se asienta en un enfoque que prioriza el desarrollo del lenguaje oral mediante la integración de tecnología educativa. Este enfoque está especialmente dirigido a niños con dificultades en el habla y el lenguaje, ofreciendo programas de software diseñados para abordar sus necesidades específicas. La metodología se basa en estrategias visuales interactivas y lúdicas, diseñadas para estimular el crecimiento y la fluidez del lenguaje. Se reconoce la importancia de investigar y comprender los desafíos únicos que enfrentan estos niños en su aprendizaje y desarrollo del lenguaje. Por lo tanto, se enfatiza la necesidad de desarrollar herramientas que no solo aborden estos desafíos de manera efectiva, sino que también resulten motivadoras y atractivas para los pequeños usuarios.

2.1.1.1. Discapacidad

La discapacidad es una situación desfavorecedora por la que pasan algunas personas, esta situación hace que estas personas puedan experimentar significativas desigualdades de salud en comparación con las personas sin discapacidad [3]. “Las personas con discapacidad son aquellas que tienen deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a largo plazo, en interacción con diversas barreras, pueden obstaculizar su participación plena y efectiva en la sociedad en igualdad de condiciones con los demás.” [3].

Se calcula 1300 millones de personas, es decir, 1 de cada 6 personas en todo el mundo sufren alguna discapacidad importante [4]. Algunas personas con discapacidad mueren hasta 20 años antes que las personas sin discapacidad [4]. Las personas con discapacidad tienen dos veces más riesgo de desarrollar afecciones como la depresión, el asma, la diabetes, el ictus, la obesidad o problemas de salud bucodental [4].

2.1.1.2. Audición y discapacidad auditiva

La capacidad auditiva es esencial para la conexión del ser humano con su entorno, permitiendo la interacción a través del oído, el cual despliega su función al captar, transmitir y procesar información sonora. Esta información abarca una amplia gama de sonidos ambientales, desde los más sutiles hasta los más intensos, así como aquellos cercanos y distantes. De manera destacada, incluye los sonidos

del habla, que representan una de las formas más complejas de comunicación que los seres humanos pueden percibir [5].

El odio está dividido en tres partes [5]:

- **Oído externo:** La oreja o pabellón auricular.
- **Oído medio:** El conducto auditivo externo.
- **Oído interno:** Tímpano, cadena de huesecillos, trompa de Eustaquio

2.1.1.3. ¿Por qué se presenta la deficiencia auditiva?

La pérdida de audición o sordera en los niños puede tener múltiples causas, incluyendo factores genéticos heredados, complicaciones durante el embarazo o el parto, así como circunstancias ocurridas después del nacimiento. A veces, la causa exacta puede ser desconocida. Es fundamental comprender que, independientemente de las causas, la pérdida de audición o sordera afecta la calidad de vida de las personas y debe abordarse de manera positiva y proactiva, evitando culpar a los individuos. Es crucial buscar orientación y apoyo de instituciones o profesionales especializados para prevenir y proteger contra esta condición [5].

2.1.1.4. Características del sonido y su interpretación

El sonido es un fenómeno fascinante que nos rodea constantemente. Sus características y propiedades son esenciales para nuestra percepción auditiva y nuestra comprensión del mundo sonoro. A continuación, profundizaré en cada una de las características mencionadas y proporcionaré referencias bibliográficas relevantes.

- **Intensidad del Sonido:** La intensidad del sonido se refiere a su potencia acústica o volumen. Es crucial para determinar cuán fuerte percibimos un sonido. La intensidad se mide en decibelios (dB). Cuanto mayor sea la amplitud de la onda sonora, mayor será su intensidad. Investigaciones han demostrado que la intensidad afecta nuestra percepción de la distancia y la claridad del mensaje [6].
- **Altura tonal del sonido:** La frecuencia está relacionada con la altura tonal del sonido. Se mide en hercios (Hz) y representa la cantidad de vibraciones completas por segundo que efectúa la fuente del sonido. Los sonidos audibles por los seres humanos tienen una frecuencia que oscila entre 20 Hz y 20.000 Hz. Por encima de este rango, encontramos los ultrasonidos, perceptibles solo por algunos animales. La frecuencia es fundamental para la percepción de la melodía, la entonación y la armonía [6].
- **Timbre del Sonido:** El timbre es la cualidad que nos permite distinguir entre diferentes fuentes sonoras, incluso cuando producen la misma nota musical. Cada instrumento musical, voz o sonido tiene un timbre único. Autores como Handel han explorado cómo el timbre influye en la identificación de los objetos sonoros y en la riqueza de la experiencia auditiva [7].

2.1.1.5. Aspectos con la ingeniería de Sistemas

El proyecto en un entorno de ingeniería de sistemas enfrenta diversos desafíos técnicos y metodológicos para asegurar el desarrollo eficiente y efectivo de una herramienta de software. En primer lugar, se requiere un enfoque interdisciplinario que combine experiencia en desarrollo de software, diseño de interfaz de usuario accesible y tecnología de procesamiento de señales de audio. La arquitectura del software debe ser flexible y escalable, permitiendo agregar nuevas características y adaptarlas a las necesidades específicas del usuario. Además, el entorno de audio y los algoritmos de reconocimiento de patrones deben ser confiables y precisos incluso bajo sonidos ambientales variables. Se deben utilizar procesos de diseño centrados en el usuario y pruebas de usabilidad para garantizar la accesibilidad y la satisfacción de los niños con pérdida auditiva. Así, la ingeniería de sistemas juega un papel clave en la creación, desarrollo e implementación de una herramienta software, asegurando su viabilidad técnica y capacidad para alcanzar los objetivos educativos y terapéuticos del proyecto.

2.1.2. Trabajos Relacionados

2.1.2.1. Tongue performance in articulating Mandarin apical syllables by prelingual deaf adults using ultrasonic technology [8]

Un estudio examinó la producción del habla en personas sordas utilizando datos ultrasónicos, encontrando dificultades comunes en la pronunciación de ciertos tipos de sílabas, el texto proporciona una base sólida para comprender las dificultades de pronunciación que enfrentan los niños con problemas auditivos o sordera, y puede servir como una guía útil para el desarrollo de tu herramienta de software, asegurando que las actividades sean efectivas y adecuadas para las necesidades específicas de la audiencia objetivo.

2.1.2.2. A Learning Game for Deaf Learners. International Conference on Advanced Learning Technologies [9]

Se presentó un nuevo juego educativo diseñado específicamente para estudiantes sordos, llamado "Versión de Aprendizaje del Juego de Memoria para Estudiantes Sordos", que combina elementos de juegos de aprendizaje, avatares en 3D y lenguaje de signos escrito para mejorar la adquisición de vocabulario en este grupo. este texto proporciona información valiosa que puede ayudar a diseñar una herramienta de software efectiva y adaptada a las necesidades de los niños con problemas auditivos o sordera, asegurando que se promueva su desarrollo educativo y lingüístico de manera inclusiva y equitativa.

2.1.2.3. Pre-processing voice signals for voice recognition systems, "2017 18th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM) [10]

El artículo considera el preprocesamiento de señales de voz para sistemas de reconocimiento de voz basados en el uso de redes neuronales artificiales. Se realiza un preprocesamiento basado en la segmentación del habla de acuerdo con una transcripción fonética del idioma, podría ser útil para fundamentar la importancia de la precisión en el procesamiento de la voz en el proyecto. Se puede utilizar para explicar cómo el preprocesamiento adecuado de las señales de voz puede mejorar la capacidad del software para reconocer y procesar correctamente la voz de los niños con problemas auditivos o sordera.

2.1.2.4. Modelling of child psychology tests based game learning [11]

El texto describe cómo convertir un examen psicológico en papel en un juego basado en el aprendizaje a través de juegos, con el fin de facilitar a los psiquiatras y padres la comprensión de la condición psicológica de los niños. Al jugar este juego, los niños aprenderán sobre asuntos sociales de manera inconsciente mientras se evalúa su nivel de inteligencia social al mismo tiempo. Este texto proporciona un contexto útil y sugerencias inspiradoras para el diseño y desarrollo de este software, que se centra en mejorar las habilidades del habla y la proyección vocal en niños con problemas auditivos o sordera a través de actividades lúdicas y elementos visuales.

2.1.2.5. Herramienta de software didáctico como soporte en la enseñanza del lenguaje oral para niños con deficiencia auditiva - VIVOSO [14]

El trabajo de Andrés Castillo y Luz Quintero (2002) presenta el desarrollo de VIVOSO, una herramienta de software didáctico diseñada para la rehabilitación del lenguaje oral en niños con deficiencia auditiva. A través de juegos interactivos, el software permite a los niños entrenar aspectos fundamentales de la voz, como presencia, intensidad, frecuencia y tiempo de fonación, relacionándolos con conceptos cotidianos como altura, distancia y duración. La aplicación se desarrolla en Visual C++ 6.0, incorporando módulos de adquisición, tratamiento y visualización de datos acústicos para mejorar la retroalimentación del usuario. Este enfoque busca facilitar la enseñanza del lenguaje oral mediante un método visual y dinámico, adaptado a las necesidades específicas de la población con discapacidad auditiva.

Metodología y Actividades

3.1. Metodología

El proyecto se desarrolló mediante un enfoque ágil basado en ciclos iterativos de trabajo, conocidos como sprints. Estos ciclos se planificaron cuidadosamente para abarcar las actividades clave de cada etapa del desarrollo. Entre las principales tareas realizadas se incluyeron un análisis exhaustivo de la solución propuesta, el diseño y creación de un prototipo funcional que integra los tres juegos, pruebas continuas para garantizar la calidad y funcionalidad del sistema, y la elaboración de un informe detallado que documenta el proceso seguido y los resultados obtenidos.

El uso de sprints no solo permitió dividir el trabajo en fases manejables, sino que también favoreció una evaluación constante y una respuesta ágil frente a posibles cambios o nuevos requerimientos. Este enfoque iterativo aseguró que cada etapa del proyecto entregara resultados con valor tangible, fomentando la mejora continua y proporcionando la flexibilidad necesaria para realizar ajustes conforme el proyecto avanzaba.

Además, la estructura de los sprints facilitó la detección temprana de inconvenientes, permitiendo resolverlos rápidamente y evitando que pequeños problemas se convirtieran en obstáculos significativos. Este método también garantizó que las tareas críticas, como la optimización de la experiencia del usuario en los juegos auditivos, se abordaran en el momento oportuno, contribuyendo al cumplimiento exitoso de los objetivos planteados.

3.1.1. Tipo de Estudio

Este proyecto adopta un enfoque experimental con el propósito de validar y evaluar el desarrollo del lenguaje oral en niños con discapacidad auditiva. La elección de este tipo de estudio se fundamenta en la necesidad de realizar pruebas rigurosas y específicas para determinar la eficacia del software en el desarrollo del habla en este grupo de niños.

3.1.2. Metodología SCRUM en el desarrollo del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizó la metodología SCRUM, un marco de trabajo ágil ampliamente adoptado para la gestión de proyectos en entornos complejos, particularmente en el ámbito del desarrollo de software. SCRUM facilita la división del trabajo en ciclos iterativos conocidos como sprints, promoviendo la entrega continua de incrementos funcionales del producto. Esta metodología se caracteriza por su estructura clara, sus roles definidos y su enfoque en la colaboración entre los miembros del equipo y los interesados (stakeholders). Adicionalmente, permite

una alta adaptabilidad frente a cambios en los requerimientos y prioridades durante el desarrollo del proyecto [12].

Dado que el equipo de trabajo estaba compuesto por una sola persona (el autor del proyecto), un director de tesis que actuó como revisor y orientador, y los usuarios finales del Instituto para Niños Ciegos y Sordos como evaluadores, se realizó una adaptación de SCRUM para ajustarse a estas particularidades.

3.1.2.1. Ciclo de SCRUM

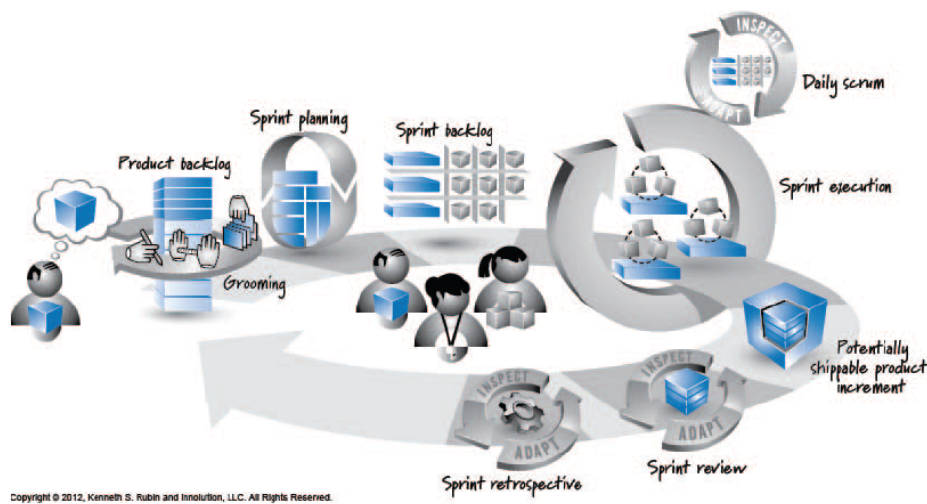


Figura 3.1: Ciclo de la Metodología SCRUM

3.1.2.2. Roles en el equipo SCRUM:

- **Product Owner:** Este rol fue desempeñado por el autor del proyecto, quien definió y priorizó las tareas necesarias para alcanzar los objetivos y garantizar que se cumplieran las necesidades de los usuarios finales.
- **Scrum Master:** El autor también actuó en esta función, asegurándose de que se siguieran los principios de SCRUM, eliminando obstáculos y facilitando el flujo de trabajo.
- **Stakeholders:** Incluyeron al director de tesis y a los usuarios finales, quienes proporcionaron retroalimentación valiosa, validaron los entregables y sugirieron ajustes en función de sus necesidades.

3.1.2.3. Artefactos utilizados:

- **Product Backlog:** Se creó una lista priorizada con todas las tareas del proyecto, desde el diseño inicial hasta las pruebas finales. Este backlog fue actualizado iterativamente según las

necesidades emergentes y la retroalimentación recibida.

- **Sprint Backlog:** Para cada sprint, se seleccionaron tareas específicas, asegurando un enfoque claro y objetivos alcanzables en cada ciclo.
- **Incremento del producto:** Cada sprint culminó con un incremento funcional, como prototipos de los juegos o mejoras significativas en sus características.

3.1.2.4. Eventos SCRUM:

- **Sprint Planning:** Al inicio de cada sprint, se determinaron las tareas prioritarias, enfocándose en actividades clave como diseño, desarrollo, pruebas e integración de retroalimentación.
- **Reuniones semanales:** En lugar de reuniones diarias (Daily Scrum), se realizaron reuniones semanales para evaluar avances, identificar obstáculos y planificar las actividades siguientes.
- **Sprint Review:** Al finalizar cada sprint, se presentó el incremento funcional al director de tesis y, cuando fue posible, a los usuarios finales, quienes aportaron retroalimentación para ajustes posteriores.
- **Sprint Retrospective:** Se evaluó el proceso de trabajo para identificar logros, áreas de mejora y estrategias para optimizar el siguiente sprint.

3.1.2.5. Beneficios del uso de SCRUM

El uso de esta metodología permitió una organización estructurada del trabajo, dividiéndolo en etapas manejables que facilitaron el cumplimiento de los objetivos planteados. Además, la retroalimentación constante de los interesados aseguró que el producto final cumpliera con los requerimientos y expectativas.

La adaptación también promovió una mejora continua, permitiendo identificar y resolver problemas desde las primeras etapas del desarrollo. Esto se tradujo en entregables de valor tangible en cada iteración, optimizando el tiempo y los recursos disponibles. Adicionalmente, el enfoque ágil de SCRUM ayudó a mitigar riesgos y a gestionar cambios de manera efectiva, aspectos esenciales en proyectos tecnológicos como el presente [12].

3.1.2.6. Sprints:

- **Sprint 1:**
 - Diseñar una propuesta visual o mockup para el primer juego, representando las mecánicas y la interacción del usuario de manera clara.
 - Implementar la detección de audio de entrada en Godot, estableciendo la base técnica para las mecánicas relacionadas con las características del sonido.
- **Sprint 2:**

- Desarrollar un prototipo inicial en el que un personaje se mueva en función de la intensidad del sonido capturado, estableciendo las bases para las mecánicas del juego.
- **Sprint 3:**
 - Realizar el primer juego enfocado a la intensidad.
- **Sprint 4:**
 - Diseñar una propuesta visual o mockup para el segundo juego, representando las mecánicas y la interacción del usuario de manera clara.
- **Sprint 5:**
 - Realizar el segundo juego enfocado a la duración e intensidad del sonido.
- **Sprint 6:**
 - Elaborar un informe sobre las pruebas de experiencia de usuario realizadas en el Instituto para Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca, recopilando observaciones y resultados clave.
 - Implementar las correcciones necesarias en los dos primeros juegos, ajustándolos según las recomendaciones y hallazgos obtenidos en el informe de las pruebas de experiencia de usuario.
- **Sprint 7:**
 - Desarrollar un prototipo inicial en el que un personaje se mueva en función de la frecuencia del sonido capturado, sentando las bases técnicas para el desarrollo del tercer juego.
- **Sprint 8:**
 - Realizar el tercer juego enfocado en la frecuencia y timbre del sonido.
- **Sprint 9:**
 - Elaborar un informe sobre las pruebas de experiencia de usuario realizadas con el tercer juego y los dos primeros juegos mejorados, llevadas a cabo en el Instituto para Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca. El informe debe incluir observaciones, resultados clave y sugerencias para optimizar la experiencia del usuario.
 - Implementar las correcciones necesarias en los tres juegos, ajustándolos de acuerdo con las recomendaciones y hallazgos detallados en el informe de las pruebas de experiencia de usuario.
- **Sprint 10:**

- Diseñar un prototipo de aplicativo web que integre los tres juegos relacionados con las características del sonido, definiendo una interfaz intuitiva y accesible para los usuarios.
- Desarrollar el aplicativo web implementando los tres juegos, garantizando su funcionalidad y accesibilidad en un entorno unificado.

Análisis

4.1. Análisis de Estrategias Terapéuticas para el Desarrollo del Lenguaje Oral en el Instituto para Niños Ciegos y Sordos

En el Instituto para Niños Ciegos y Sordos, se implementan ejercicios terapéuticos específicos para el desarrollo del lenguaje oral, enfocados en la estimulación sensorial y la imitación de sonidos. Una de las estrategias utilizadas es la reproducción de sonidos del entorno, como el ruido de un carro, el mugido de una vaca o el zumbido de un avión, lo que facilita la asociación de sonidos con experiencias concretas y refuerza la conexión entre percepción y expresión oral. Además, se trabaja en la imitación de vocales y en la observación detallada de los movimientos articulatorios de los terapeutas, permitiendo a los niños mejorar su precisión fonética y fortalecer la musculatura orofacial. Estos ejercicios son fundamentales para el desarrollo del lenguaje en niños con dificultades sensoriales, ya que les proporcionan herramientas para estructurar la comunicación oral de manera más efectiva, adaptada a sus necesidades individuales y al contexto en el que se desenvuelven.

4.2. Requisitos del Proyecto

En el desarrollo de un proyecto de software basado en metodologías ágiles, es crucial establecer las prioridades y definir los requisitos del sistema antes de iniciar las iteraciones. Este paso proporciona una visión clara de los objetivos del proyecto y garantiza que el equipo mantenga un enfoque cohesionado y alineado a lo largo del proceso. Los requisitos que se identifican generalmente se dividen en dos categorías principales: funcionales y no funcionales, cada uno desempeñando un papel esencial para el éxito del proyecto.

4.2.1. Requisitos Funcionales

Código	Descripción
RF_01	La aplicación web debe incluir tres juegos 2D auditivos enfocados en mejorar el desarrollo del lenguaje oral en niños con discapacidad auditiva.
RF_02	El primer juego debe trabajar la intensidad y la duración del sonido para controlar al personaje.
RF_03	El segundo juego debe incluir una animación donde el personaje realiza acciones dependiendo del tiempo en que el niño mantenga un sonido, trabajando principalmente la duración del sonido.
RF_04	El tercer juego debe ser similar al dinosaurio de Google y debe permitir que el personaje salte o se agache en función de si el sonido emitido es agudo o grave, trabajando el timbre y la altura tonal.
RF_05	La aplicación debe procesar y captar sonidos en tiempo real, permitiendo la interacción directa con los juegos.
RF_06	La interfaz debe incluir un menú principal para acceder fácilmente a los tres juegos.
RF_07	La aplicación debe proporcionar retroalimentación visual y auditiva durante el juego para guiar al niño en su progreso.
RF_08	Debe registrarse y mostrarse el progreso del usuario, incluyendo puntajes o niveles alcanzados.

Cuadro 4.1: Requisitos funcionales del proyecto.

4.2.2. Requisitos no Funcionales

Código	Descripción
RNF_01	La interfaz debe ser intuitiva y accesible, diseñada especialmente para niños pequeños con discapacidad auditiva.
RNF_02	La aplicación debe garantizar un rendimiento óptimo en la captura y procesamiento del sonido, asegurando la obtención de audio en tiempo real sin retrasos que puedan afectar el correcto desarrollo del juego.
RNF_03	Debe seguir las pautas de accesibilidad web para garantizar una experiencia inclusiva para los usuarios.
RNF_04	La aplicación debe ser compatible con los navegadores más utilizados (Chrome, Firefox, Edge).
RNF_05	El sistema debe ser escalable, permitiendo futuras actualizaciones como la inclusión de nuevos juegos o funcionalidades adicionales.
RNF_06	Los colores de la interfaz deben alinearse con los del Instituto para Niños Ciegos y Sordos, y los personajes deben ser amigables y atractivos para los niños pequeños.

Cuadro 4.2: Requisitos no funcionales del proyecto.

4.3. Diagramas de Casos de Uso

4.3.1. Primer Juego (Intensidad del Sonido)

El proceso del diagrama de casos de uso del primer juego comienza con el terapeuta, quien ajusta la sensibilidad del juego seleccionando el umbral de intensidad del micrófono para adaptarlo a las capacidades del niño. Luego, el terapeuta inicia el juego, permitiendo que el niño controle el globo: este asciende únicamente si el sonido emitido supera el umbral de intensidad configurado y desciende en ausencia de dicho sonido. A medida que el globo avanza automáticamente hacia la derecha, el niño acumula puntos al pasar exitosamente entre los edificios, mientras evita que el globo colisione con obstáculos o caiga al suelo, lo que finaliza la partida. El terapeuta puede visualizar la puntuación, o reiniciar el juego para repetir la actividad y reforzar las habilidades trabajadas. Este flujo promueve la participación activa del niño y proporciona retroalimentación inmediata.

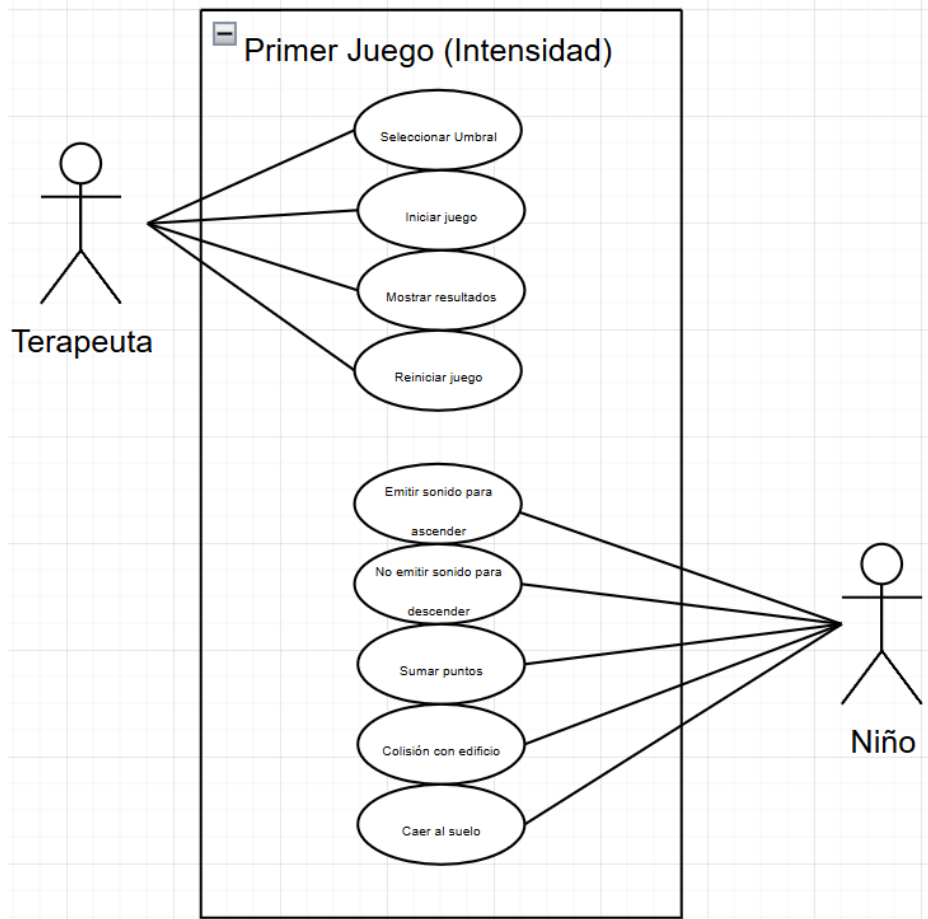


Figura 4.1: Diagrama de Casos de Uso del Primer Juego

4.3.2. Segundo Juego (Intensidad y Duración del Sonido)

El proceso del diagrama de casos de uso del segundo juego comienza con el terapeuta configurando los parámetros de la actividad, seleccionando el umbral de intensidad del sonido y la duración requerida para completarla. Una vez iniciada la actividad, el niño debe emitir un sonido que supere el umbral para avanzar en el temporizador, demostrando control y sostenimiento del sonido. Si el sonido se interrumpe o no alcanza la intensidad mínima, el temporizador se reinicia, requiriendo que el niño lo intente nuevamente. Si el temporizador alcanza el 100 % del tiempo configurado, el sistema marca la actividad como completada con éxito. El terapeuta puede ajustar los parámetros o repetir la actividad según las necesidades del niño, promoviendo su progreso mediante retroalimentación y repetición controlada.

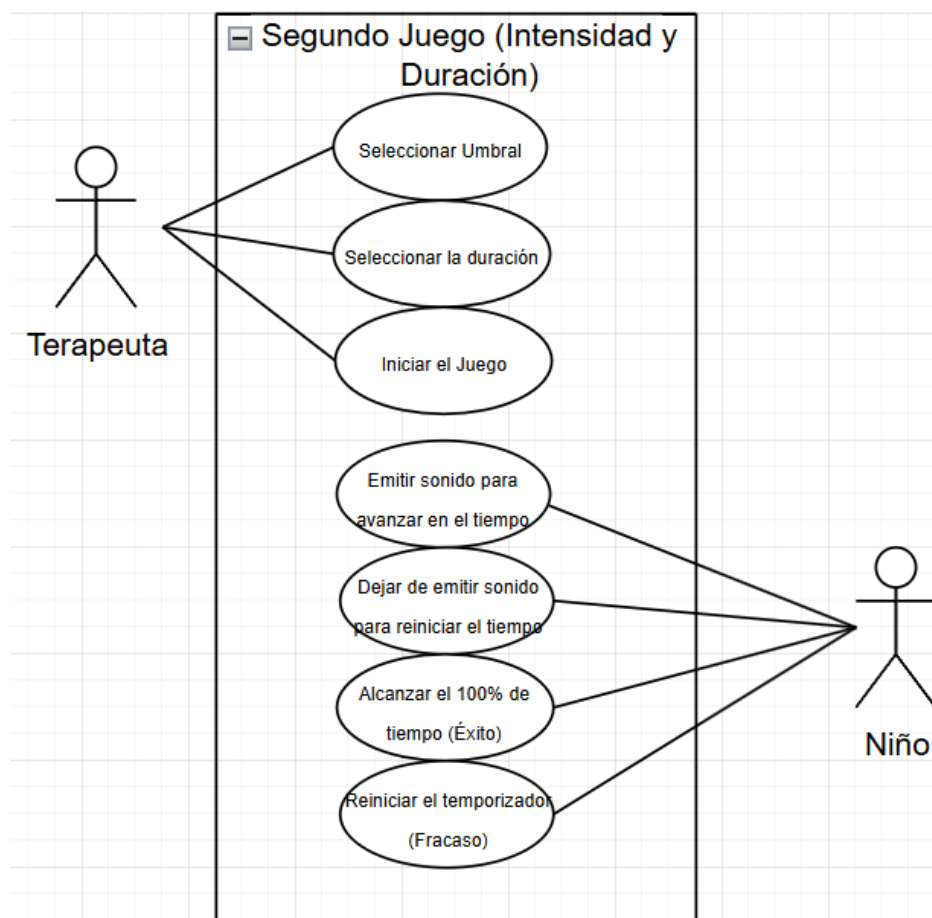


Figura 4.2: Diagrama de Casos de Uso del Segundo Juego

4.3.3. Tercer Juego (Altura Tonal y Timbre)

El proceso del diagrama de casos de uso del tercer juego comienza cuando el terapeuta inicia la partida, activando el sistema para que registre los sonidos del jugador. Durante el juego, el niño utiliza su voz para producir sonidos graves (O), que hacen que el personaje se agache, y sonidos agudos (I), que lo hacen saltar, con el objetivo de esquivar obstáculos que aparecen en la pantalla. El jugador acumula puntos en función del tiempo que permanece en la partida, incentivando su participación y esfuerzo. Si el jugador falla y choca con un obstáculo, el juego se detiene, y el terapeuta puede reiniciar la partida para que el jugador lo intente nuevamente. Este proceso combina el control vocal con la interacción dinámica, promoviendo el desarrollo de habilidades específicas mientras se divierte.

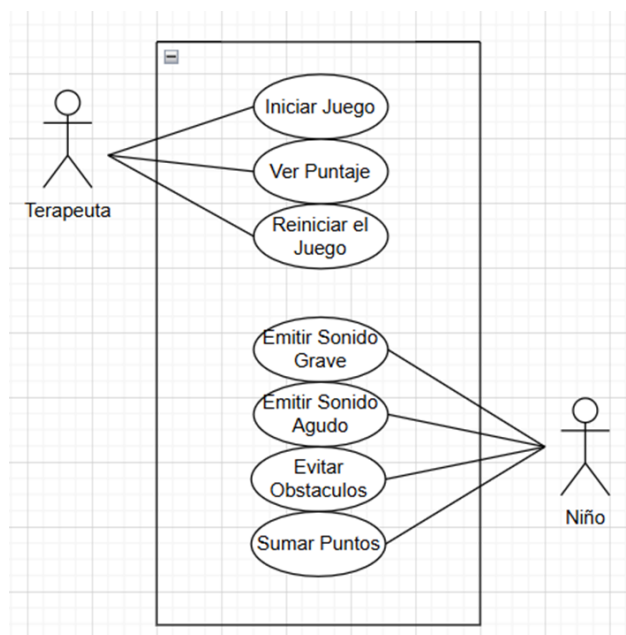


Figura 4.3: Diagrama de Casos de Uso del Tercer Juego

4.4. Diagrama del flujo de la aplicación

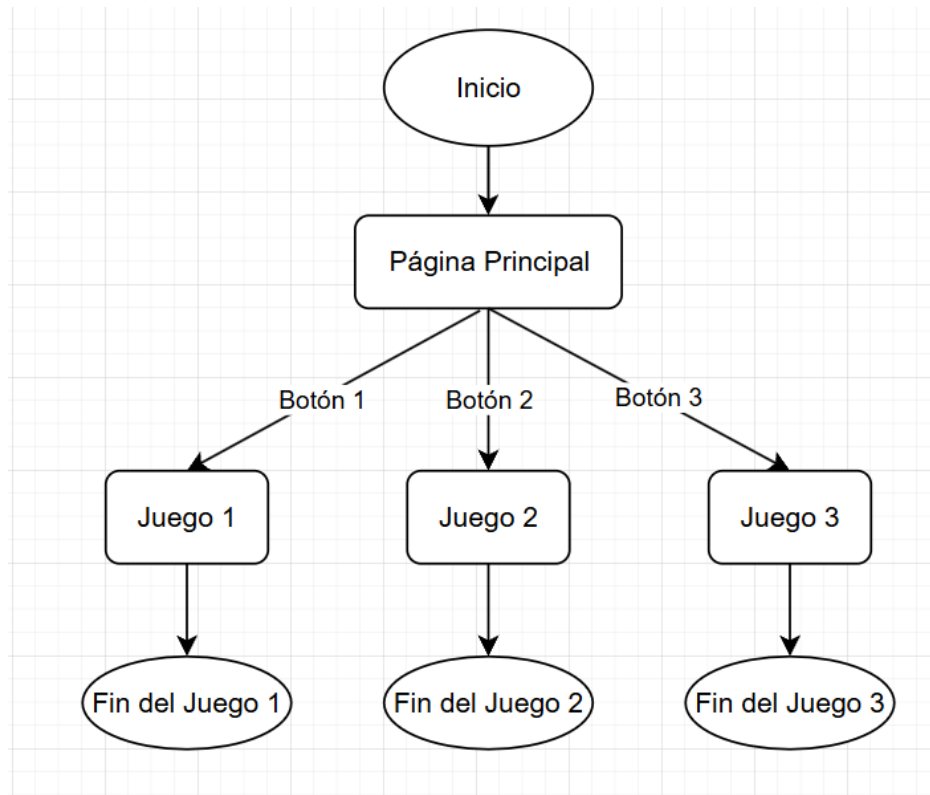


Figura 4.4: Diagrama de Flujo

La Figura 4.4 muestra el diagrama del flujo de la aplicación, que inicia en la pantalla principal, desde donde el usuario puede seleccionar entre tres juegos diferentes mediante botones. Cada botón dirige al jugador a uno de los juegos disponibles (Juego 1, Juego 2 o Juego 3), los cuales tienen un final definido tras completar la partida. Este diseño organiza el flujo de navegación de manera clara y estructurada, facilitando la interacción del usuario con la aplicación.

5.1. Diseño de interfaces

5.1.1. Primer Juego

1. **Inspiración:** El juego Flappy Bird sirve como inspiración para trabajar la intensidad del sonido. En este juego, el jugador controla a un pájaro que se desplaza hacia adelante de forma automática. Al pulsar la pantalla o presionar una tecla, el personaje sube, mientras que la gravedad lo hace descender de manera constante. El objetivo es atravesar los espacios entre las tuberías para acumular puntos.

El juego finaliza si el pájaro choca contra una tubería o cae al suelo. Su dinámica sencilla pero desafiante lo convierte en una referencia ideal. Permite adaptar sus mecánicas para vincularlas con estímulos específicos, como la intensidad del sonido, en el diseño de juegos educativos.

2. **Mecánicas:** En el caso del primer juego, se hace uso de la intensidad del sonido sacado del dispositivo de entrada, para mover el globo hacia arriba en el caso de que se supere un umbral establecido por los terapeutas (ver figura 5.3), mientras que la gravedad arrastra al globo hacia abajo.

El jugador ira sumando puntos a medida que el globo pase por medio de los edificios y perderá en el caso de que choque con un edificio o caiga al suelo.

3. **Feedback Visual:** Si el jugador no supera el umbral de intensidad establecido, el globo desciende continuamente, indicando que debe emitir un sonido más fuerte. Por el contrario, si el umbral se supera constantemente, el globo asciende de forma ininterrumpida. Estas señales visuales, aunque sencillas, obligan al jugador a ajustar y controlar la intensidad de su sonido para interactuar eficazmente con el sistema.

El diseño final del juego se mantuvo fiel a las mecánicas propuestas inicialmente, incorporando ajustes menores que mejoraron su narrativa y coherencia. El cambio más significativo fue sustituir las columnas por edificios y el globo aerostático por un globo de fiesta (ver figura 5.1 y ver figura 5.2). Esta modificación fue propuesta por el director Andrés Navarro durante y después de la primera visita al instituto, con el objetivo de brindar mayor sentido al contexto del juego. La inclusión de un globo de fiesta flotando en la ciudad no solo resultó más intuitiva y comprensible, sino que también

permitió establecer una conexión temática más sólida con el entorno urbano y la experiencia del jugador.

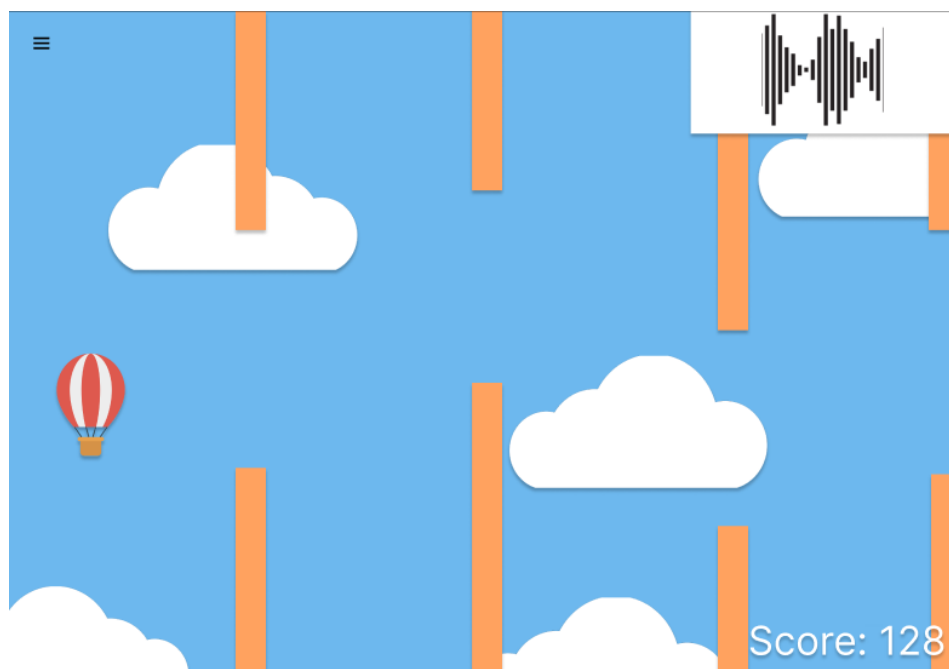


Figura 5.1: Representación Inicial del Diseño y la Mecánica de Juego para el Primer Juego

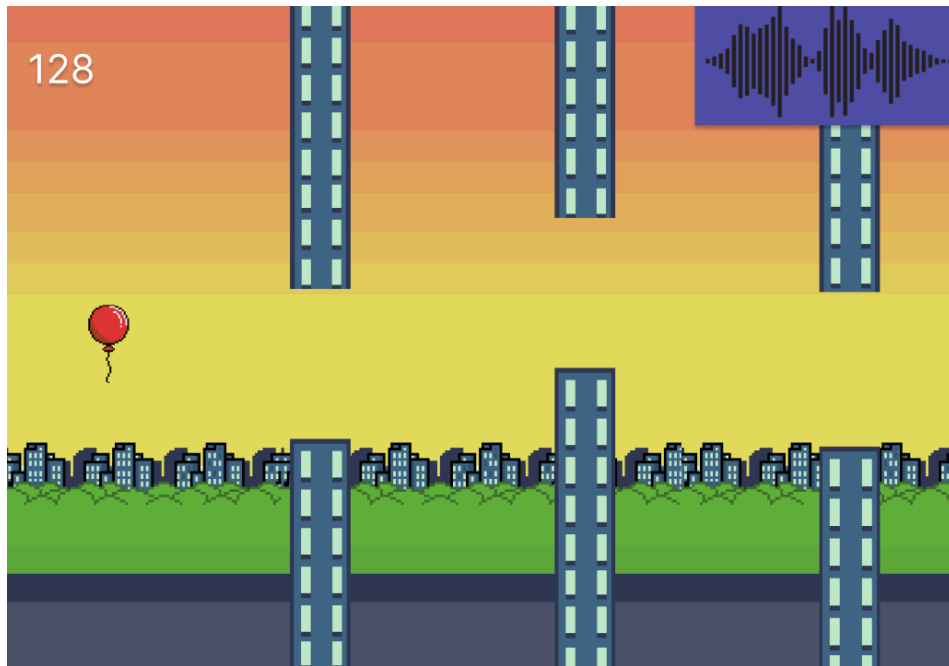


Figura 5.2: Diseño Final y Mecánica de Juego para el Primer Juego

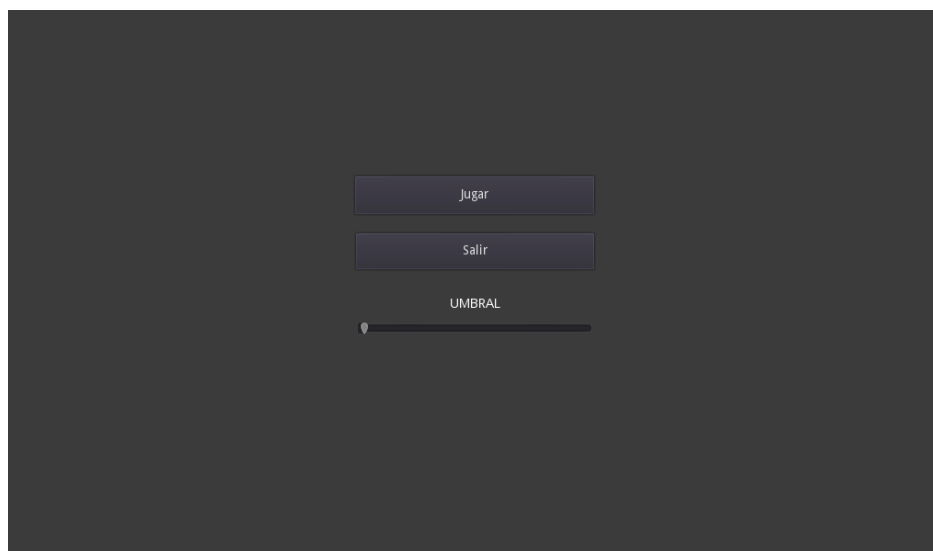


Figura 5.3: Menú de Inicio Juego 1

5.1.2. Segundo Juego

1. **Mecánicas:** En el caso del segundo juego, la mecánica se centra en la interacción con el sonido capturado desde el dispositivo de entrada. Aquí, la duración e intensidad del sonido juegan un papel crucial. El jugador debe mantener una intensidad específica, previamente configurada por el terapeuta (ver figura 5.7), durante un tiempo determinado para progresar.

Mientras el jugador cumple con este desafío, se ejecuta una animación que refuerza la experiencia inmersiva (ver figura 5.5). Al completar con éxito el objetivo, el juego recompensa al usuario con una animación especial diseñada para motivar y celebrar su logro (ver figura 5.6), haciendo que cada victoria sea un momento emocionante y gratificante.

2. **Feedback Visual:** El juego cuenta con una barra de progreso, la cual le va indicando al jugador en que parte del nivel esta y cuanto le falta para completar el juego con éxito.

El cambio en las mecánicas del segundo diseño se realizó debido a la similitud con el primer juego (ver figura 5.1 y ver figura 5.4), ya que ambos contaban con personajes y dinámicas muy parecidas. En el primer diseño, el globo ascendía o descendía según se superara o no el umbral de intensidad del sonido, mientras que en el segundo se requiere superar dicho umbral durante un tiempo determinado (ver figura 5.5), lo que introduce un desafío distinto y mayor variedad en la jugabilidad.

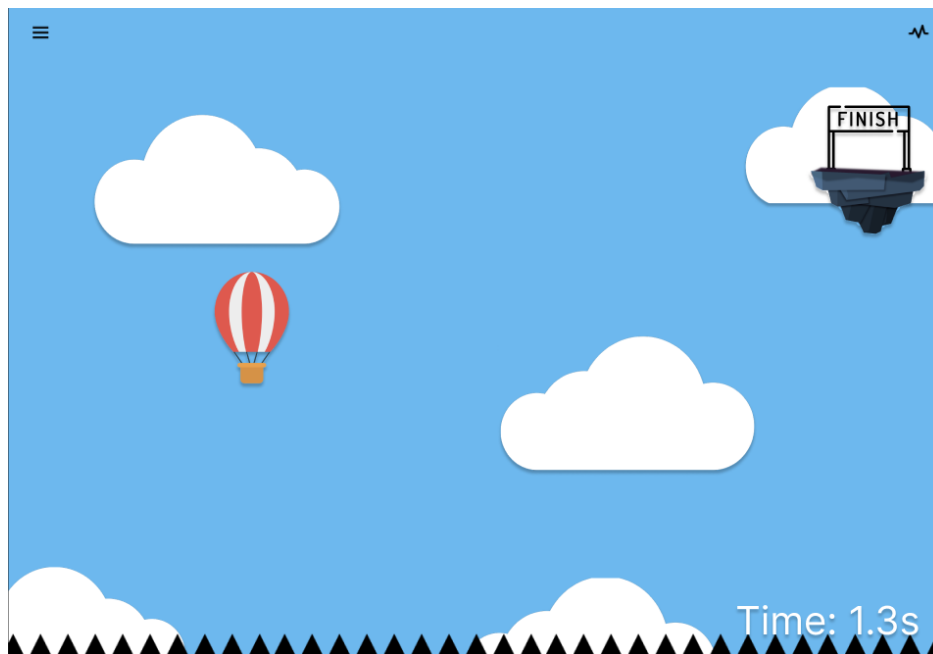


Figura 5.4: Representación Inicial del Diseño y la Mecánica de Juego para el Segundo Juego



Figura 5.5: Diseño Final Mientras el Jugador no ha Cumplido el Tiempo de Duración



Figura 5.6: Diseño Final Cuando el Jugador Cumplió con el Tiempo Establecido

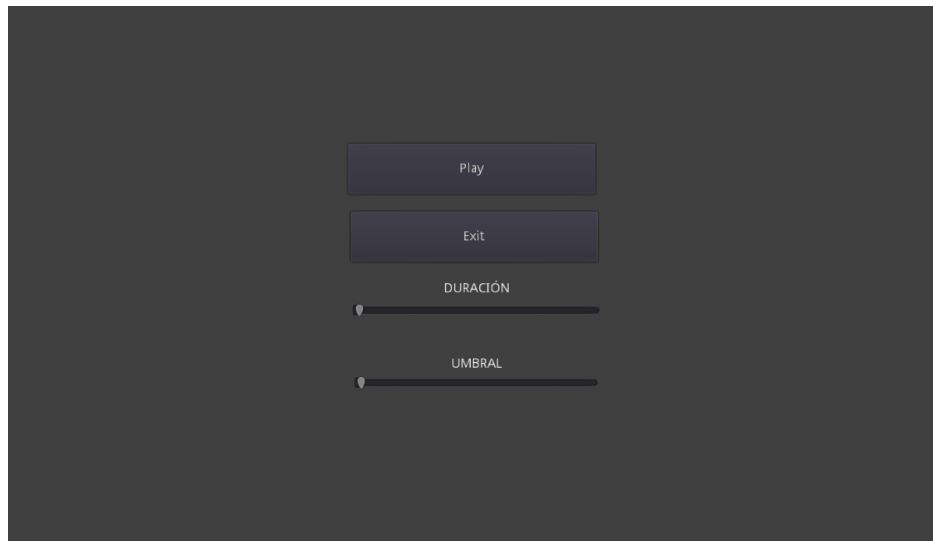


Figura 5.7: Menú de Inicio Juego 2

5.1.3. Tercer Juego

1. **Inspiración:** El Dinosaur Game, también conocido como Chrome Dino, sirve de inspiración para explorar conceptos como la altura tonal y el timbre del sonido. En este juego, el jugador controla un dinosaurio que avanza automáticamente hacia adelante. Las mecánicas son simples pero adictivas: al presionar la tecla “arriba”, el dinosaurio salta, mientras que al pulsar “abajo”, se agacha. El objetivo es acumular puntos sobreviviendo el mayor tiempo posible, fomentando un espíritu competitivo.

El juego termina si el dinosaurio choca con un obstáculo, lo que añade un desafío constante y motiva al jugador a mejorar. Su diseño minimalista y su dinámica accesible lo convierten en una referencia ideal para adaptaciones que integren estímulos específicos, como la respuesta a la altura tonal de la voz. Esto abre posibilidades para crear experiencias educativas innovadoras que combinen entretenimiento y aprendizaje.

2. **Mecánicas:** En el caso del tercer juego, se utiliza la frecuencia del sonido capturado desde el dispositivo de entrada para controlar al dinosaurio. Para que este salte, el jugador debe emitir la vocal “T”, mientras que para agacharse debe producir la vocal “O” (ver figura 5.8). Esta dinámica permite que el niño trabaje tanto la altura tonal como el timbre de su voz.

La altura tonal se aborda a través de la diferenciación entre sonidos agudos, como los de la vocal “T”, y sonidos graves, como los de la vocal “O”. Por otro lado, el timbre se trabaja al fomentar el uso consciente de las características únicas de cada vocal. La vocal “T” produce un timbre más brillante debido a la resonancia de armónicos altos en el tracto vocal, mientras que la vocal “O” genera un timbre más oscuro y profundo al enfatizar armónicos bajos. Es-

ta combinación de estímulos vocales ayuda al jugador a desarrollar un control vocal preciso, haciendo del juego una experiencia tanto educativa como lúdica.

3. **Feedback Visual:** Si el jugador no realiza ningún sonido agudo (“T”) o grave (“O”) el dinosaurio continuará moviéndose en línea recta sin realizar los movimientos correspondientes a estas mecánicas del juego.

En el caso del tercer juego, no se realizaron cambios en el diseño ni en las mecánicas. Desde su concepción inicial, se decidió mantener el diseño (ver figura 5.8 y ver figura 6.11), implementando directamente la idea original sin modificaciones adicionales.



Figura 5.8: Diseño Final y Mecánica de Juego para el Tercer Juego

5.1.4. Aplicativo Web

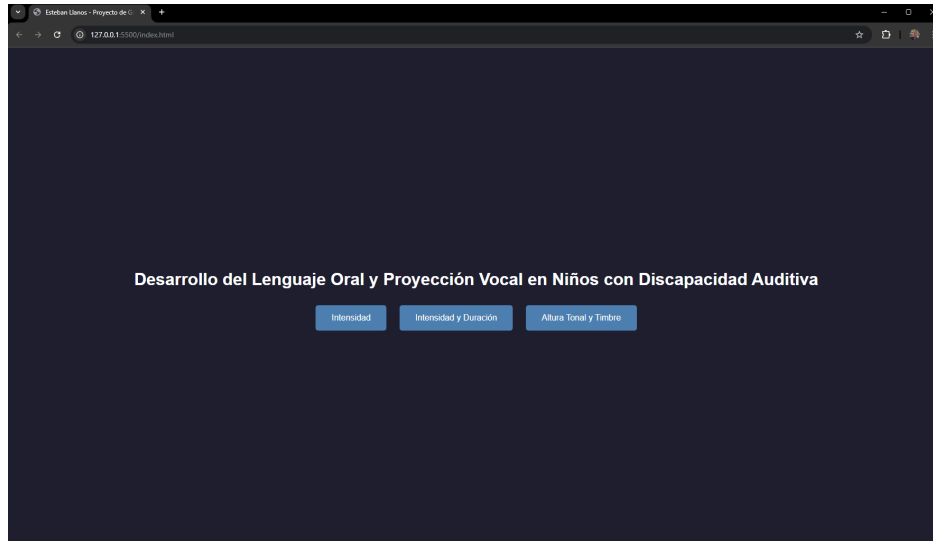


Figura 5.9: Interfaz de la Página Web

El aplicativo web tiene como función principal permitir el acceso centralizado a los diferentes juegos diseñados para el desarrollo del lenguaje oral y la proyección vocal en niños con discapacidad auditiva. Este portal ofrece una interfaz simple y accesible (ver figura 5.9), desde la cual se pueden seleccionar y ejecutar los juegos desde cualquier lugar con conexión a internet. Su objetivo es facilitar la disponibilidad de las actividades educativas y terapéuticas, promoviendo la inclusión y el aprendizaje interactivo de una manera práctica y versátil.

Implementación

6.1. Motor de Videojuegos

El desarrollo de aplicaciones web educativas que incluyan elementos interactivos, como los videojuegos, requiere un enfoque técnico que permita combinar creatividad, accesibilidad y funcionalidad. En este contexto, Godot Engine, específicamente la versión 3.5.3, se presenta como una herramienta ideal para llevar a cabo proyectos de esta índole. Su versatilidad, estabilidad y comunidad activa hacen de esta plataforma una excelente elección para diseñar y desarrollar los tres juegos auditivos enfocados en mejorar el desarrollo del lenguaje oral en niños con discapacidad auditiva.

6.1.1. Ventajas del Uso de Godot Engine 3.5.3

1. **Estabilidad y Optimización:** Godot 3.5.3 es una versión consolidada y estable que ha sido ampliamente probada en diversos proyectos. Esto garantiza que los desarrolladores puedan enfocarse en el diseño y la lógica del juego sin preocuparse excesivamente por errores graves en el motor. Además, la optimización de los recursos en esta versión asegura un rendimiento eficiente incluso en dispositivos con hardware limitado, lo cual es crucial para juegos educativos que buscan ser accesibles en distintas plataformas.
2. **Interfaz Intuitiva y Aprendizaje Accesible:** Una de las características más destacadas de Godot es su interfaz amigable, diseñada para ser accesible tanto para principiantes como para desarrolladores avanzados. La curva de aprendizaje es considerablemente más suave en comparación con otros motores de videojuegos, lo que permite a los creadores centrarse en los objetivos pedagógicos del proyecto, como la interacción auditiva en los juegos, en lugar de perder tiempo enfrentando complejidades innecesarias.
3. **Herramientas Integradas y Flexibilidad:** Godot incluye herramientas integradas como un editor de gráficos, un sistema de animación y un potente lenguaje de scripting llamado GDScript, que está diseñado específicamente para el desarrollo en este motor. GDScript, con una sintaxis similar a Python, es ideal para la creación de lógica personalizada, como la detección de intensidad, duración y altura del sonido en los juegos propuestos. Además, el motor permite integrar otras tecnologías y librerías de manera eficiente, ampliando su versatilidad para proyectos con requisitos específicos.
4. **Multiplataforma:** El soporte multiplataforma de Godot facilita la exportación de juegos a diferentes entornos, como navegadores web, dispositivos móviles y sistemas de escritorio. Esto

es particularmente relevante para tu proyecto, ya que al tratarse de una aplicación web, los juegos deben ser compatibles con navegadores modernos para garantizar accesibilidad a una amplia gama de usuarios.

5. **Comunidad y Documentación:** La comunidad activa de Godot es una de sus mayores fortalezas. A través de foros, grupos en redes sociales, canales de YouTube y otros recursos, los desarrolladores pueden encontrar tutoriales, resolver dudas y compartir experiencias. La extensa documentación oficial también es un recurso invaluable, proporcionando guías claras y ejemplos prácticos que ayudan a implementar características específicas, como las relacionadas con la interacción auditiva.

6.2. Características del Computador

- **Procesador (CPU):** Intel Core i7+ de octava generación para laptop.
- **Memoria (RAM):** 8 GB.
- **Almacenamiento:** Disco de estado solido (M.2) de 256 GB y disco duro (HDD) de 2 TB.
- **Sistema operativo:** Windows 10 home.
- **Tarjeta gráfica:** Nvidia geforce GTX 1050 para laptop.

6.3. Desarrollo del Primer Juego

6.3.1. Implementación técnica

1. **Uso del Micrófono:** Para poder implementar el uso de un dispositivo de entrada de audio y poder interactuar con el en Godot Engine, se hizo uso de un bus de audio con el efecto de Record", el cual empieza a grabar el sonido del dispositivo, ya sea un micrófono externo, auriculares o el mismo micrófono del computador. Una vez con el bus de audio configurado, se pudo acceder a el mediante código escrito en GDScript (ver figura 6.1), seleccionando el indice correspondiente al bus y el indice correspondiente al efecto.

```
recordBusIndex = AudioServer.get_bus_index('Record')
if(recordBusIndex == -1):
> print("Error: No se encontró el bus de audio 'Record'.")
else:
> recordEffect = AudioServer.get_bus_effect(recordBusIndex, 0)
> print("Bus de audio 'Record' encontrado en índice: ", recordBusIndex)
recordEffect.set_recording_active(true)
```

Figura 6.1: Obtención de los buses de sonido en GDScript

2. **Procesamiento de señales:** El sistema de audio de Godot utiliza una escala logarítmica de decibelios (dB) para medir la intensidad del sonido, un estándar ampliamente adoptado en la industria de audio debido a su capacidad para representar rangos de amplitud extremadamente amplios de manera eficiente. En este contexto, la escala de decibelios se utiliza para definir la relación entre la potencia de la señal de audio en el bus y un valor de referencia.

- **Fundamentos de la Escala de Decibelios**

La escala de decibelios es una medida relativa que expresa la relación entre dos valores de potencia o amplitud. La fórmula para calcular el valor en dB es la siguiente:

$$dB = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

Donde P es la potencia del sonido y P_0 es la potencia de referencia. Debido a su naturaleza logarítmica, los decibelios permiten representar valores de amplitud que varían en órdenes de magnitud. Por ejemplo, un cambio de 6 dB en la señal de audio implica que la amplitud se duplica o se reduce a la mitad.

Se utiliza el método `get_bus_peak_volume_left_db(busIndex, effectIndex)`, que permite obtener el nivel máximo de la señal en el canal izquierdo del bus de audio especificado. Este método puede adaptarse para obtener el pico en el canal derecho si se utiliza el correspondiente método para ese canal.

Al capturar este valor de pico, se puede almacenar en una variable y compararlo con el umbral previamente definido por el terapeuta. De esta manera, se puede controlar el comportamiento del personaje en función de la intensidad del sonido, haciendo que se mueva cuando la señal supera dicho umbral.

3. **Movimiento de los edificios:** Para lograr que los edificios se movieran dinámicamente en el eje Y, se implementaron dos variables que definen los límites superior e inferior de movimiento. Utilizando estos límites, se ajustó la posición de los edificios generando un número aleatorio dentro de ese rango.

Para garantizar que los edificios se generen de forma continua, se inicializó un arreglo con 6 edificios. Este arreglo se actualiza dinámicamente eliminando el primer edificio y luego añadiéndolo nuevamente al final de la lista (ver figura 6.2), pero con una nueva posición en el eje Y calculada según los límites establecidos. Esto crea un flujo constante de edificios con posiciones variadas, manteniendo la sensación de movimiento y renovación en el entorno del juego.

```
func reposition():
>| pipeArray[0].global_position.x = pipeArray[-1].global_position.x + offsetX
>| pipeArray.push_back(pipeArray.pop_front())
>| movePipe(pipeArray[-1])
>|
func movePipe(pipe):
>| pipe.global_position.y = randi()%limitMax+limitMin
```

Figura 6.2: Código Movimiento Edificios

4. **Visualizador de Espectro de Audio:** El siguiente componente desarrollado en Godot 3.5.3 es un visualizador de espectro de audio que representa gráficamente las frecuencias del sonido en tiempo real mediante un histograma. A continuación, se describe su funcionamiento:

- **Configuración inicial:** Cuando el nodo se carga en la escena, se inicializa una lista que almacena los valores correspondientes al histograma. El visualizador divide el rango de frecuencias de audio en secciones específicas, representadas como barras verticales.
- **Cálculo de las frecuencias:** En cada fotograma, la función `_process` obtiene los datos del espectro de audio y divide el rango de frecuencias en intervalos (ver figura 6.3). Para cada intervalo, se calcula la intensidad del sonido y se convierte en una escala adecuada para su representación gráfica.
- **Dibujo del espectro:** Usando la función `_draw`, se dibujan las barras del histograma como líneas verticales (ver figura 6.3). La altura de cada barra se ajusta en función de la intensidad de la frecuencia correspondiente, permitiendo observar en tiempo real la distribución del sonido. Además, el tamaño y el espaciado de las barras pueden ajustarse mediante escalas personalizables.

```
1 extends Panel
2
3 onready var spectrum = AudioServer.get_bus_effect_instance(2, 0)
4 var definition = 20
5 var totalW = 320
6 var totalH = 50
7 var minFreq = 20
8 var maxFreq = 20000
9 var histogram = []
10
11 var height_scale = 0.5
12 var width_scale = 0.5
13
14
15 func _ready():
16 >| for i in range(definition):
17 >| >| histogram.append(0)
18
19 func _process(delta):
20 >| var freq = minFreq
21 >| var interval = (maxFreq - minFreq) / definition
22 >| for i in range(definition):
23 >| >| var magnitude = spectrum.get_magnitude_for_frequency_range(freq, freq + interval)
24 >| >| magnitude = linear2db(magnitude.length())
25 >| >| histogram[i] = magnitude
26 >| >| freq += interval
27 >| update()
28
29 func _draw():
30 >| var drawPos = Vector2(7, 70)
31 >| var wInterval = (totalW / definition) * width_scale
32 >| for i in range(definition):
33 >| >| draw_line(drawPos, drawPos + Vector2(0, histogram[i] * height_scale), Color.white, 4.0, true)
34 >| >| drawPos.x += wInterval
35
```

Figura 6.3: Código del Visualizador de Espectro de Audio en GDScript

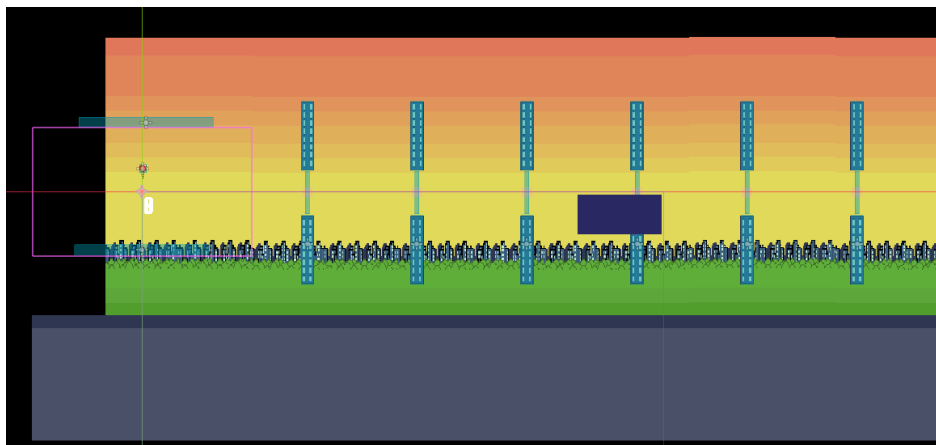


Figura 6.4: Primer Juego en el Motor Godot Engine

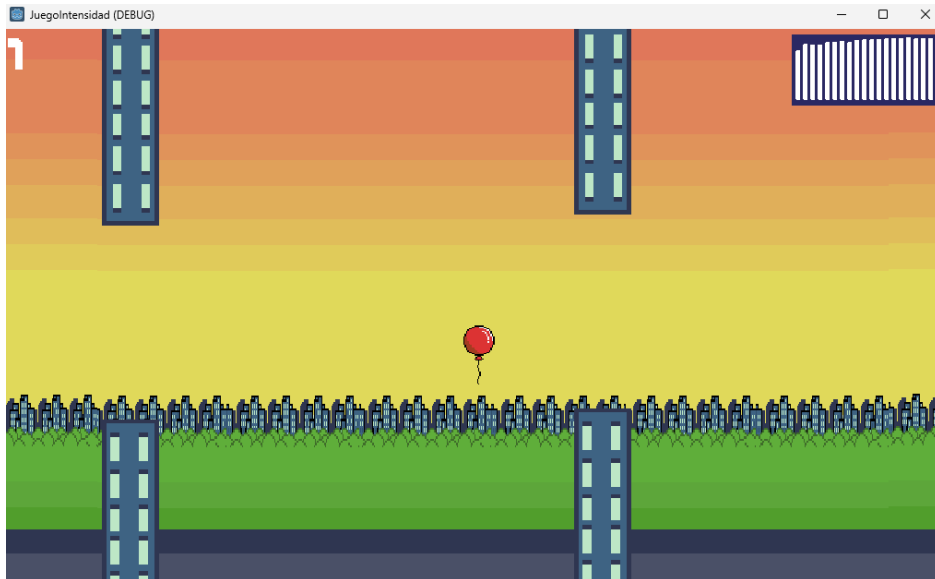


Figura 6.5: Primer Juego (Intensidad)

6.4. Desarrollo del Segundo Juego

6.4.1. Implementación técnica

1. **Duración e Intensidad del Sonido:** La duración del sonido se calcula utilizando la variable de tiempo delta, que representa el intervalo de tiempo transcurrido entre cada actualización del juego en la función `_process` nativa de Godot Engine (ver figura 6.6). Este valor se acumula únicamente cuando el nivel de sonido supera un umbral definido por el terapeuta, lo que permite medir con precisión cuánto tiempo el jugador mantiene el sonido requerido. La metodología para determinar la intensidad del sonido se explicó previamente en la sección correspondiente al desarrollo del primer juego.
2. **Actualización del la Barra de Progreso:** La barra de progreso mide visualmente cuánto tiempo el jugador ha mantenido el sonido por encima del umbral. El cálculo del porcentaje de avance se realiza dividiendo el tiempo acumulado (`accumulated_time`) entre el tiempo máximo requerido (`max_time`) y multiplicando el resultado por 100. Este porcentaje se asigna a la propiedad `value` de la barra de progreso, actualizando su estado en pantalla.

Cuando el progreso alcanza el 100%, la variable `reached_100_percent` se activa, indicando que la misión se ha cumplido. Esto detiene el avance del progreso y permite que el juego reaccione, mostrando una animación y un mensaje de éxito (ver figura 6.6).

```
func _process(delta):
>|  var db_level = get_db_level()
>|  if db_level > threshold:
>|    >|  accumulated_time += delta
>|    >|  print(accumulated_time)
>|    >|  $AnimatedSprite.play("fly")
>|    >|  update_progress_bar()
>|    >|  move_background()
>|
>|    if reached_100_percent:
>|    >|    >|  $AnimatedSprite.play("win")
>|    >|    >|  parallax_speed = 0
>|    >|    >|  $HUD.get_node("Label").text = "MISIÓN CUMPLIDA"
>|  else:
>|    >|  if not reached_100_percent:
>|    >|    >|  reset_progress()

func update_progress_bar() -> void:
>|  var progress = (accumulated_time / max_time) * 100.0
>|  progress_bar.value = progress
>|
>|  if progress >= 100.0:
>|    >|  reached_100_percent = true
>|    >|  print("Progreso completado: 100%")
```

Figura 6.6: Código del Calculo del tiempo y Barra de Progreso



Figura 6.7: Segundo Juego (Intensidad y Duración)

6.5. Desarrollo del Tercer Juego

6.5.1. Implementación técnica

1. Configuración de Buses de Audio y Obtención de la Frecuencia

a) Bus de grabación:

- Se utiliza el bus record (ver figura 6.8) para capturar el audio del micrófono.
- Configurado con un volumen ajustado para evitar ruido excesivo (`mic.volume_db = -5`).
- Redirige el audio al bus de análisis (SpectrumAnalyzer).

b) Bus de análisis (Spectrum Analyzer):

- Configurado con un efecto Spectrum Analyzer (ver figura 6.8) que permite obtener las frecuencias dominantes.
- Este bus es esencial para realizar el análisis en tiempo real de las frecuencias fundamentales capturadas por el micrófono.

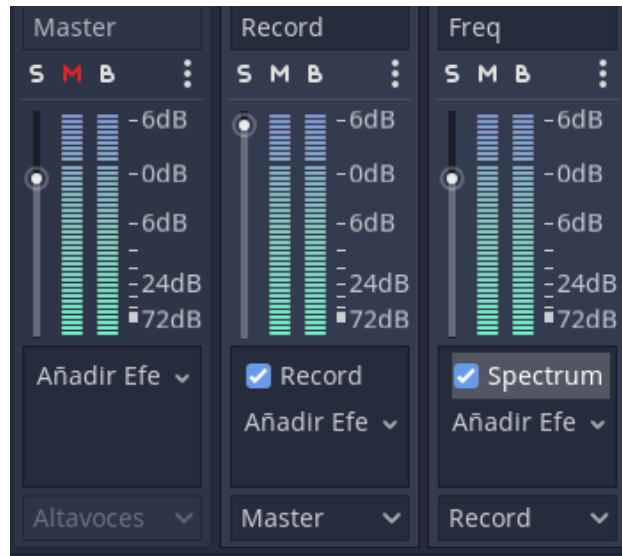


Figura 6.8: Buses de Audio Godot Engine 3.5.3

2. **Selección de frecuencias fundamentales:** La selección de las frecuencias fundamentales se basó en un rango de edad comprendido entre los 4 y 12 años. Para las vocales "i", "e", "o", se eligieron frecuencias absolutas de 280 Hz y 320 Hz, respectivamente, ya que los niños en este rango de edad generalmente emiten sonidos dentro del rango de 260 Hz a 280 Hz [13]. Sin embargo, en el caso de niños con discapacidad auditiva, es común que los sonidos emitidos sean algo más agudos. Además, dado que los juegos en cuestión depende del uso de un dispositivo de entrada y el equipo descrito en la sección 6.2 no cuenta con un micrófono de alta calidad, se optó por elevar ligeramente estas frecuencias para garantizar una mejor captación y audibilidad.

3. **Obtención de las Frecuencias:** El proceso para obtener la frecuencia dominante del dispositivo de entrada de audio se realiza mediante el uso del *AudioEffectSpectrumAnalyzer*. Este analizador permite obtener las magnitudes de diferentes rangos de frecuencias dentro del espectro audible (20 Hz a 20,000 Hz). El código (ver figura 6.9) recorre este espectro en intervalos de 10 Hz utilizando un bucle. Para cada rango de frecuencias, se llama al método `get_magnitude_for_frequency_range`, que devuelve la magnitud correspondiente. La magnitud representa la intensidad de la señal en ese rango específico. Comparando las magnitudes obtenidas, se identifica la frecuencia dominante, es decir, el rango de frecuencias con la mayor magnitud.

```

func _process(delta):
    var bus_index = AudioServer.get_bus_index("Freq")

    if bus_index != -1:
        >| var analyzer = AudioServer.get_bus_effect_instance(bus_index, 0)
        >| var dominant_freq = 0
        >| var max_magnitude = -1.0
        >|
        >| for i in range(20, 20000, 10):
        >| >| var magnitude = analyzer.get_magnitude_for_frequency_range(i, i + 10).length()
        >| >| if magnitude > max_magnitude:
        >| >| >| max_magnitude = magnitude
        >| >| >| dominant_freq = i
        >| >| >|
        >| >| $RunCol.disabled = false
        >| >|
        >| >| if max_magnitude > threshold:
        >| >| >|
        >| >| >| if dominant_freq <= low_sound:
        >| >| >| >| velocity.y = -impulse_speed
        >| >| >| >| $AnimatedSprite.play("jump")
        >| >| >| >|
        >| >| >| elif dominant_freq > high_sound:
        >| >| >| >| velocity.y = impulse_speed + 100
        >| >| >| >| $AnimatedSprite.play("duck")
        >| >| >| >| $RunCol.disabled = true
        >| >| >| >|
        >| >| >| else:
        >| >| >| >| $AnimatedSprite.play("run")
        >| >| >| >|
        >| >| else:
        >| >| >| print("No se pudo obtener la instancia del analizador de espectro.")

```

Figura 6.9: Obtención de la Frecuencia Dominante

4. Generación de obstáculos:

- a) **Generación del ave:** La función `generate_bird()` (ver figura 6.10) es responsable de generar un obstáculo tipo ave en el juego, posicionándolo de manera dinámica en función de la distancia recorrida por el jugador y de valores aleatorios. Inicialmente, se crea una instancia del obstáculo ave mediante `bird.instance()`, y su posición en el eje X (`bird_x`) se calcula como la posición del último obstáculo generado (`last_obs_position`) más un valor fijo de 200, al que se le suma un desplazamiento aleatorio comprendido entre 0 y 400. Para la posición en el eje Y (`bird_y`), se selecciona aleatoriamente un valor de la lista `bird_heights`, que contiene alturas predefinidas para las aves, asegurando que estas aparezcan dentro de un rango vertical coherente.

Una vez calculadas sus coordenadas, la posición de la instancia se establece mediante `bird_instance.position = Vector2(bird_x, bird_y)`. Si el nodo hijo `AnimatedSprite` está presente, se activa su animación "fly" mediante el método `play()`, dotando al enemigo de un comportamiento visual animado. A continuación, la instancia se agrega a la escena con `add_child(bird_instance)` y se incorpora al grupo `.obstacle` mediante `add_to_group()`, permitiendo que se gestione como parte de los obstáculos en el juego. Además, la función conecta la señal `body_entered` del ave a la función

`_on_body_entered()`, lo que permite detectar colisiones con el jugador. Finalmente, el enemigo se añade a la lista de obstáculos `obstacles.append()` y se actualiza la posición del último obstáculo generado con el valor de `bird_x`.

Esta lógica asegura que las aves se generen de manera dinámica y coherente, contribuyendo a la variabilidad de los desafíos para el jugador, mientras se mantienen las características de interacción y detección de colisiones.

```
func generate_bird():
>| var bird_instance = bird.instance()
>| var bird_x = last_obs_position + 200 + (randi() % 400)
>| var bird_y = bird_heights[randi() % bird_heights.size()]
>| bird_instance.position = Vector2(bird_x, bird_y)

>| var animated_sprite = bird_instance.get_node("AnimatedSprite")
>| if animated_sprite:
>| >| animated_sprite.play("fly")

>| add_child(bird_instance)
>| bird_instance.add_to_group("obstacle")
>| bird_instance.connect("body_entered", self, "_on_body_entered")
>| obstacles.append(bird_instance)
>| last_obs_position = bird_x
```

Figura 6.10: Código de la Generación del Obstáculo Ave

b) Generación de obstáculos:

La función `generate_obs_batch()` (ver figura 6.11) es responsable de generar lotes de enemigos y obstáculos en el juego de manera dinámica, asegurando que su aparición sea lógica y equilibrada a lo largo del escenario. El proceso de generación se basa en una combinación de aleatoriedad y reglas probabilísticas que permiten la aparición de diferentes tipos de obstáculos, como aves, con una probabilidad de 1 en 3. Además, se selecciona un tipo de obstáculo al azar y se generan hasta tres instancias de este tipo por lote. La distribución de estos obstáculos se ajusta según el puntaje del jugador y su posición en el lote.

El posicionamiento de los obstáculos en el eje X se calcula mediante una fórmula que tiene en cuenta varios factores. Primero, se asegura que los obstáculos aparezcan fuera del campo visual del jugador, comenzando más allá del borde derecho de la pantalla (`screen_size.x`). Luego, el puntaje del jugador (`score`) se utiliza para ajustar la distancia a la que se generan los obstáculos, mientras que un valor constante de 150 garantiza que los obstáculos no aparezcan demasiado cerca del jugador. Finalmente, un desplaza-

miento adicional se aplica a cada obstáculo dentro del lote usando el índice del obstáculo multiplicado por 100, lo que mantiene una separación uniforme entre ellos.

Para añadir una capa de variabilidad, si no se genera un enemigo tipo ave al inicio del lote, existe una probabilidad adicional de 1 en 4 de generarlo al finalizar el lote. Esta característica incrementa la complejidad del juego al diversificar los patrones de aparición de los enemigos. De esta forma, el sistema de generación de obstáculos no solo asegura una experiencia de juego equilibrada, sino que también introduce suficiente desafío y dinamismo para el jugador.

```
func generate_obs_batch():
  if obstacles.empty() or last_obs_position + min_distance_between_batches < score:
    var bird_generated = false

    if randi() % 3 == 0:
      generate_bird()
      bird_generated = true

    var obs_type = obstacle_types[randi() % obstacle_types.size()]
    for i in range(randi() % max_obstacles_per_batch + 1):
      var obs = obs_type.instance()
      scale_obstacle(obs, 2)
      var obs_x = screen_size.x + score + 150 + (i * 100)
      var obs_y = calculate_obstacle_y(obs)
      add_obs(obs, obs_x, obs_y)
      last_obs_position = obs_x

    if not bird_generated and randi() % 4 == 0:
      generate_bird()
```

Figura 6.11: Generación de Obstáculos



Figura 6.12: Tercer Juego (Altura Tonal y Timbre)

7.1. Aval Ético

Este proyecto cuenta con aval ético en el marco del proyecto colaborativo Colombia-Quebec. 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 el número de aplicación INV-2020-007, el 30 de junio de 2020, y se realizó en conformidad con las resoluciones 8430 (1994) y 2378 (2008) del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia.

7.2. Profesionales Involucrados

En total, tres terapeutas participaron activamente en las pruebas, aportando recomendaciones clave para la mejora del proyecto. Además, se contó con la presencia del ingeniero Andrés Castillo, quien acompañó y supervisó el proceso, garantizando su desarrollo técnico y metodológico.

7.3. Primera Visita al Instituto para Niños Ciegos y Sordos

En la primera visita se realizó la prueba de los dos primeros juegos con un total de dos niños.

- **Niña de 12 años con una baja audición:**

1. **Primer Juego (ver figura 6.5):** El primer intento con el juego resultó ser un desafío para el usuario, principalmente porque el globo se desplazaba de manera muy rápida, tanto al ascender como al descender, especialmente cuando el globo ascendía al superar el umbral establecido por el especialista. Esta velocidad inesperada generó una sensación de frustración, ya que la dinámica del juego parecía fuera de control en esos momentos específicos. Sin embargo, después de tomarse un tiempo para familiarizarse con las mecánicas del juego y comprender cómo funcionaban los distintos elementos en conjunto, la experiencia se volvió más disfrutable. A pesar de los contratiempos iniciales, destacó que, al entender mejor las dinámicas y el funcionamiento del globo, el juego pasó a ser algo que realmente le gustó. Esto permitió que la frustración inicial diera paso a una apreciación más completa de la jugabilidad.

2. **Segundo Juego (ver figura 6.7):** A pesar de la simplicidad del juego, la frustración no fue un factor destacado durante la prueba inicial. Esta emoción solo se hizo presente cuando los tiempos empleados por el terapeuta aumentaron considerablemente, lo que generó cierta incomodidad. Sin embargo, la niña expresó que, a pesar de lo sencillo que era el segundo juego, lo disfrutó más que el primero. Este cambio en la preferencia podría indicar que, aunque el primer juego representaba un desafío, el segundo ofreció una experiencia más satisfactoria en términos de jugabilidad y conexión con la dinámica del juego, incluso en su formato más básico.

- **Niño de 4 años con hipoacusia profunda bilateral:**

El niño, siendo aún muy pequeño, se encontraba en una etapa de adaptación bastante delicada, sobre todo al enfrentarse a los nuevos retos que los juegos presentaban. Lo que hacía aún más desafiante esta experiencia era que, hace poco, le habían implantado un dispositivo de escucha, lo que suponía una transición significativa en su vida cotidiana. A pesar de la gran emoción y las expectativas que se tenían sobre el dispositivo, la realidad de la adaptación resultó ser bastante compleja.

1. **Primer Juego (ver figura 6.5):** El primer juego, en particular, fue el que más dificultades le presentó. Este juego no solo requería habilidades cognitivas avanzadas para poder seguir el ritmo de las acciones que se presentaban, sino que también exigía una comprensión más profunda de las señales que el niño debía procesar. Sin embargo, al haber sido una experiencia tan reciente el implante del dispositivo de escucha, su capacidad para filtrar y entender los sonidos aún no estaba completamente desarrollada. El niño, en su inocencia y con su mente aún en proceso de ajuste, se sentía abrumado por la cantidad de estímulos a los que debía responder.
2. **Segundo Juego (ver figura 6.7):** El segundo juego, en comparación con el primero, representó un desafío mucho menor para el niño, aunque de igual forma no estuvo exento de dificultades. Este juego tenía un objetivo claro y relativamente simple: el niño solo debía emitir un sonido que superara el umbral establecido por el terapeuta, y mantener ese sonido durante un período de tiempo determinado. La tarea, aunque aparentemente sencilla, no era tan fácil de llevar a cabo, especialmente para un niño tan pequeño que aún se encontraba en proceso de adaptación al dispositivo de escucha.

Al principio, el niño lograba superar el umbral con relativa facilidad, y el juego parecía una experiencia menos intimidante. Sin embargo, a medida que el tiempo avanzaba, la dificultad comenzaba a aumentar. Aunque no se le exigía una gran cantidad de acciones simultáneas, mantener el sonido por un periodo prolongado resultaba ser un reto significativo. Su capacidad para sostener el tono o el volumen del sonido durante el tiempo requerido empezaba a decaer, lo que lo hacía sentir frustrado. El niño, al igual que en

el primer juego, todavía no contaba con la resistencia ni con el control necesario sobre los nuevos estímulos que recibía a través del dispositivo, lo que dificultaba mucho más cumplir con el objetivo del juego.

■ **Recomendaciones de los terapeutas encargados:**

1. Añadir dificultades.
2. Añadir más animaciones.
3. Cambiar la velocidad del globo en el primer juego.
4. Crear un demo o manual.
5. Trabajar con las vocales.
6. Trabajar con animaciones relacionadas con el contexto de los niños del instituto (vacas, carros, aviones).
7. Indicar la intensidad en el menú del juego.

7.4. Segunda Visita al Instituto para Niños Ciegos y Sordos

Se llevó a cabo una segunda visita exclusivamente con una única terapeuta, durante la cual se realizó una revisión detallada de los tres juegos. En esta sesión, se registraron las siguientes observaciones y comentarios:

1. **Integrar más animaciones:** Se destacó la necesidad de incluir un mayor número de animaciones dinámicas dentro de los juegos, con el objetivo de hacer las actividades más atractivas, estimulantes y adaptadas a las necesidades sensoriales de los niños.
2. **Diseñar personajes relacionados con el contexto del instituto:** Se recomendó trabajar en el diseño de personajes que reflejen el entorno cultural, social y educativo de los niños, promoviendo así un mayor nivel de conexión emocional y relevancia en las actividades.
3. **Modificar el sistema de puntuación y visualizar el progreso:** Se propuso rediseñar el sistema de puntuación para hacerlo más claro e intuitivo, y crear mecanismos visuales o auditivos que permitan a los niños identificar fácilmente su progreso a medida que avanzan en las actividades.
4. **Enfocarse en las vocales como base metodológica:** Dado que el instituto emplea las vocales como una parte fundamental de su metodología de enseñanza, se recomendó estructurar las actividades para que estas jueguen un papel central en los juegos, fomentando su aprendizaje y reconocimiento.

7.5. Validación de los Requisitos Funcionales

Código	Requisito	Cumplimiento	Observaciones
RF_01	La aplicación debe incluir tres juegos 2D auditivos enfocados en mejorar el desarrollo del lenguaje oral en niños con discapacidad auditiva.	Cumple	Se probaron los tres juegos en las visitas al instituto.
RF_02	El primer juego debe trabajar la intensidad y duración del sonido para controlar al personaje.	Parcial	Funcionalmente cumple, pero la velocidad del globo requiere ajustes para evitar frustración.
RF_03	El segundo juego debe trabajar la duración del sonido y realizar acciones en función del tiempo.	Cumple	El juego es funcional y fue disfrutado, aunque se recomienda añadir más animaciones y mejorar la conexión emocional.
RF_04	El tercer juego debe trabajar el timbre y la altura tonal.	Cumple	Durante la segunda visita se probó y validó su funcionalidad, aunque se sugirió integrar más animaciones y diseñar personajes contextualizados.
RF_05	La aplicación debe procesar y captar sonidos en tiempo real, permitiendo la interacción directa.	Cumple	Los tres juegos procesan sonidos en tiempo real, aunque el primero necesita ajustes en la velocidad de respuesta del globo.
RF_06	La interfaz debe incluir un menú principal para acceder fácilmente a los tres juegos.	Cumple	La navegación entre los juegos fue funcional, aunque no se profundizó en este aspecto en las pruebas.
RF_07	Retroalimentación visual y auditiva para guiar al niño.	Parcial	Se brinda retroalimentación, pero los terapeutas sugirieron mejorarla y hacerla más clara y motivadora.
RF_08	Registro y visualización del progreso del usuario.	Cumple	Las barras de progreso y el sistema de puntuación permitieron a los niños y terapeutas visualizar el progreso alcanzado.

Cuadro 7.1: Validación de los requisitos funcionales.

7.6. Validación de los Requisitos No Funcionales

Código	Requisito	Cumplimiento	Observaciones
RNF_01	La interfaz debe ser intuitiva y accesible para niños pequeños con discapacidad auditiva.	Parcial	Aunque es accesible, se recomendó personalizar personajes y animaciones para reflejar el contexto de los niños.
RNF_02	Rendimiento óptimo con tiempos de respuesta rápidos.	Cumple	No se reportaron problemas técnicos de rendimiento durante las pruebas.
RNF_03	Cumplir pautas de accesibilidad web para garantizar una experiencia inclusiva.	Parcial	Se cumplen algunos aspectos, pero se necesita un diseño más inclusivo en los personajes y elementos visuales.
RNF_04	Compatible con los navegadores más utilizados.	Cumple	Se evaluó el desempeño en navegadores comunes como Chrome, Firefox y Edge, y no se identificaron problemas de compatibilidad.
RNF_05	Escalabilidad del sistema.	Cumple	Se puede expandir con nuevos juegos y funcionalidades, según las recomendaciones de los terapeutas.
RNF_06	Colores alineados con las pautas del Instituto.	Cumple	Los colores de la página web cumplen con las pautas establecidas por el Instituto.

Cuadro 7.2: Validación de los requisitos no funcionales.

Conclusiones y Trabajo Futuro

8.1. Conclusiones

En el marco del desarrollo y prueba de la herramienta interactiva diseñada para mejorar el lenguaje oral y las capacidades auditivas en niños con discapacidad auditiva, se derivaron conclusiones significativas que respaldan la eficacia del proyecto y abren nuevas líneas para su mejora y aplicación futura.

Uno de los principales hallazgos del proyecto fue el impacto positivo de los juegos interactivos en el desarrollo de habilidades relacionadas con la intensidad, duración, altura tonal y timbre del sonido. Se observó un notable aumento en la atención y el compromiso durante las sesiones, lo que destaca la efectividad de este enfoque. Este resultado refuerza la importancia de integrar tecnologías adaptadas a las necesidades específicas de los usuarios como un valioso complemento en los procesos terapéuticos.

Así, mismo, de acuerdo con las indicaciones de los profesionales presentes en las pruebas, se destacó la relevancia de personalizar los contenidos y las mecánicas del juego de acuerdo con las características individuales de los usuarios. En las pruebas realizadas, fue evidente que ajustes como los umbrales de sonido establecidos por los terapeutas y las actividades contextualizadas a su entorno facilitaban una mejor comprensión y estimulaban un mayor desempeño. Además, elementos como las barras de progreso y las animaciones dentro del juego no solo aumentaron el atractivo visual, sino que también brindaron una retroalimentación inmediata que resultó esencial para mantener la motivación de los participantes.

Por otro lado, también se identificaron desafíos importantes, particularmente en los casos de niños en etapas tempranas de adaptación a dispositivos auditivos o con grados severos de discapacidad. Estos desafíos subrayan la necesidad de realizar ajustes adicionales, como la disminución de la velocidad en ciertos juegos o la introducción de niveles progresivos de dificultad que puedan adaptarse al progreso individual de cada usuario.

En relación con las recomendaciones de los terapeutas, se concluye que la incorporación de elementos relacionados con el contexto del instituto, tales como personajes y escenarios familiares, puede generar un mayor nivel de conexión emocional y facilitar la inmersión en las actividades. Además, la integración de objetivos claros al final de cada juego y la inclusión de un manual interactivo podrían mejorar la comprensión y navegación de la aplicación, no solo para los niños, sino

también para los terapeutas y padres que acompañan el proceso.

8.2. Trabajo Futuro

En cuanto al trabajo futuro, se propone una serie de mejoras que podrían optimizar el impacto de la herramienta y su aplicabilidad en entornos similares. Una línea importante de acción será el desarrollo de nuevos juegos que trabajen con más vocales y características del sonido, atendiendo a la metodología pedagógica del instituto. Además, la introducción de un sistema de puntuación renovado podría fomentar una mayor motivación en los usuarios al hacer más evidente el progreso alcanzado.

De igual manera, será crucial profundizar en el diseño de personajes y escenarios que reflejen la cotidianidad y los intereses de los niños del instituto, promoviendo una experiencia más inclusiva y personalizada. La implementación de niveles de dificultad progresiva también resultará esencial para garantizar que la herramienta sea efectiva para un rango más amplio de usuarios, desde aquellos que están en etapas iniciales hasta quienes ya han desarrollado ciertas habilidades.

Adicionalmente, se recomienda explorar el uso de tecnologías avanzadas, como algoritmos de inteligencia artificial, para analizar y personalizar las respuestas del sistema en tiempo real, así como para realizar un análisis más preciso de las frecuencias y patrones de sonido emitidos por los usuarios. Estas mejoras tecnológicas podrían incrementar significativamente la eficacia de la herramienta y su potencial para ser adaptada a otros contextos educativos y terapéuticos.

Finalmente, la evaluación constante a través de pruebas y retroalimentación con los terapeutas y niños será fundamental para identificar áreas de mejora continua y garantizar que la herramienta evolucione de manera alineada con las necesidades del entorno en el que se utiliza. Esto no solo fortalecerá el impacto positivo de la aplicación, sino que también contribuirá al desarrollo de nuevas estrategias para la inclusión educativa y el aprendizaje interactivo en poblaciones con necesidades especiales.

Bibliografía

- [1] Ministerio de salud (2017). Abecé salud auditiva y comunicativa.
- [2] J.I Benito Orejas, J.C Silva Rico (2013). Hipoacusia: identificación e intervención precoces.
- [3] Organización Panamericana de la Salud (OPS). Discapacidad. Disponible en <https://www.paho.org/es/temas/discapacidad>
- [4] Organización Mundial de la Salud (OMS). Discapacidad. Disponible en <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>
- [5] Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Orientaciones pedagógicas para la atención y la promoción de la inclusión de niñas y niños menores de seis años con discapacidad auditiva.
- [6] Moore, B. C. J. (2003). An Introduction to the Psychology of Hearing.
- [7] Handel, S. (1989). Listening: An Introduction to the Perception of Auditory Events. MIT Press.
- [8] Quan Zhou, Yu Chen; Yanting Chen, Hao Zhang, Jianguo Wei, Jianwu Dang (2016). Tongue performance in articulating Mandarin apical syllables by prelingual deaf adults using ultrasonic technology: Two case studies.
- [9] Mohamed Ali Khenisi, Yosra Bouzid, Fathi Essalmi, Mohamed Jimni (2015). A Learning Game for Deaf Learners.
- [10] G. K. Berdibaeva, O. N. Bodin, V. V. Kozlov, D. I. Nefed'ev, K. A. Ozhikenov and Y. A. Pizhonkov. (2017). Pre-processing voice signals for voice recognition systems.
- [11] Z. Zainuddin and I. P. Ihsan. (2013). Modelling of child psychology tests based game learning.
- [12] Thongsukh, S., Darakorn Na Ayuthaya, S., Kiattisin, S. (2017). Startup Framework Based On Scrum Framework. Mahidol University, Thailand.
- [13] PubMed. (1989). Pediatric auditory and speech-language research. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2723142/>
- [14] A. D. Castillo Saavedra y L. S. Quintero Velasco, Herramienta de software didáctico como soporte en la enseñanza del lenguaje oral para niños con deficiencia auditiva - VIVOSO. Cali, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, 2002.