

Juegos serios con tecnologías interactivas para intervenciones en niños con síndrome de Down: un estudio de usabilidad

Serious games with interactive technologies for interventions in children with Down syndrome: A usability study

Diego Cortés Silva
diego.cortes03@usc.edu.co

Yesid Eugenio Santafé Ramon
yesid.santafe00@usc.edu.co

Luis Carlos Rodríguez Timaná
luis.rodriguez11@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Electrónica (1)

Resumen

El síndrome de Down es una condición genética que afecta el desarrollo intelectual y conductual, generando déficits en funciones ejecutivas clave como la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio. Este trabajo de grado presenta el desarrollo e implementación de juegos serios diseñados para fortalecer estas funciones en niños con síndrome de Down y evaluar la idoneidad de diferentes dispositivos electrónicos para dichas intervenciones. Se diseñaron tres juegos serios interactivos: “FeatherAdventure” (implementado con Kinect V2), “SprayGarden” (desarrollado con ESP32, sensor MPU6050 y pulsadores) y “Secuencia de dedos” (basado en una cámara web con reconocimiento gestual). Los juegos fueron desarrollados en Unity y Python, ofreciendo entornos inmersivos que permiten a los niños interactuar de forma natural con elementos virtuales. La metodología incluyó diez sesiones terapéuticas con cuatro niños con síndrome de Down de la fundación ASODISVALLE, recopilando datos cuantitativos mediante sistemas de seguimiento integrados en los juegos serios y observaciones directas durante las sesiones. Las pruebas de usabilidad revelaron que “FeatherAdventure” con Kinect V2 permitió captar movimientos corporales amplios, fortaleciendo las tres funciones ejecutivas principales (flexibilidad cognitiva, control inhibitorio y memoria de trabajo); “SprayGarden”, con ESP32 y MPU6050, además de trabajar estas mismas funciones, ejercitó específicamente la motricidad fina y coordinación; mientras que “Secuencia de dedos” con cámara web fortaleció la flexibilidad cognitiva, control inhibitorio y la coordinación visomotora. Los resultados evidenciaron mejoras progresivas en el desempeño de los participantes, con patrones de aprendizaje no lineales y periodos de adaptación específicos para cada dispositivo. Esta herramienta digital demuestra potencial para mejorar las capacidades cognitivas de niños con síndrome de Down, proporcionando una forma motivadora de estimular habilidades esenciales para su desarrollo integral.

Palabras Clave: juegos serios, síndrome de Down, funciones ejecutivas, dispositivos electrónicos.

Abstract

Down syndrome is a genetic condition that affects intellectual and behavioral development, causing deficits in key executive functions such as working memory, cognitive flexibility, and inhibitory control. This thesis presents the development and implementation of serious games designed to strengthen these functions in children with Down syndrome and evaluate the suitability of different electronic devices for such interventions. Three interactive serious games were designed: “FeatherAdventure” (implemented with Kinect V2), “SprayGarden” (developed with ESP32, MPU6050 sensor, and pushbuttons), and “Secuencia de dedos” (based on a webcam with gesture recognition). The games were developed in Unity and Python, offering immersive environments that allow children to interact naturally with virtual elements. The methodology included ten therapeutic sessions with four children with Down syndrome from ASODISVALLE foundation, collecting quantitative data through tracking systems integrated into the serious games and direct observations during the sessions. Usability tests revealed that “FeatherAdventure” with Kinect V2 captured broad body movements, strengthening the three main executive functions (cognitive flexibility, inhibitory control, and working memory); “SprayGarden”, with ESP32 and MPU6050, while working on these same functions, specifically exercised fine motor skills and coordination; and “Secuencia de dedos” with webcam strengthened cognitive flexibility, inhibitory control, and visuomotor coordination. The results showed progressive improvements in participants' performance, with non-linear learning patterns and specific adaptation periods for each device. This digital tool demonstrates potential to improve cognitive abilities in children with Down syndrome, providing a motivating way to stimulate essential skills for their integral development.

Keywords: serious game, Down syndrome, executive functions, electronic devices.

1. INTRODUCCIÓN

El síndrome de Down es una condición genética presentada en un individuo cuando se produce una copia extra del cromosoma 21 y se caracteriza por presentar alteraciones físicas, cognitivas, del lenguaje y motoras que afectan el desarrollo integral del niño. Un área significativamente comprometida son las funciones ejecutivas, conjunto de habilidades cognitivas que permiten controlar pensamientos y comportamientos para alcanzar metas.

Los déficits en funciones ejecutivas como memoria de trabajo, flexibilidad mental, control inhibitorio, toma de decisiones, planificación, entre otras, interfieren en el aprendizaje y adaptación. Para abordar las dificultades que presenta esta población, existen diversos tipos de terapias usadas alrededor del mundo (NICHD, 2017). Entre ellas se encuentran:

- 1) Fisioterapia: Permite el desarrollo y fortalecimiento de la musculatura, desarrollo de las habilidades motrices como también mejorar el equilibrio y la postura, todo esto desde una edad temprana.
- 2) Terapia del habla y lenguaje: Una habilidad principal para el desarrollo de la lingüística en este tipo de individuos. Este puede incluir medios alternativos como lenguaje de señas.
- 3) Terapia ocupacional: Brinda las herramientas necesarias permitiendo desenvolverse de mejor manera en la vida diaria.
- 4) Terapias emocionales y conductuales: A través de una asistencia profesional, es posible regular patrones de comportamiento en situaciones de frustración, gestión de emociones, enfrentamiento de problemas y dificultades en la comunicación.

A pesar de programas de intervención temprana, los déficits persisten y requieren estrategias efectivas de estimulación y entrenamiento. Como resultado de esta situación, surgen los juegos serios que son herramientas digitales compuestas por elementos educativos y de entretenimiento con un objetivo principal: enseñar una tarea o proceso de gran importancia de una forma divertida. El fortalecimiento de las funciones ejecutivas en niños con síndrome de Down es fundamental, ya que una estimulación adecuada potenciará sus capacidades de aprendizaje, lenguaje y adaptación social.

Este proyecto aborda un desafío fundamental: fortalecer las funciones ejecutivas de personas con síndrome de Down, una condición genética que afecta a alrededor de 1 de cada 1000 nacimientos (Naciones Unidas, 2023). Este síndrome produce implicaciones directas en su capacidad para desarrollarse plenamente en la sociedad. Se sabe que estas personas enfrentan dificultades en funciones ejecutivas clave, lo que puede limitar su aprendizaje y adaptación en entornos cotidianos.

El enfoque de este proyecto es la creación de juegos serios, herramientas innovadoras de intervención. Estos juegos estarán diseñados para mejorar las habilidades cognitivas y ejecutivas, permitiendo a los niños con síndrome de Down desarrollar destrezas fundamentales. Los juegos serios tienen un potencial significativo para mejorar la calidad de vida de esta población al brindarles formas efectivas y atractivas de fortalecer sus habilidades.

Para abordar esta problemática, el presente estudio plantea como objetivo general desarrollar tres juegos serios que implementen dispositivos electrónicos para uso en intervenciones en niños con síndrome de Down. Este propósito se desglosa en tres objetivos específicos fundamentales: primero, diseñar tres juegos serios enfocados específicamente en fortalecer las funciones ejecutivas de los niños con síndrome de Down; segundo, implementar la conexión de dispositivos electrónicos (Kinect V2, ESP32 y MPU6050) con los juegos serios para facilitar la interacción con los pacientes; y tercero, efectuar pruebas de usabilidad a los juegos serios en un entorno supervisado con niños con síndrome de Down para comprobar su funcionamiento y efectividad. Estos objetivos responden directamente a la necesidad de crear herramientas terapéuticas innovadoras y accesibles que contribuyan al fortalecimiento cognitivo de esta población.

Este enfoque es especialmente relevante en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ya que se alinea con

el Objetivo 3: Salud y Bienestar. Al mejorar las habilidades cognitivas y ejecutivas, este proyecto tiene el potencial para incrementar su bienestar general y mejorar su calidad de vida. Al proporcionar herramientas innovadoras, como los juegos serios, se puede mejorar significativamente la forma en que se abordan las necesidades educativas, lo que a su vez puede tener efectos positivos en su desarrollo y participación en la sociedad.

Sin embargo, la efectividad de los juegos serios como herramientas de intervención para las funciones ejecutivas en estos niños necesita una evaluación detallada. Dicha evaluación debe considerar aspectos cruciales, como las particularidades cognitivas propias de esta población, la accesibilidad de los juegos serios y su capacidad terapéutica para promover una mejora significativa en la calidad de vida de estos niños. Por lo tanto, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué mecánicas y dispositivos electrónicos son más efectivos para entrenar funciones ejecutivas con juegos serios orientados a niños con síndrome de Down?

2. MARCO TEORICO/ ESTADO DEL ARTE

2.1 Síndrome de Down

Es una condición genética causada por la trisomía del par 21 o una porción del mismo (translocación) en las células (Flórez, 2022). Esta condición se caracteriza por discapacidad intelectual leve a moderada, rasgos físicos distintivos, y mayor riesgo de problemas de salud.

2.1.1 Características

Los individuos con esta condición presentan dificultades cognitivas, con cocientes intelectuales que suelen oscilar entre 35 a 70. Pueden tener dificultades en el habla y el lenguaje, y problemas de audición. A nivel motor, se observa hipotonía muscular e hiperlaxitud ligamentosa, que afectan la postura y la motricidad (Flórez, 2022).

A nivel neuroanatómico muestran alteraciones estructurales significativas en diversas áreas cerebrales. Se observa una reducción de la corteza cerebral, particularmente notable en los lóbulos frontales y en la corteza prefrontal dorsolateral. También existe una reducción de la circunvolución angular anterior y una disminución marcada de la sustancia blanca parietal. El cerebro presenta características distintivas como una reducción del volumen hipocampal, alteraciones en la amigdalogénesis, y una reducción del fóleo temporomedial. Adicionalmente, se evidencia una reducción volumétrica en las áreas temporales superiores y una alteración en la formación parahipocampal anterior y posterior (Villalva-Sánchez et al., 2019).

2.2 Funciones ejecutivas

Las funciones ejecutivas constituyen un complejo sistema de capacidades cognitivas que desempeñan un papel fundamental en la consecución de objetivos y en la resolución de desafíos de alta complejidad y novedad. Su estructura se puede categorizar en dos niveles distintivos: los elementos esenciales y los auxiliares. Los componentes esenciales comprenden la actualización, planificación, fluencia, flexibilidad, inhibición y toma de decisiones, formando así el núcleo central de estas funciones. Por otro lado, los elementos auxiliares, que actúan como soporte y complemento, incluyen procesos cognitivos como la inteligencia, atención, metacognición, memoria, actividad motora, lenguaje y control emocional. Esta interacción dinámica entre ambos niveles permite el procesamiento eficiente de información y la adaptación efectiva ante diversos escenarios cognitivos (Ribes Fortanet et al., 2022).

Stuss & Alexander (2000) proponen un modelo detallado y diferenciado de las funciones ejecutivas, que permite comprender el papel específico y la importancia de cada una de ellas en el funcionamiento cognitivo de un individuo:

La **organización** es una función ejecutiva fundamental que actúa como un sistema de clasificación mental en la

persona. Su principal tarea es ordenar la información que la persona recibe del entorno, agrupándola en categorías significativas y lógicas. No solo se encarga de categorizar, sino que también coordina los procesos mentales, estableciendo secuencias coherentes que le permiten aprender de manera más efectiva. Esta función es esencial para que el individuo convierta la información caótica en conocimiento estructurado.

El **control inhibitorio** funciona como un sistema de frenos en el cerebro. Su papel principal es moderar y regular respuestas impulsivas, actuando como un filtro que evalúa si las reacciones son apropiadas para cada situación. Es particularmente importante para mantener la atención enfocada y el comportamiento controlado, evitando que actúe de manera impulsiva o que se distraiga fácilmente con estímulos irrelevantes.

La **flexibilidad mental** representa la capacidad de adaptación cognitiva. Permite abandonar estrategias que no están funcionando en un contexto específico y adoptar nuevas aproximaciones más efectivas. Esta habilidad es crucial cuando necesita adaptarse a cambios en un entorno o cuando una solución habitual no está produciendo los resultados esperados, permitiéndole explorar alternativas más apropiadas.

La **generación de hipótesis** está estrechamente vinculada con la capacidad de innovación mental. Esta función permite crear múltiples soluciones potenciales para un mismo problema, explorando diferentes caminos y estrategias hasta encontrar la más efectiva. Es como un laboratorio mental donde puede experimentar con diferentes aproximaciones antes de decidir cuál implementar.

La **planeación** actúa como un director de orquesta de las funciones cognitivas. Se encarga de organizar y secuenciar los pasos necesarios para alcanzar un objetivo, asegurando que cada acción se realice en el momento adecuado y en el orden correcto. Esta función ayuda a optimizar recursos mentales, reduciendo desgaste cognitivo y mejorando la eficiencia en la consecución de metas.

La **actitud abstracta** va más allá de su simple capacidad de abstracción. Esta función permite analizar la información desde una perspectiva más profunda y conceptual. De igual manera, ayuda a identificar patrones, relaciones y principios generales que no son inmediatamente evidentes, enriqueciendo su comprensión de la realidad y permitiéndole hacer conexiones más sofisticadas.

La **memoria de trabajo** funciona como un espacio de procesamiento mental temporal. Su rol es mantener activa la información mientras la analiza y la procesa, permitiéndole manipular múltiples elementos simultáneamente. Esta función es especialmente crucial para la comprensión del lenguaje y aprendizaje, ya que le permite mantener presente el contexto mientras procesa nueva información, facilitando su integración de conceptos y construcción de significado.

2.2.1 Importancia

La ejecución efectiva de tareas orientadas al cumplimiento de objetivos requiere la implementación de un conjunto integral de estrategias ejecutivas. Este proceso involucra múltiples fases de planificación y evaluación, comenzando con la toma de decisiones entre diversas alternativas de acción, seguido por el desarrollo de secuencias estructuradas y la anticipación de posibles consecuencias. Un componente crucial es el seguimiento continuo del progreso a través de las etapas intermedias, culminando con una valoración exhaustiva de los resultados finales. Esta metodología no solo facilita la resolución de problemas complejos que carecen de soluciones predeterminadas, sino que también fomenta la capacidad de adaptación frente a escenarios inéditos donde no existe experiencia previa. La flexibilidad cognitiva y la habilidad para desarrollar respuestas innovadoras son elementos fundamentales en este proceso de gestión y consecución de objetivos (Portellano y García, 2014).

2.2.2 Funciones ejecutivas en niños con síndrome de Down

Las funciones ejecutivas (FE) en niños con síndrome de Down (SD) han sido ampliamente estudiadas, destacándose que estas habilidades cognitivas suelen presentar alteraciones significativas en esta población. Según Cajiao Barajas y Pérez Vigoya (2017), las FE, que incluyen habilidades como la planificación, la memoria de trabajo, la inhibición y la flexibilidad cognitiva, son fundamentales para la adaptación a situaciones novedosas y la resolución de problemas. Sin embargo, en los niños con SD, estas funciones suelen estar afectadas, lo que impacta en su capacidad para realizar tareas complejas y en su desarrollo cognitivo general.

En la primera infancia, los niños con SD ya muestran dificultades en el desarrollo de las FE. Gilete y Fernández (2023) señalan que los bebés con SD presentan un deterioro temprano en estas funciones, especialmente en la rigidez cognitiva y la inhibición. Por ejemplo, estudios como el de Sastre-Riba (2006, como se citó en Cajiao Barajas & Pérez Vigoya, 2017) indican que los bebés con SD tienden a repetir acciones de manera perseverante, lo que sugiere una falta de flexibilidad cognitiva y dificultades en la inhibición de respuestas no deseadas. Estas alteraciones pueden observarse desde los primeros meses de vida y persisten a medida que el niño crece.

En la etapa escolar, las dificultades en las FE se hacen más evidentes. Cajiao Barajas y Pérez Vigoya (2017) mencionan que los niños con SD suelen presentar déficits en la memoria de trabajo, especialmente en tareas verbales, aunque en algunos casos se ha observado un mejor desempeño en tareas visoespaciales. Esto coincide con los hallazgos de Lanfranchi et al. (2004, como se citó en Gilete & Fernández, 2023), quienes encontraron que los niños con SD tienen mayores dificultades en tareas que requieren memoria de trabajo verbal, pero no tanto en tareas visoespaciales, aunque estas también se ven afectadas a medida que aumenta la complejidad de la tarea.

La planificación y la organización son otros componentes de las FE que suelen estar alterados en los niños con SD. Según Gilete y Fernández (2023), los padres de niños con SD reportan mayores dificultades en estas áreas, especialmente en la capacidad de los niños para organizar tareas y planificar actividades. Esto se refleja en estudios como el de Loveall et al. (2017, como se citó en Gilete & Fernández, 2023), donde se observó que los niños con SD tienen dificultades para iniciar y completar tareas que requieren una secuencia de pasos, lo que afecta su desempeño académico y su capacidad para adaptarse a entornos escolares.

La inhibición, que es la capacidad de controlar impulsos y respuestas inapropiadas, también se ve afectada en los niños con SD. Cajiao Barajas y Pérez Vigoya (2017) destacan que los niños con SD tienen dificultades para inhibir respuestas no deseadas, lo que puede manifestarse en comportamientos perseverativos o en la incapacidad para cambiar de estrategia cuando una tarea lo requiere. Esto se relaciona con los hallazgos de Borella et al. (2013, como se citó en Gilete & Fernández, 2023), quienes sugieren que los niños con SD tienen un déficit inhibitorio generalizado, lo que afecta su capacidad para suprimir información irrelevante y mantener la atención en tareas específicas.

Es importante destacar que, aunque las FE en los niños con SD suelen estar alteradas, existe una alta variabilidad en su desempeño. Gilete y Fernández (2023) mencionan que algunos niños pueden mostrar habilidades relativamente preservadas en ciertos componentes de las FE, como el control emocional, mientras que otros pueden presentar mayores dificultades en áreas como la memoria de trabajo o la planificación. Esta variabilidad sugiere la necesidad de intervenciones personalizadas que aborden las necesidades específicas de cada niño.

2.2.3 Características neuropsicológicas

En cuanto a las características neuropsicológicas, las personas con síndrome de Down presentan un perfil cognitivo específico caracterizado por diversas limitaciones funcionales. Se observan dificultades significativas en el lenguaje expresivo y comprensivo, así como limitaciones en las funciones ejecutivas, particularmente en la regulación del comportamiento y la conducta emocional. También se identifican dificultades en la atención sostenida y problemas en el procesamiento de la información sensorial. Un aspecto notable es la presencia de problemas en el almacenamiento y

evocación de memoria a corto plazo, lo que impacta significativamente en el aprendizaje y el desarrollo de habilidades cognitivas (Villalva-Sánchez et al., 2019).

2.2.4 Características conductuales

Las características conductuales en personas con trisomía 21 presentan un patrón distintivo que impacta significativamente en su desenvolvimiento social y autonomía personal. Los individuos muestran dificultades notables en la socialización, lo que puede afectar su capacidad para establecer y mantener relaciones interpersonales efectivas. Estas limitaciones se extienden a las habilidades de la vida diaria, lo que puede comprometer su independencia en actividades cotidianas básicas. La comunicación interpersonal se ve afectada de manera significativa, lo que puede manifestarse tanto en la expresión como en la comprensión de interacciones sociales. Además, se observa una dificultad particular en la adaptabilidad al contexto, lo que significa que pueden experimentar desafíos al momento de ajustar su comportamiento a diferentes situaciones o ambientes sociales, requiriendo frecuentemente apoyo y orientación para navegar exitosamente en distintos entornos (Villalva-Sánchez et al., 2019).

2.3 Desarrollo psicomotriz en niños con síndrome de Down

El desarrollo psicomotor en niños con síndrome de Down presenta características particulares de retraso. Investigaciones pioneras como las de Castillo et al. (2018, como se citó en Caicedo-Carcelén, 2022) han destacado la crucial importancia de los primeros seis años de vida para el desarrollo de habilidades neuromotrices. En este contexto, Caicedo-Carcelén (2022) define la psicomotricidad como el conjunto de capacidades motrices, expresivas y creativas que permiten la interacción entre la actividad física y mental para realizar movimientos específicos, ya sea en contextos educativos o terapéuticos.

Diversos estudios, entre ellos el trabajo de Martínez y Antón (2018, como se citó en Caicedo-Carcelén, 2022), han demostrado que la psicomotricidad funciona como una técnica interventiva que favorece el desarrollo evolutivo temprano, considerando al individuo como un ser integral que se expresa a través del cuerpo y el movimiento. Esta perspectiva se ve reforzada por hallazgos recientes, como los presentados por García et al. (2020, como se citó en Caicedo-Carcelén, 2022), que destacan la efectividad de los programas de motricidad en el avance desde un estado inicial hacia uno más desarrollado.

Las investigaciones en el campo, particularmente el trabajo realizado por Rodríguez et al. (2017, como se citó en Caicedo-Carcelén, 2022), han identificado el desarrollo psicomotriz como elemento fundamental del desarrollo evolutivo, documentando resultados positivos en intervenciones psicomotrices con niños con síndrome de Down. Según señala Caicedo-Carcelén (2022), estas mejoras se observan tanto en el lenguaje comprensivo y expresivo como en la motricidad fina y gruesa. En esta línea, estudios como el de Martínez y Fernández (2016, como se citó en Caicedo-Carcelén, 2022) han confirmado que estos programas de intervención tienen impactos positivos integrales.

Un aspecto importante a considerar, como lo señala Ruiz (2018, como se citó en Caicedo-Carcelén, 2022), es que estos niños presentan diversas alteraciones en su desarrollo psicomotriz, afectando tanto la motricidad gruesa como la fina. En este sentido, investigaciones recientes llevadas a cabo por Campos et al. (2021, como se citó en Caicedo-Carcelén, 2022) han documentado cómo el desarrollo psicomotriz se ve afectado en aspectos específicos como la bipedestación, sedestación, gateo, volteo y marcha, relacionándose directamente con alteraciones músculo-esqueléticas.

2.4 Juegos serios para intervenciones médicas

Los juegos serios o juegos formativos son herramientas digitales diseñadas con un doble propósito: enseñar y entretener. Este tipo de juegos son utilizados frecuentemente en diversas áreas de la sociedad en especial en el área de la salud e implementan mecánicas que buscan estimular el aprendizaje de habilidades específicas en individuos que posean

ansiedad, enfermedades crónicas, falencias cognitivas o motoras y/o se enfrenten a procedimientos médicos invasivos (de Matos et al., 2024).

Otro aspecto relevante en los juegos serios es la gamificación, una herramienta innovadora que permite promover el aprendizaje autorregulado y pretende valorizar el progreso de la enseñanza-aprendizaje de los individuos de forma personalizada y en tiempo real (Zambrano, 2020). Uno de los elementos clave de la gamificación son las recompensas y la motivación que genera en los usuarios al cumplir con todas las tareas solicitadas. Esto permite un refuerzo en el aprendizaje y se mantiene el interés de los participantes. De esta forma, la gamificación aplicada a través de los juegos serios se convertirá en una herramienta innovadora con mucho potencial para asegurar la estadía en dichos procesos.

2.4.1 Aplicación en síndrome de Down

El juego constituye un elemento fundamental en el desarrollo infantil, ya que actúa como catalizador para el crecimiento integral de los niños en múltiples dimensiones. A través de las actividades lúdicas, los pequeños logran no solo explorar y comprender su entorno, sino también adquirir un mayor dominio sobre sus capacidades físicas y la manipulación de objetos en su ambiente. Las experiencias de juego permiten que los niños profundicen en el autoconocimiento y desarrollen una comprensión más amplia del mundo que los rodea (Gutiérrez, 2017).

A diferencia de los niños sin esta condición, quienes suelen desarrollar naturalmente habilidades de juego independiente y pueden beneficiarse adicionalmente de la interacción lúdica con adultos para desarrollar capacidades como la imitación, imaginación y empatía, los pequeños con síndrome de Down requieren un apoyo más intensivo desde el nacimiento para desarrollar estas habilidades. Sus características físicas y cognitivas pueden presentar desafíos iniciales en el aprendizaje del juego.

No obstante, con el acompañamiento constante, dedicación y apoyo de sus padres, estos niños pueden alcanzar progresivamente mayores niveles de autonomía en el juego. Con el tiempo, logran desarrollar la capacidad de iniciar actividades por cuenta propia, demostrando creatividad e iniciativa en sus juegos (Grande Vázquez, 2022).

2.5 Estudios y desarrollo de juego serios enfocados a niños con síndrome de Down

En la actualidad, existe gran variedad de juegos serios diseñados para tratar las funciones ejecutivas en esta población como EnCity, un juego de realidad virtual desarrollado por Bourazeri et al. (2017). Su objetivo es capacitar a jóvenes con síndrome de Down para llevar una vida independiente mediante minijuegos relacionados con tareas cotidianas. Utiliza un headset de realidad virtual y controles simples para maximizar la accesibilidad, destacando por su enfoque en habilidades para la vida diaria.

Cubukcu et al. (2020) presentan un juego móvil para apoyar la educación y el desarrollo en estos individuos. Un aspecto destacado del estudio es la aplicación de conceptos como mobile learning y game-based learning en el contexto de niños con necesidades especiales, dada la falta de materiales digitales para su educación. El juego fue desarrollado utilizando la plataforma Unity y el sistema operativo Android.

“No limit”, un juego educativo interactivo con Kinect y Unity que permite mejorar las habilidades cognitivas y motoras en niños con síndrome de Down (Shalash, 2018). La interacción se realiza mediante un sensor Kinect que permite detectar los movimientos del niño y proporcionar retroalimentación en tiempo real, permitiendo desarrollar tanto habilidades cognitivas como motoras. La colaboración con terapeutas fue esencial durante el desarrollo permitiendo demostrar efectividad al ser probado finalmente en niños con síndrome de Down.

Otra propuesta inusual es BeeSmart, un juego serio desarrollado en el lenguaje C# y Unity que permite a través de gestos apoyar la coordinación ojo-mano y las habilidades pre-lectoras en niños con síndrome de Down. Para realizar estas tareas se hizo uso del sensor Intel®RealSense™ SR300 que, al sincronizarse con el videojuego, permite rastrear los movimientos del dedo índice de los niños, sin necesidad de utilizar dispositivos adicionales (Caro, 2020).

Castagnola et al. (2015) presentan dos juegos serios desarrollados para niños con discapacidades intelectuales, incluyendo retraso mental, síndrome de Down y parálisis cerebral, tratados en el centro educativo terapéutico “Mi Lugar” en Córdoba, Argentina. La temática principal de los juegos serios se centra en el cuerpo humano y la higiene personal. Las herramientas utilizadas para la implementación fueron Microsoft Visual Studio, con C# como lenguaje de programación, Software Development Kit (SDK) y un sensor Kinect.

Una innovadora implementación surge a partir del robot MARIA-T21, que integra diversos juegos serios enfocados en terapias psicomotoras, psicosociales y cognitivas para niños con síndrome de Down y trastorno del espectro autista. Este robot utiliza el lenguaje de programación Python y consta de distintos dispositivos electrónicos, como una computadora portátil que permite comunicarse con dispositivos externos a través de un enrutador inalámbrico, un mini proyector para mostrar los juegos en distintas superficies y hacerlo más llamativo para el niño, un sensor láser para determinar la postura (posición y orientación) en las proyecciones y permitir una correcta interacción niño-robot, y, finalmente, dos cámaras de video: una para capturar expresiones faciales y otros parámetros, y la segunda para que el niño pueda interactuar con las instrucciones que le brinde alguno de los juegos serios (Panceri et al., 2021).

Muñoz-Ensuncho (2021), basado en el método Troncoso, un método reconocido para la enseñanza de la lectoescritura en personas con discapacidad intelectual, implementó una herramienta digital interactiva con diversos microjuegos para fortalecer la competencia lectora en niños con síndrome de Down. La implementación está destinada a tablets o celulares con Android 4.3 o superior. Para lograrlo, usó diferentes plataformas como Unity, Blender, GIMP, Git, Audacity y Android.

En colaboración con la Fundación Margarita Tejada en Guatemala, se presentó un videojuego educativo destinado a niños y adolescentes con síndrome de Down, cuyo objetivo es estimular las funciones ejecutivas a través de actividades cotidianas simuladas en un entorno virtual. Esta implementación fue desarrollada para dispositivos Android y diseñada en la plataforma Unity (Samayoa, 2021).

“Happy Owls” es un juego serio enfocado en fortalecer las competencias matemáticas en personas con síndrome de Down de nivel leve a moderado. El juego se centra en mejorar la habilidad de comparar cantidades mediante las operaciones de “mayor que” y “menor que.” Para su implementación se utilizaron diversas plataformas, como Canvasflip Visual Inspector, Mobirise, ARASAAC, Audacity, entre otras. Los lenguajes de programación utilizados fueron HTML, CSS, PHP y Javascript. Los autores recomiendan que, al utilizar el juego, se cuente con la asistencia de un tutor, familiar o terapeuta para mejorar la experiencia (Muenala et al., 2018).

Porter (2022) desarrolló un juego serio llamado “Anna’s Robot,” enfocado en mejorar las habilidades matemáticas básicas en niños con síndrome de Down. Para este estudio, en particular, participaron niños de entre nueve y catorce años. El juego fue desarrollado con Android Studio y está destinado a tablets con sistema operativo Android. Su funcionamiento se basa en las elecciones hechas por el niño: a medida que el niño acierta, la dificultad aumenta; pero si el programa detecta que el niño presenta dificultades, la dificultad disminuye.

La diferencia entre los estudios previos y el presente, radica en la implementación de los juegos serios desarrollados. Estos juegos serios incorporaran un sensor Kinect 2, un sensor MPU6050, pulsadores y una cámara web. El propósito de la elección de estos dispositivos se basa en la capacidad que ofrecen para permitir que el individuo realice movimientos de manera libre, lo que a su vez facilita el análisis de los eventos en curso a través de los datos proporcionados por dichos dispositivos electrónicos. A su vez, estos dispositivos brindarán sensaciones más realistas en el juego, permitiendo explorar las diferentes limitaciones presentadas en el individuo, para así tratarlas más a fondo en futuras intervenciones.

Tabla 1. Tabla comparativa de investigaciones relacionadas con el estudio propio

Autor y Año	Juego	Software	Dispositivos físicos	Objetivo	Población
Bourazeri et al. (2017)	EnCity	Realidad virtual	Headset de realidad virtual, controles simples	Capacitar para la vida independiente mediante minijuegos de tareas cotidianas	Jóvenes con síndrome de Down
Cubukcu et al. (2020)	Sin nombre específico	Unity, Android	Ninguno	Apoyar la educación a través de mobile	Niños con necesidades

				learning y game-based learning	especiales
Shalash (2018)	No Limit	Unity	Sensor Kinect.	Mejorar habilidades cognitivas y motoras mediante movimiento	Niños con síndrome de Down
Caro (2020)	BeeSmart	Unity	Sensor Intel®RealSense™ SR300	Mejorar la coordinación ojo-mano y habilidades pre-lectoras	Niños con síndrome de Down
Castagnola et al. (2015)	Dos juegos serios	Microsoft Visual Studio, SDK, C#	Sensor Kinect	Enseñar sobre el cuerpo humano e higiene personal	Niños con discapacidades intelectuales
Panceri et al. (2021)	MARIA-T21	Python	Robot, cámaras, mini proyector, sensor láser, enrutador inalámbrico	Terapias psicomotoras, psicosociales y cognitivas	Niños con síndrome de Down y TEA
Muñoz-Ensuncho (2021)	Sin nombre específico	Unity, Blender, GIMP, Git, Audacity, Android	Ninguno	Fortalecer la competencia lectora apoyándose en el método Troncoso	Niños con síndrome de Down
Samayoa (2021)	Sin nombre específico	Unity, Android	Ninguno	Estimular funciones ejecutivas mediante actividades cotidianas simuladas	Niños y adolescentes con síndrome de Down
Muenala et al. (2018)	Happy Owls	HTML, CSS, PHP, Javascript, Canvasflip Visual Inspector, Mobirise, ARASAAC	Ninguno	Mejorar competencias matemáticas mediante comparación de cantidades	Personas con síndrome de Down (leve a moderado)
Porter (2022)	Anna's Robot	Android Studio	Ninguno	Mejorar habilidades matemáticas básicas, específicamente comparación de cantidades	Niños de 9 a 14 años con síndrome de Down
Desarrollo propio	FeatherAdventure, SprayGarden y Secuencia de dedos	Unity, Python, Visual Studio Code	Sensor Kinect, sensor MPU6050, pulsadores, cámara web	Fortalecer funciones ejecutivas y motoras gruesas a través de movimientos libres proporcionando sensaciones más realistas en las intervenciones	Niños con síndrome de Down

Nota. La tabla muestra una comparativa de algunos estudios existentes que implementan juegos serios para fortalecer falencias cognitivas o fisiológicas en su mayoría a niños con síndrome de Down en relación con el desarrollo propio.

Fuente: elaboración propia.

2.6 Marco legal

El proyecto se enmarca en un sólido marco legal y ético, cumpliendo con la Ley 842 de 2003 (Ministerio de Educación Nacional, 2003) (competencias profesionales en ingeniería), la Resolución 8430 de 1993 (Ministerio de Salud de Colombia, 1993) (aprobación del Comité de Ética para investigaciones con humanos), la Ley 1581 de 2012 (Función Pública, 2012) (protección de datos personales) y la Norma IEC 60601-1 2013 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2013) (límites de corriente y seguridad del equipo). Las pruebas y uso del equipo se realizarán tras obtener las aprobaciones del Comité de Ética, el representante legal y el consentimiento informado de los participantes, siguiendo los lineamientos del Artículo 15 de la Resolución 8430. La ética, la transparencia y el respeto por los derechos de los participantes son pilares fundamentales del proyecto, priorizando su seguridad y bienestar en todo momento.

2.7 Autorización institucional para la realización de pruebas

La imagen a continuación muestra el correo electrónico recibido por parte de la fundación **ASODISVALLE**, en el que se otorga la autorización para realizar las pruebas con los niños con síndrome de Down que forman parte de la institución. Este permiso fue esencial para poder continuar con el presente estudio.

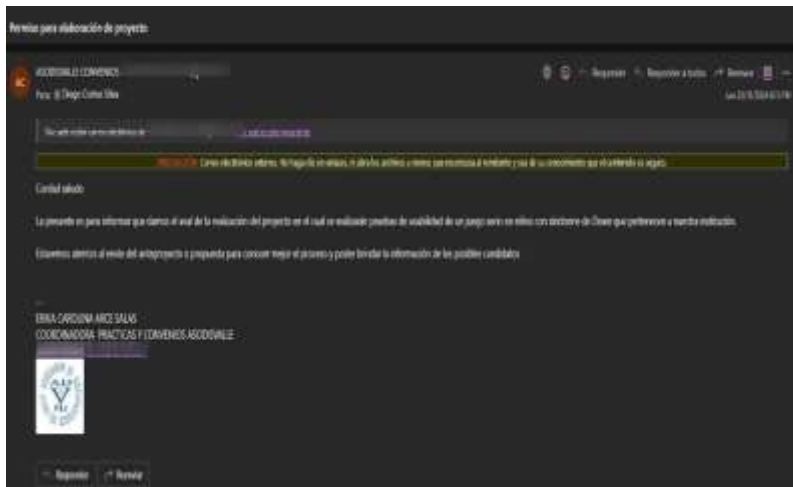


Figura 1. Autorización por parte de la fundación ASODISVALLE

Fuente: elaboración propia.

2.8 Acerca de los juegos serios

En la siguiente sección se presenta una compilación de juegos serios diseñados específicamente para abordar y potenciar las funciones ejecutivas y habilidades motoras en los usuarios. Estos juegos representan herramientas pedagógicas innovadoras que, más allá del mero entretenimiento, han sido concebidos con propósitos formativos y terapéuticos claramente definidos. A través de mecánicas interactivas y dinámicas adaptativas, cada uno de estos juegos está orientado a trabajar aspectos específicos del desarrollo cognitivo y físico, proporcionando experiencias de aprendizaje estructuradas pero inmersivas. Las tablas a continuación detallan cada juego, especificando qué funciones ejecutivas estimulan y qué componentes motores desarrollan, facilitando así una visión integral de las herramientas disponibles para intervenciones terapéuticas.

Tabla 2. Descripción del juego serio “FeatherAdventure”

Juego serio N° 1	
Nombre: FeatherAdventure	Objetivo: FeatherAdventure utiliza un sensor Kinect v2.0 para permitir al usuario controlar un ave mediante movimientos corporales laterales. El objetivo es navegar a través de obstáculos mientras se recolectan monedas, con la particularidad de que cada colisión aumenta el tamaño del ave, incrementando progresivamente la dificultad
Habilidades <ul style="list-style-type: none"> • Control postural durante inclinaciones laterales • Equilibrio estático • Percepción espacial • Fuerza y resistencia en brazos 	Consigna al usuario <p>La consigna se presenta de manera oral al niño y se le explicará con un primer intento como debe ser el proceso. “Mantén tus brazos extendidos y muévete hacia los lados para guiar al ave entre los obstáculos. Intenta recoger todas las monedas posibles en el camino. Cada vez que choques con un obstáculo, el ave crecerá, haciendo más difícil pasar por los espacios. Controla tus movimientos con precisión”</p>
Reglas <ul style="list-style-type: none"> • Los movimientos del ave se controlan únicamente mediante inclinaciones laterales • Los brazos deben mantenerse extendidos durante el juego • Cada colisión aumenta el tamaño del ave • Cada colisión quitará un porcentaje de vida de la barra y una moneda • La recolección de monedas determina la puntuación 	Parámetros modificables <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad del ave • Tiempo de la sesión
	Modalidades de terapia <ul style="list-style-type: none"> • Terapia individual • Terapia en parejas

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Descripción del juego serio “Spraygarden”

Juego serio N° 2	
Nombre: SprayGarden	Objetivo: SprayGarden es un juego serio que integra la manipulación física de una regadera electrónica sincronizada con un entorno virtual. El objetivo principal es regar correctamente las plantas que aparecen en pantalla mientras se alcanza un límite de agua dispuesto para cada planta y se responde a amenazas que tendrán que ser destruidas mediante el primer pulsador. El sistema incorpora una barra de vida manejada con porcentaje que se ajustara a las especificaciones dadas por la persona encargada de la terapia al igual que, mecanismos de recuperación a través de la destrucción de elementos específicos (tomate) mediante el segundo pulsador
Habilidades	Consigna al usuario

<ul style="list-style-type: none"> • Coordinación ojo-mano para el manejo de la regadera • Tiempo de reacción selectiva ante diferentes estímulos • Atención dividida entre múltiples elementos • Control motor fino en la manipulación de la regadera 	<p>La consigna se presenta de manera oral al niño y se le explicará con un primer intento como debe ser el proceso.</p> <p>“En este juego utilizarás esta regadera especial para mantener vivas las plantas que irán apareciendo. Observa la barra que indica la cantidad de agua que tendrás que ponerle. Tienes # de vidas (según el porcentaje dado) antes de perder. Cuando aparezcan enemigos, deberás presionar este primer botón para eliminarlos. Si ves un tomate, usa el segundo botón para destruirlo y recuperar vida. Cada planta bien regada te dará un punto. Cada enemigo que golpee las plantas te quitara vida”</p>
<p>Reglas</p> <ul style="list-style-type: none"> • No sobrepasar el límite de agua establecido en la barra • Utilizar el primer pulsador para eliminar enemigos • Emplear el segundo pulsador para destruir tomates • Sistema de vidas dependiendo del porcentaje dado por la persona encargada de la terapia • Los tomates destruidos permiten recuperar vida perdida • Cada planta correctamente regada otorga un punto • Cada enemigo que toque la planta quitara porcentaje de vida 	<p>Parámetros modificables</p> <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad del enemigo • Tiempo de salida del enemigo • Porcentaje de daño del enemigo • Tiempo de salida del tomate • Velocidad de la barra • Fluidez de la barra • Sensibilidad del jugador <p>Modalidades de terapia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terapia individual • Terapia en parejas

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Descripción del juego serio “Secuencia de dedos”

<p style="text-align: center;">Juego serio N° 3</p>	
<p>Nombre: Secuencia de dedos</p>	<p>Objetivo: Este juego utiliza reconocimiento a través de una cámara web para identificar la posición de la mano del usuario. El objetivo es replicar patrones específicos bajando los dedos que se muestran coloreados en una representación virtual de la palma de la mano.</p>
<p>Habilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Discriminación visual de patrones • Coordinación visomotora • Atención selectiva a estímulos visuales • Memoria de trabajo visual 	<p>Consigna al usuario</p> <p>La consigna se presenta de manera oral al niño y se le explicará con un primer intento como debe ser el proceso.</p> <p>“Coloca tu mano frente a la cámara y manténla estable. Observarás que algunos dedos se colorearán en la imagen de tu mano en pantalla. Debes bajar exactamente esos dedos. Por cada secuencia que realices correctamente, ganarás un punto. En un momento dado, aparecerá en la</p>

	pantalla un texto que dice " Tu turno "; en ese instante, deberás crear una secuencia por ti mismo, bajando al menos dos dedos. Si lo haces correctamente, recibirás un punto, pero si no bajas ninguno o solo un dedo, no obtendrás puntos”
Reglas <ul style="list-style-type: none"> • La mano debe mantenerse visible para la cámara • Solo deben bajarse los dedos que aparecen coloreados • Los movimientos deben ser claros y precisos • Mantener la posición hasta que se registre la respuesta 	Parámetros modificables <ul style="list-style-type: none"> • Duración total del juego • Duración de cada ronda
	Modalidades de terapia <ul style="list-style-type: none"> • Terapia individual

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Impacto de los juegos serios en el componente cognitivo y motriz

Funciones ejecutivas y componente motriz de los juegos serios	
Control inhibitorio <ul style="list-style-type: none"> • FeatherAdventure: se evidencia en la regulación de la magnitud de las inclinaciones corporales y el control de movimientos impulsivos • SprayGarden: se manifiesta en la selección precisa del pulsador correcto según el tipo de amenaza y en el control del uso del agua • Secuencia de dedos: se trabaja mediante la inhibición del movimiento de dedos no señalados y el control preciso de los movimientos requeridos 	Memoria de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • FeatherAdventure: necesaria para mantener presente el tamaño actual del ave y calcular espacios disponibles • SprayGarden: requiere mantener activa la información sobre el nivel de agua, vidas restantes y asociación de pulsadores con respecto a las amenazas o vidas
Flexibilidad cognitiva <ul style="list-style-type: none"> • FeatherAdventure: se manifiesta en la adaptación continua a los cambios de tamaño del ave y configuraciones de obstáculos • SprayGarden: se desarrolla en la alternancia entre tareas de riego y respuesta a amenazas • Secuencia de dedos: se trabaja mediante la adaptación a diferentes patrones y combinaciones de dedos 	Componente motriz <ul style="list-style-type: none"> • FeatherAdventure: control postural global, equilibrio dinámico, coordinación bilateral. • SprayGarden: coordinación ojo-mano, control motor fino, precisión en movimientos. • Secuencia de dedos: control motor fino individualizado, coordinación visomotora.

Fuente: elaboración propia.

2.9 Fundación

ASODISVALLE es una fundación sin ánimo de lucro fundada hace 19 años, ubicada en el Barrio Ricardo Balcázar del

Distrito de Aguablanca, al oriente de Cali (Diagonal 71 # 26i – 69). La institución, liderada por Jeison Aristizábal, un emprendedor diagnosticado con parálisis cerebral, se ha convertido en un referente en el trabajo con población en condición de discapacidad. Actualmente atiende a 800 personas, desde los 2 hasta los 30 años de edad, con diferentes tipos de discapacidades físicas, neurológicas, genéticas y cognitivas, ofreciéndoles servicios integrales que incluyen educación especial, rehabilitación, alimentación y transporte. A través de estos programas, **ASODISVALLE** contribuye significativamente al mejoramiento de la calidad de vida tanto de las personas con discapacidad como de sus familias.

La muestra del presente estudio está conformada por cuatro niños con síndrome de Down, con edades comprendidas entre los nueve y doce años, pertenecientes a la fundación **ASODISVALLE**. Todos los niños seleccionados no presentan patologías cognitivas adicionales o comorbilidades que pudieran interferir en la medición del impacto cognitivo que se pretende generar con la intervención terapéutica. Este criterio de selección permite evaluar de manera más precisa los efectos específicos de la terapia propuesta sobre las funciones cognitivas objetivo, minimizando la influencia de variables extrañas que podrían sesgar los resultados obtenidos. A continuación, se presenta la información relevante de cada uno de los participantes seleccionados para el estudio, detallando sus características individuales para una mejor comprensión del contexto de intervención.

Tabla 6. Características de los participantes del estudio

Código del participante	Edad	Diagnóstico
Participante0001	9	Síndrome de Down
Participante0002	11	Síndrome de Down
Participante0003	11	Síndrome de Down
Participante0004	12	Síndrome de Down

Fuente: elaboración propia.

Nota. La tabla 6 muestra datos relevantes de cada uno de los participantes del estudio.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de los juegos serios “FeatherAdventure”, “SprayGarden” y “Secuencia de dedos”, se utilizó una combinación de software y hardware permitiendo una experiencia más inmersiva a los niños que participaron en las intervenciones terapéuticas.

Tabla 7. Comparativa técnica entre diferentes cámaras de profundidad

Modelo	Kinect V1	Kinect V2	Zed 2
Fabricante	Microsoft	Microsoft	Stereolabs
Resolución de imagen de color	1280 × 720 px @ 12 fps / 640 × 480 px @ 30 fps	1920 × 1080 px @ 30 fps	2208 × 1242 px
Resolución de imagen de profundidad	320 × 240 px @ 30 fps	512 × 424 px @ 30 fps	2208 × 1242 px
Tecnología de detección de profundidad	Luz estructurada - proyección de patrones	ToF (Time-of-Flight)	Estereoscopia
	57° H, 43° V / alt. 58.5° H,	70° H, 60° V / alt. 70.6° H,	110° H, 70° V

Campo de visión	46.6° V	60° V	
Distancia de medición	0.4–4 m	0.5–4.5 m	0.3–20 m
Peso	430 g (sin cables) / 750 g (con cables y fuente)	610 g (sin cables) / 1390 g (con cables y fuente)	166 g
Máxima frecuencia de cuadros de profundidad (FPS)	30 fps	30 fps	100 fps @ 672 × 376

Nota. Tomado de Tölgyessy, M., Dekan, M., Chovanec, E., & Hubinský, P. (2021). Evaluation of the azure kinect and its comparison to kinect v1 and kinect v2. *Sensors*, 21(2), 413 y Neupane, C., Koirala, A., Wang, Z., & Walsh, K. B. (2021). Evaluation of depth cameras for use in fruit localization and sizing: Finding a successor to kinect v2. *Agronomy*, 11(9), 1780.

Tabla 8. Comparativa técnica entre ESP32 y Arduino Uno

Modelo	ESP32	Arduino Uno
Tipo de dispositivo	Microcontrolador	Microcontrolador
Procesador	Dual-core Xtensa LX6 32-bit @ 240MHz	ATmega328P @ 16MHz
RAM	520 KB SRAM	2 KB SRAM
Almacenamiento	448 KB ROM	32 KB Flash
GPIO Pins	36	14 digitales, 6 analógicos
Conectividad	Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.2	Ninguna (integrada)
USB	1 (para programación)	1 (para programación)
Lenguaje de programación principal	C/C++	C++
Consumo de energía típico	80mA @ 3.3V	50mA @ 5V
Precio aproximado	\$5 - \$15 dólares	\$20 - \$25 dólares

Fuente: elaboración propia.

El desarrollo de los juegos serios “FeatherAdventure”, “SprayGarden” y “Secuencia de Dedos” requirió la selección e integración de diversos dispositivos electrónicos y tecnologías con el fin de optimizar la experiencia de los usuarios y garantizar una recolección de datos eficiente. La elección de cada componente se basó en criterios de precisión, costo, facilidad de implementación y compatibilidad con los sistemas de software utilizados.

Para “FeatherAdventure”, se optó por el sensor Kinect V2 debido a su avanzada capacidad de detección de movimientos en tiempo real y su amplio campo de visión de 70° en horizontal y 60° en vertical. Este dispositivo fue seleccionado en comparación con alternativas como Kinect V1 y la cámara Zed 2, debido a su tecnología Time-of-Flight (ToF), que permite una detección de profundidad más precisa sin depender de luz estructurada. La resolución de imagen de 1920×1080 píxeles y la profundidad de 512×424 píxeles aseguraron un reconocimiento exacto de los movimientos, lo que permitió una

respuesta rápida y eficiente del sistema.

Otro factor determinante en la selección del Kinect V2 fue su capacidad para rastrear múltiples puntos del cuerpo, permitiendo un análisis detallado del control postural y el equilibrio dinámico del usuario. Esto facilitó la adaptación del juego a los movimientos naturales de los niños, promoviendo una experiencia más intuitiva e inmersiva. Además, su conectividad mediante USB 3.0 permitió una transmisión de datos de alta velocidad, reduciendo la latencia y mejorando la fluidez del juego. Un aspecto adicional que favoreció la elección del Kinect V2 fue su disponibilidad en el mercado a un precio accesible en comparación con otras opciones avanzadas de cámaras de profundidad, lo que lo convirtió en una alternativa rentable sin sacrificar rendimiento.

En el caso de “SprayGarden”, se seleccionó el ESP32 como microcontrolador principal para la regadera electrónica utilizada en la mecánica del juego. La elección del ESP32 estuvo motivada por su procesador dual-core Xtensa LX6 a 240 MHz, su bajo costo en comparación con otras opciones como Arduino Uno y su conectividad Wi-Fi y Bluetooth 4.2. Estas características permitieron una integración eficiente con el entorno virtual del juego.

El ESP32, con sus 36 pines GPIO disponibles, permitió la conexión fluida con los pulsadores de interacción y un LED indicador que cambia de color dependiendo de las acciones realizadas en el juego serio. Se descartó el uso de baterías LiPo, optando por una conexión directa al computador mediante un cable USB, lo que garantizó una alimentación estable y eliminó la necesidad de un sistema de carga adicional. Además, se incorporó un sensor MPU6050 para detectar las inclinaciones de la regadera y controlar el riego de las plantas en el juego proporcionando datos precisos para una interacción más realista y dinámica con el entorno virtual.

Para la gestión de datos y usuarios, se implementó un sistema basado en PHPMyAdmin para el almacenamiento de la información generada por los juegos. Se utilizó XAMPP como servidor local para conectar la base de datos con los juegos desarrollados en Unity, facilitando la comunicación entre la plataforma de ejecución y el almacenamiento de datos. Mediante el uso del lenguaje PHP, se estructuró el sistema de creación de usuarios y registro de datos en tiempo real, permitiendo que las estadísticas y el desempeño de cada niño fueran almacenados de manera ordenada y accesible para su posterior análisis.

La arquitectura cliente-servidor implementada permitió a Unity, a través de solicitudes HTTP, enviar y recibir datos desde la base de datos MySQL alojada en PHPMyAdmin. Esto optimizó el flujo de información y garantizó la integridad y seguridad de los datos almacenados.

En el desarrollo del juego “Secuencia de Dedos”, se empleó Python junto con una cámara web para el reconocimiento de patrones de movimiento de los dedos. Esta implementación permitió capturar con precisión la interacción de los niños con el juego sin necesidad de hardware adicional, favoreciendo la accesibilidad del sistema.

Se utilizó la biblioteca OpenCV para el procesamiento de imágenes y MediaPipe para el reconocimiento de puntos clave en la mano del usuario. La combinación de estas herramientas posibilitó un seguimiento detallado de los movimientos de la mano con una latencia mínima, asegurando una respuesta en tiempo real. La calibración del sistema incluyó la segmentación de la imagen y el ajuste de los parámetros de detección para mejorar la precisión del reconocimiento en diferentes condiciones de iluminación.

El código desarrollado para “Secuencia de Dedos” incorporó funciones avanzadas como la identificación del centro de la palma mediante el cálculo de centroides y la detección de ángulos en los dedos a través de relaciones trigonométricas con el propósito de verificar correctamente la posición de cada dedo. Se implementó un sistema de generación aleatoria de secuencias de dedos que los jugadores debían replicar, incrementando la dificultad progresivamente. Además, se añadieron efectos visuales con distintos colores para resaltar los dedos a bajar y retroalimentación auditiva mediante sonidos de acierto

y error con Pygame, reforzando el aprendizaje y la motivación en los niños.

Otra funcionalidad clave fue la integración de una interfaz gráfica en Tkinter para capturar la información del paciente y terapeuta antes de iniciar la sesión, permitiendo un registro estructurado de cada intento. También se implementó la generación automática de reportes en PDF con ReportLab, en los cuales se registraban estadísticas como la cantidad de aciertos, fallos y tiempos promedio de respuesta. Esto proporcionó una herramienta útil para terapeutas al momento de evaluar el progreso de los participantes en la actividad.

3.1 Lógica de funcionamiento de los juegos serios

Los flujogramas presentados a continuación representan la estructura metodológica de los tres juegos serios desarrollados como herramientas para intervenciones terapéuticas. Estos diagramas describen los procesos lógicos que conforman cada aplicación, desde el ingreso y autenticación del usuario hasta la finalización y almacenamiento de datos. Cada sistema sigue un proceso sistemático que incluye registro de sesiones, configuración de parámetros, ejecución de actividades específicas, monitoreo de rendimiento y generación de estadísticas. El diseño de estos flujogramas permite visualizar claramente los puntos de decisión, las acciones programadas y las rutas de navegación que constituyen la arquitectura funcional de cada juego serio, elementos fundamentales para garantizar la eficacia terapéutica y la correcta documentación del progreso del paciente.

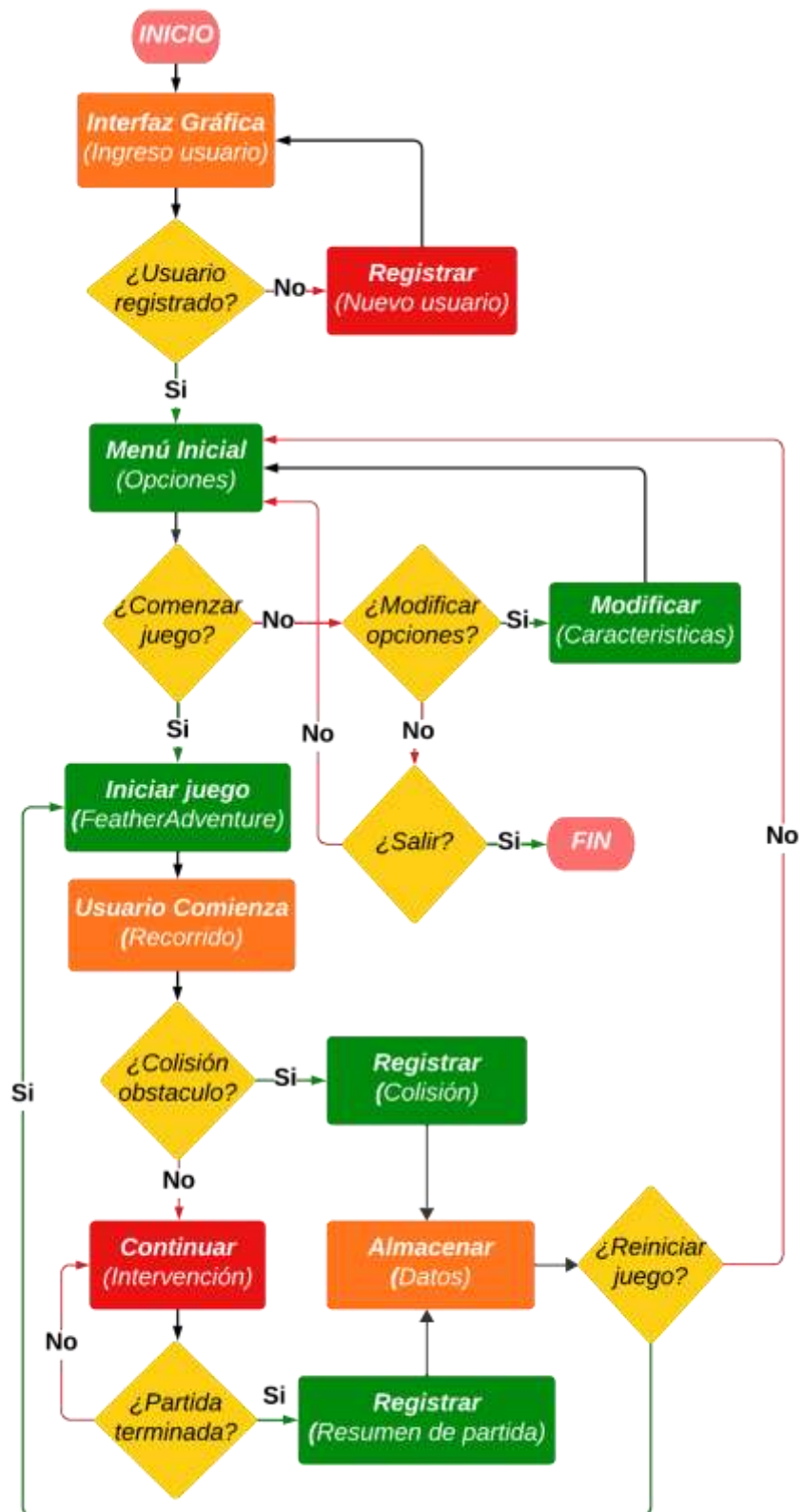


Figura 2. Flujograma de funcionamiento del juego serio “FeatherAdventure”

Fuente: elaboración propia.

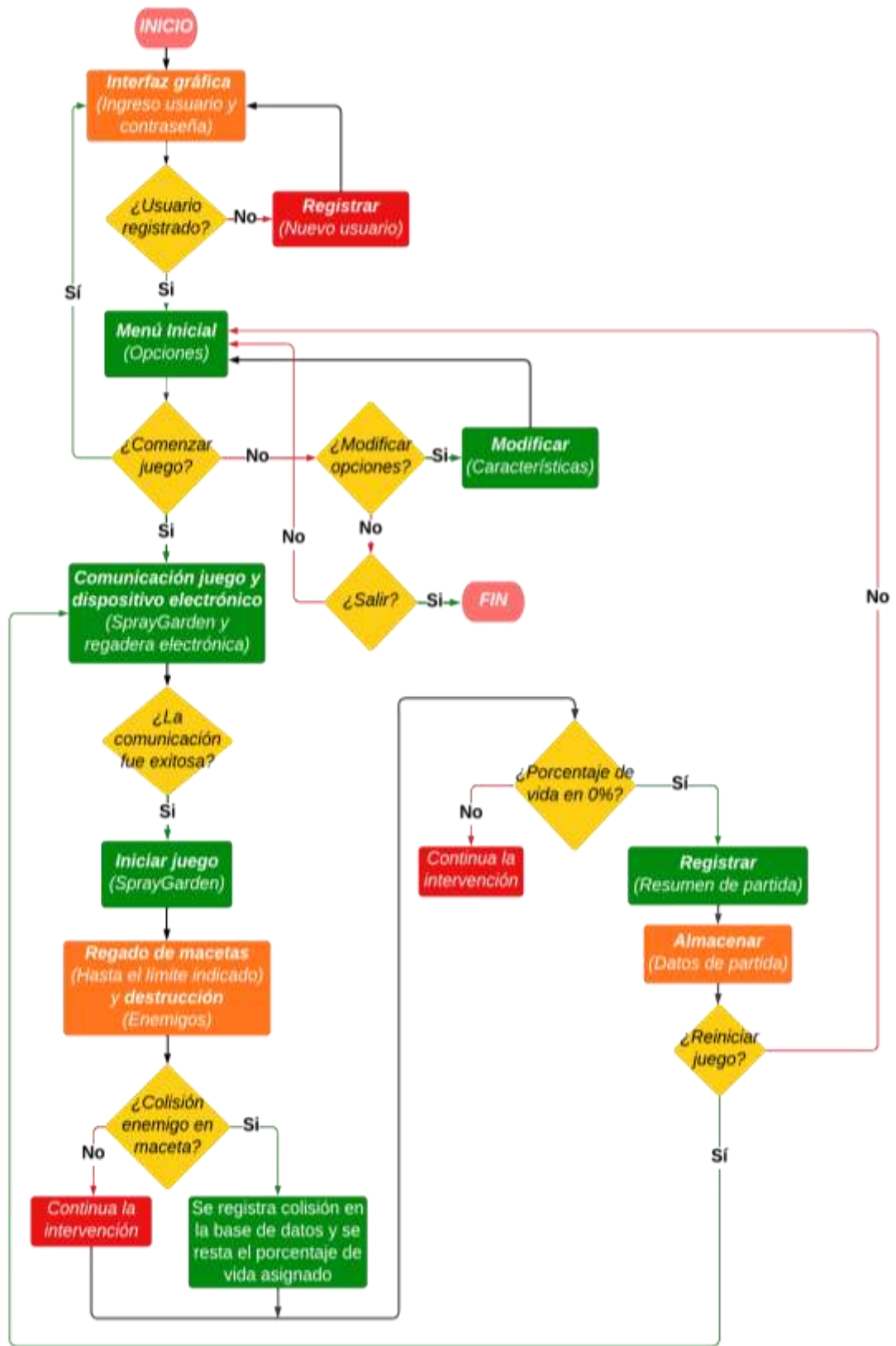


Figura 3. Flujograma de funcionamiento del juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.

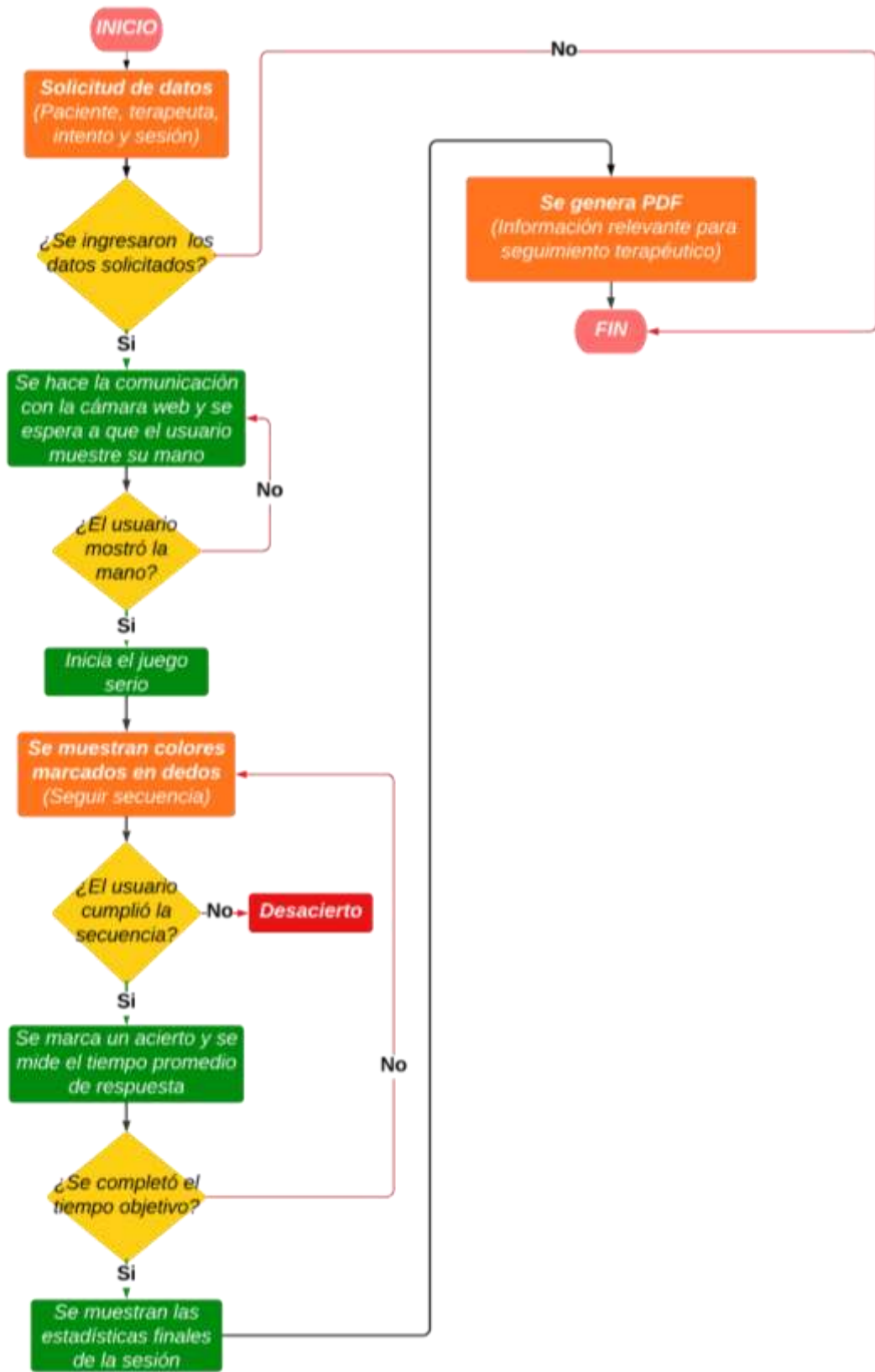


Figura 4. Flujograma de funcionamiento del juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia.

3.2 Pruebas cognitivas

Para evaluar objetivamente el impacto de los juegos serios en las funciones ejecutivas de los participantes, se implementaron tres pruebas cognitivas estandarizadas, todas administradas a través de la plataforma **PsyToolkit**. Estas pruebas fueron aplicadas únicamente al inicio del estudio, para establecer una línea base, y en la última sesión, para medir el progreso en las áreas específicas de función ejecutiva, constituyendo así un diseño de evaluación pre y post-intervención.

3.2.1 Test de los cubos de Corsi

El test de los cubos de Corsi (Corsi Block-Tapping Test) evalúa específicamente la memoria de trabajo visoespacial, permitiendo medir la capacidad para recordar secuencias espaciales (Kessels et al., 2000). En la versión digital implementada a través de **PsyToolkit**, los participantes observaban una serie de cuadrados que cambiaban de color en una secuencia específica, tras lo cual debían reproducir la misma secuencia haciendo clic en los cuadrados en el mismo orden.

Como señalan Merzbach et al. (2023), esta prueba “evalúa los recuerdos mediante la memoria a corto plazo”, siendo particularmente relevante para valorar un componente cognitivo que suele estar relativamente preservado en personas con síndrome de Down. La longitud de la secuencia que el participante puede reproducir correctamente proporciona una medida objetiva de su capacidad de memoria de trabajo visoespacial.

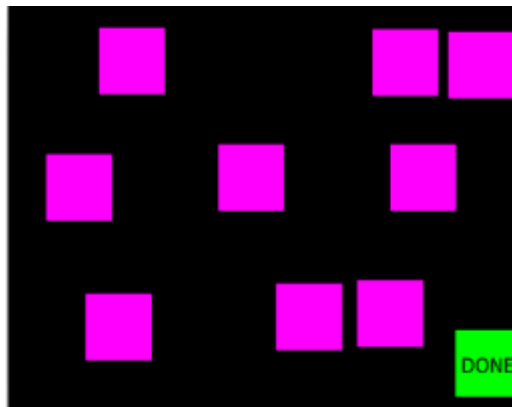


Figura 5. Test de los cubos de Corsi

Fuente: <https://www.psychtoolkit.org/experiment-library/corsi.html>

3.2.2 Test Go/No-Go

El test Go/No-Go se aplicó para evaluar específicamente el control inhibitorio de los participantes. En la versión implementada a través de **PsyToolkit**, los participantes debían responder presionando una tecla cuando aparecía un estímulo “Go” en un óvalo de color verde y abstenerse de responder cuando aparecía un estímulo “No-Go” en un óvalo de color rojo. La tarea se diseñó para establecer una tendencia a responder, lo que requiere un esfuerzo consciente para inhibir respuestas ante estímulos No-Go.

Según Merzbach et al. (2023), este test “evalúa el procesamiento de la información y su estado de vigilancia”, proporcionando así una medida directa de la capacidad para suprimir respuestas inapropiadas, uno de los principales aspectos de función ejecutiva que se buscaba mejorar con los juegos serios desarrollados.



Figura 6. Test Go/No Go

Fuente: <https://www.psychtoolkit.org/experiment-library/go-no-go.html>

3.2.3 Test de clasificación de cartas de Wisconsin

El Test de Clasificación de Cartas de Wisconsin (WCST) se utilizó para evaluar la flexibilidad cognitiva y la capacidad de adaptación a reglas cambiantes. Miles et al. (2021) describen el WCST como “una tarea de emparejamiento de tarjetas” donde “para cada ensayo, se coloca una tarjeta de respuesta sobre cuatro tarjetas de estímulo multidimensionales” que “varían en tres dimensiones: color, forma y número”.

En la implementación digital mediante **PsyToolkit**, los participantes debían clasificar tarjetas según diferentes criterios que cambiaban sin previo aviso. Como explican Merzbach et al. (2023), el WCST “evalúa la automaticidad como resultado de la velocidad y selección de la información”, midiendo así la capacidad para cambiar de estrategia mental cuando las condiciones lo requieren.

Miles et al. (2021) señalan que las “respuestas perseverativas” y los “errores perseverativos” son los indicadores más comúnmente utilizados para evaluar la flexibilidad cognitiva, reflejando la tendencia a persistir en una estrategia de respuesta incluso cuando ya no es apropiada, un aspecto frecuentemente afectado en personas con síndrome de Down.

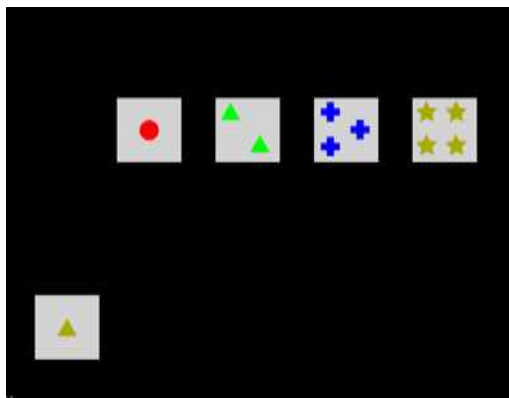


Figura 7. Test de Clasificación de Cartas de Wisconsin

Fuente: <https://www.psychtoolkit.org/experiment-library/wcst.html>

3.3 Metodología de estudio

Para la implementación del presente estudio, se aplicó la metodología ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación) como marco estructural para identificar qué mecánicas y dispositivos electrónicos resultan más efectivos en el entrenamiento de funciones ejecutivas en niños con síndrome de Down. Esta metodología, ampliamente

utilizada en el desarrollo de material educativo, permite una adaptación precisa a las necesidades específicas de los usuarios, facilitando la construcción de nuevas habilidades y la optimización del aprendizaje (Castellanos Altamirano & Rocha Trejo, 2020).

En la fase de **Análisis**, se realizó una investigación exhaustiva en la literatura científica sobre las funciones ejecutivas específicamente afectadas en niños con síndrome de Down, identificando el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva como áreas prioritarias para la intervención. Se estudiaron las características cognitivas y motoras particulares de esta población, determinando sus limitaciones y potencialidades para interactuar con distintos tipos de interfaces. Adicionalmente, se efectuó un análisis comparativo de dispositivos electrónicos potenciales (Kinect V2, ESP32, MPU6050, cámaras web) y se evaluaron instrumentos de medición cognitiva estandarizados (Test de los cubos de Corsi, Test Go/No-Go y Test de clasificación de cartas de Wisconsin) para establecer una línea base inicial y medición final del progreso en las funciones ejecutivas objetivo.

Durante la etapa de **Diseño**, se planificaron cuidadosamente las mecánicas de juego vinculadas a cada función ejecutiva objetivo. Para el control inhibitorio, se diseñaron mecánicas que exigían contener impulsos y regular respuestas; para la memoria de trabajo, se implementaron dinámicas que requerían mantener datos en mente mientras se realizaban acciones simultáneas; y para la flexibilidad cognitiva, se desarrollaron dinámicas que demandaban adaptación a reglas cambiantes. Paralelamente, se establecieron protocolos de evaluación con parámetros medibles (aciertos, desaciertos, tiempos de respuesta) que permitirían cuantificar el desempeño con cada dispositivo y mecánica, utilizando los test cognitivos seleccionados como instrumentos de medición.

La fase de **Desarrollo** materializó las propuestas mediante la programación de tres juegos serios con interfaces de interacción distintas: “FeatherAdventure” implementado con Kinect V2; “SprayGarden” desarrollado con ESP32, sensor MPU6050 y pulsadores; y “Secuencia de dedos” implementado con cámara web. Cada juego incorporó sistemas de recolección automática de datos de desempeño, permitiendo registrar métricas específicas para cada aspecto trabajado. Adicionalmente, se implementaron mecanismos de ajuste paramétrico que posibilitaron adaptar la dificultad según las capacidades individuales de cada participante.

La **Implementación** consistió en la aplicación sistemática de los tres juegos serios con cuatro niños con síndrome de Down a lo largo de diez sesiones terapéuticas, estableciendo un entorno controlado que permitiera la comparación efectiva entre dispositivos y mecánicas. Durante cada sesión, se midieron indicadores cuantitativos específicos para cada juego (tiempo, aciertos/desaciertos) y se registraron observaciones cualitativas sobre la experiencia de uso, nivel de compromiso y respuesta emocional de los participantes. Adicionalmente, se realizaron evaluaciones únicamente al inicio y al final de la intervención utilizando los test cognitivos estandarizados (Test de los cubos de Corsi, Test Go/No-Go y Test de clasificación de cartas de Wisconsin) para medir objetivamente los cambios en las funciones ejecutivas.

Finalmente, la fase de **Evaluación** constituyó un elemento importante. Se analizaron los datos de desempeño obtenidos con cada dispositivo, observando mejoras en las funciones ejecutivas objetivo a lo largo de las sesiones. Se compararon los resultados de las pruebas cognitivas iniciales y finales, junto con los tiempos promedio y puntuaciones de los juegos serios, para determinar el progreso de los niños con cada tecnología. Este análisis permitió identificar tendencias sobre qué dispositivos mostraban mejores resultados para fortalecer aspectos específicos: “FeatherAdventure” permitió captar movimientos corporales amplios, fortaleciendo las tres funciones ejecutivas principales (flexibilidad cognitiva, control inhibitorio y memoria de trabajo); “SprayGarden”, que además de trabajar las mismas funciones ejecutivas, ejercitó específicamente la motricidad fina y coordinación; y “Secuencia de dedos” fortaleció la flexibilidad cognitiva, control inhibitorio y la coordinación visomotora.

Esta aplicación estructurada de la metodología ADDIE no solo permitió el desarrollo técnico de los juegos serios, sino que estableció un marco metodológico riguroso para evaluar comparativamente la efectividad de diferentes mecánicas y dispositivos electrónicos.

3.4 Elección de assets

La selección de elementos visuales y sonoros para los juegos serios “FeatherAdventure”, “SprayGarden” y “Secuencia de dedos” se realizó siguiendo principios específicos para optimizar la experiencia de los niños con síndrome de Down,

considerando sus características cognitivas y perceptuales particulares. Para el diseño visual de los juegos, se implementó un enfoque minimalista con interfaces que redujeran la carga cognitiva y permitieran a los participantes concentrarse en las tareas principales. Esta decisión se basó en la evidencia de que los niños con síndrome de Down pueden experimentar dificultades atencionales ante estímulos visuales excesivos o complejos.

La selección de assets (elementos visuales) para los tres juegos serios se realizó priorizando la claridad, funcionalidad y simplicidad visual, facilitando así la identificación inmediata de los elementos interactivos por parte de los niños con síndrome de Down. En “FeatherAdventure”, se escogió un ave de diseño estilizado con silueta claramente definida y características amigables que generaban empatía con el usuario. Los obstáculos consistían en formas geométricas simples como cajas apiladas en distintas formas, plataformas horizontales, todos con bordes definidos y colores contrastantes respecto al fondo, pero manteniendo una paleta armónica. Las monedas coleccionables se diseñaron con un brillo y color sutil que las destacaba.

Para “SprayGarden”, se desarrollaron plantas en macetas con variaciones sutiles que representaban diferentes especies, cada una con características distintivas. Las macetas tenían formas sencillas y colores terrosos complementarios entre sí. Los enemigos, usaron siluetas reconocibles y movimientos predecibles, utilizando tonalidades distintivas que permitían diferenciarlos claramente de las plantas. Los tomates, como elementos especiales para recuperar vida, se destacaban mediante un sutil efecto de brillo y un tono rojo moderado que los diferenciaba del resto de elementos. El entorno general consistía en un jardín simplificado con elementos decorativos mínimos, evitando la sobrecarga visual con detalles innecesarios.

En “Secuencia de dedos”, se implementó un efecto de desenfoque del fondo que centraba la atención exclusivamente en la mano virtual y los indicadores de secuencia. La representación digital de la mano presentaba un diseño anatómicamente correcto pero simplificado, con dedos claramente diferenciados y señalizados mediante colores distintos cuando debían ser accionados. También se incorporaron recuadros indicadores en la parte superior de la pantalla que mostraban en tiempo real qué dedos estaba bajando el usuario, facilitando así la retroalimentación visual inmediata y permitiendo al terapeuta verificar la correcta ejecución de la instrucción. Los indicadores visuales de acierto y error utilizaban símbolos universales con opacidad moderada para proporcionar retroalimentación sin resultar intrusivos.

La paleta cromática se diseñó considerando específicamente las necesidades visuales de los niños con síndrome de Down. Se evitaron deliberadamente colores excesivamente brillantes o saturados que pudieran provocar sobreestimulación visual o distracción. En su lugar, se optó por tonalidades de contraste moderado pero suficiente para permitir la diferenciación clara entre elementos interactivos y fondos. Para las interfaces de usuario se utilizaron predominantemente tonos azules y verdes en valores medios, colores que promueven la calma y concentración. Los elementos interactivos críticos (botones, objetivos, indicadores de progreso) se destacaron mediante colores complementarios que permitían su fácil identificación.

El diseño acústico de los juegos se desarrolló como complemento esencial de la experiencia visual, funcionando como refuerzo para las acciones y retroalimentación. Se implementaron efectos sonoros breves y distintivos para eventos específicos, como la recolección de monedas en “FeatherAdventure”, el regado de macetas y la eliminación de amenazas en “SprayGarden” o los aciertos y errores en “Secuencia de dedos”. Estos sonidos se mantuvieron en un volumen moderado y con características acústicas claramente diferenciadas para evitar confusión. Se priorizaron sonidos con frecuencias medias, evitando tonos extremadamente agudos que pudieran resultar molestos para niños con sensibilidad auditiva.

3.5 Criterio de selección de participantes para el estudio

La selección de los participantes para este estudio se realizó siguiendo criterios específicos que permitieran evaluar de

manera precisa el impacto de los juegos serios en las funciones ejecutivas de niños con síndrome de Down. Se estableció un rango de edad entre los nueve y doce años, considerando que en esta etapa del desarrollo los niños han alcanzado cierta madurez cognitiva que les permite comprender instrucciones básicas y participar activamente en actividades estructuradas, mientras que aún se encuentran en una fase óptima para la intervención y estimulación de funciones ejecutivas.

Un criterio fundamental fue que los participantes presentaran diagnóstico de síndrome de Down sin comorbilidades significativas que pudieran interferir en la evaluación. Se excluyeron del estudio aquellos niños que, además del síndrome de Down, presentaban trastornos neurológicos adicionales, déficits auditivos o visuales, condiciones médicas inestables o trastornos conductuales que pudieran impedir su participación efectiva en las actividades propuestas. Esta decisión metodológica permitió aislar mejor los efectos de la intervención en las funciones ejecutivas específicamente afectadas por el síndrome de Down, sin la interferencia de variables relacionadas con otras patologías.

Todos los participantes seleccionados debían gozar de buena salud general y contar con habilidades motoras básicas que les permitieran manipular los dispositivos electrónicos utilizados en los juegos serios. Se consideró importante que los niños tuvieran experiencia previa en entornos terapéuticos o educativos estructurados, facilitando así su adaptación a las sesiones de intervención. Adicionalmente, se requirió que los participantes mostraran un nivel mínimo de comprensión verbal para entender las instrucciones simples necesarias para el desarrollo de las actividades.

La muestra final quedó conformada por cuatro niños con síndrome de Down que cumplían con todos los criterios establecidos, pertenecientes a la fundación **ASODISVALLE**. Esta cuidadosa selección de participantes permitió crear un grupo homogéneo en cuanto a sus características diagnósticas principales, maximizando la validez interna del estudio y facilitando la identificación de patrones de respuesta a la intervención basada en juegos serios para el fortalecimiento de funciones ejecutivas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación reflejan la aplicación exitosa de los tres juegos serios diseñados específicamente para intervenir en las funciones ejecutivas de niños con síndrome de Down. Tras el desarrollo e implementación de “FeatherAdventure”, “SprayGarden” y “Secuencia de dedos”, se evidenció una progresiva adaptación de los participantes a las dinámicas propuestas, manifestando mejoras significativas en aspectos como el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva. La recolección sistemática de datos a través de los diferentes ciclos de intervención terapéutica permitió documentar el desempeño individual y grupal, identificando patrones de progreso que respaldan la efectividad de los juegos como herramientas terapéuticas. Los registros automáticos de puntajes, tiempos de respuesta y aciertos generados por cada juego, junto con las observaciones directas del equipo terapéutico durante las sesiones, permitieron una evaluación integral del impacto de la intervención en el desarrollo de habilidades cognitivas y motoras de los participantes.

A continuación, se presentan las interfaces gráficas de los tres juegos serios desarrollados, mostrando el proceso completo desde el inicio de sesión de usuarios hasta la generación de informes. Cada juego fue diseñado priorizando principios de usabilidad, aspecto esencial en este estudio, considerando que los usuarios son niños con síndrome de Down que presentan características cognitivas particulares. La usabilidad se materializó mediante elementos como navegación simplificada, instrucciones claras y concisas, contraste visual adecuado, y consistencia en los patrones de interacción. Las interfaces incorporan una estética atractiva y amigable, con iconografía intuitiva y metáforas visuales que facilitan la comprensión de las mecánicas de juego sin depender exclusivamente del texto. Los elementos de retroalimentación inmediata (visuales y auditivos) se diseñaron para reforzar positivamente los logros alcanzados y orientar al usuario en caso de error, adaptándose a los distintos ritmos de aprendizaje. Las pruebas de usabilidad realizadas durante el desarrollo permitieron ajustar aspectos críticos como el tamaño de los elementos interactivos, la sensibilidad de los controles y los tiempos de respuesta, garantizando una experiencia fluida y satisfactoria. Los sistemas de puntuación y las barras de

progreso, además de cumplir una función motivacional, constituyen indicadores de rendimiento fácilmente interpretables tanto por los niños como por los terapeutas, facilitando la autoevaluación y el seguimiento del progreso. Esta cuidadosa atención a la usabilidad no solo mejoró la experiencia de los participantes, sino que resultó determinante para la efectividad terapéutica de los juegos, permitiendo que los niños se concentraran en los objetivos cognitivos y motores sin verse obstaculizados por barreras de accesibilidad en la interacción.



Figura 8. Inicio de sesión del juego “FeatherAdventure”

Fuente: elaboración propia.



Figura 9. Menú de registro del juego “FeatherAdventure”

Fuente: elaboración propia.



Figura 10. Menú principal del juego serio "FeatherAdventure"

Fuente: elaboración propia.



Figura 11. Escena principal del juego serio "FeatherAdventure"

Fuente: elaboración propia.

Informe - FeatherAdventure

Estadísticas del Paciente

Fecha y hora del examen: 2024-10-31 12:10:09

ID del paciente: 1897

Intento: 1

Velocidad del jugador: 15,00 m/s

Duración del intento: 00:00:40

Máximo de monedas recolectadas: 2

Este informe es confidencial y solo para uso interno.

Figura 12. Informe de la intervención terapéutica del juego serio “FeatherAdventure”

Fuente: elaboración propia.

SPRAYGARDEN

USUARIO:

CONTRASEÑA:

INGRESO

REGISTRO

SALIR

Figura 13. Inicio de sesión del juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.



Figura 14. Menú de registro del juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.



Figura 15. Menú principal del juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.



Figura 16. Tutorial del juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.



Figura 17. Escena principal del juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.

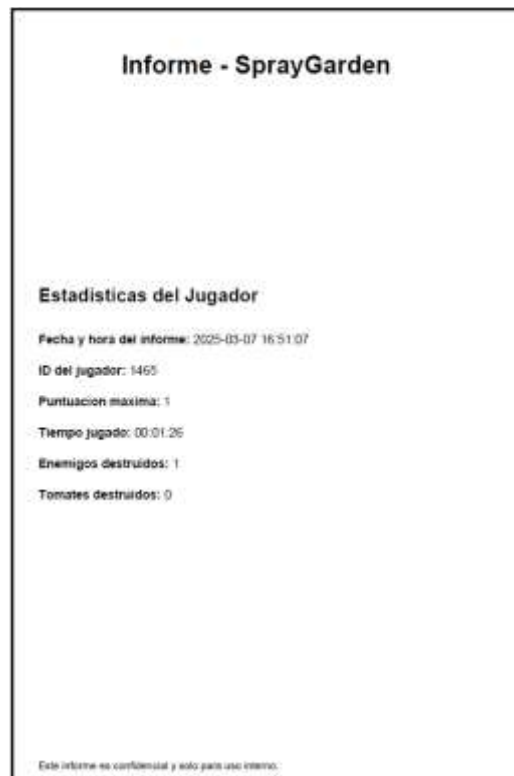


Figura 18. Informe de la intervención terapéutica del juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.



Formulario de registro del juego serio "Secuencia de dedos". El formulario tiene un título "Datos del Paciente" en azul. Incluye cinco campos de entrada de texto: "Nombre del Paciente", "Nombre del Terapeuta", "Número de Sesión", "Número de Intento" y "Número de Dedos (1-4)". Debajo de los campos hay un botón verde con el texto "Confirmar".

Figura 19. Interfaz de registro del juego serio "Secuencia de dedos"

Fuente: elaboración propia.

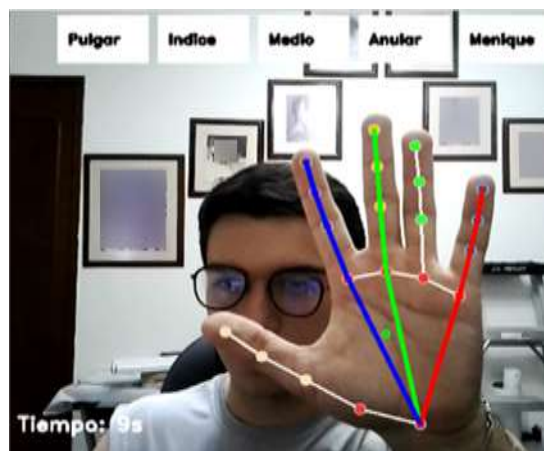


Figura 20. Escena principal del juego serio "Secuencia de dedos"

Fuente: elaboración propia.



Figura 21. Escena principal del juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia.



Figura 22. Informe de la intervención terapéutica del juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia.

4.1 Diseño del circuito electrónico para el juego serio “SprayGarden”

El desarrollo del circuito electrónico para el juego “SprayGarden” implicó un proceso de integración hardware-software orientado a crear una experiencia física que complementara la interacción virtual. Se diseñó un sistema electrónico basado en el microcontrolador ESP32, seleccionado por su potencia de procesamiento dual-core y capacidades de conectividad avanzadas, que permitió una comunicación fluida y de baja latencia con la plataforma Unity. El circuito integra el sensor de movimiento MPU6050, cuya combinación de acelerómetro y giroscopio de seis ejes posibilita la detección precisa de la inclinación y movimiento de la regadera, traduciendo las acciones físicas del usuario en comandos dentro del entorno virtual. Adicionalmente, se incorporaron dos pulsadores estratégicamente ubicados para facilitar su accionamiento por parte de los niños, asignando funciones específicas como la eliminación de amenazas y la recolección de elementos beneficiosos.

La retroalimentación visual se implementó mediante un LED RGB que cambia de color según los estados del juego, proporcionando información inmediata sobre el éxito o fracaso de las acciones realizadas. El esquemático del circuito, desarrollado en EasyEDA, permitió optimizar la distribución de componentes y conexiones, garantizando un funcionamiento estable y resistente a las manipulaciones propias del uso por parte de los niños con síndrome de Down. En la Figura 21 se presenta el diagrama completo del circuito, donde se pueden apreciar las conexiones entre los diferentes componentes y su disposición estructural para su posterior implementación en el dispositivo físico.

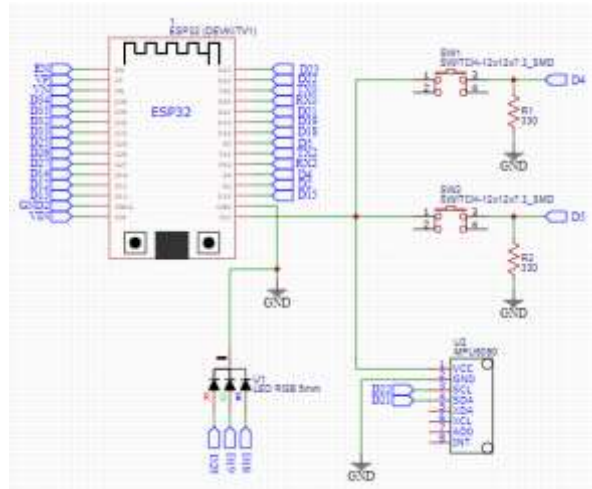


Figura 23. Circuito electrónico para el juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.

4.2 Modelado 3D de la regadera para el juego serio “SprayGarden”

El diseño tridimensional de la regadera utilizada en el juego “SprayGarden” se realizó mediante el software Fusion 360, herramienta profesional de modelado 3D que permitió crear tanto la estructura externa como los compartimentos internos del dispositivo. La conceptualización del dispositivo físico priorizó aspectos ergonómicos adaptados a las características motoras de niños con síndrome de Down, incorporando un mango de mayor diámetro para facilitar el agarre y superficies redondeadas para prevenir lesiones durante su manipulación. El modelado se desarrolló en dos fases principales: primero se diseñó la estructura externa con énfasis en la estética y funcionalidad, y posteriormente se proyectó el espacio interno para albergar adecuadamente el circuito electrónico y sus componentes. El interior cuenta con soportes y compartimentos específicos para el microcontrolador ESP32, el sensor MPU6050, los pulsadores y el led RGB, garantizando su protección y correcta distribución del peso. Se implementaron canales internos para el cableado, minimizando interferencias entre componentes. El diseño final, presentado en las figuras 24 y 25, muestra tanto la estructura interna con la disposición de componentes electrónicos como el aspecto exterior del dispositivo terminado, cuya forma lúdica y colorida resultó atractiva para los participantes, incentivando su interacción con el sistema durante las sesiones terapéuticas.



Figura 24. Diseño interno regadera “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.



Figura 25. Diseño externo regadera “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.

4.3 Proceso de intervención

El proceso de intervención se estructuró en diez sesiones sistemáticas, cada una empleando los juegos serios desarrollados y actividades específicas para estimular funciones ejecutivas y habilidades psicomotrices en los participantes. En las siguientes tablas se detalla cada sesión realizada, mostrando los objetivos, materiales, organización y metodología implementada, lo que permite visualizar la progresión terapéutica y los componentes clave de cada intervención a lo largo del programa.

Tabla 9. Detalles de la intervención terapéutica N° 1

Intervención terapéutica N° 1	
Juegos serios: “FeatherAdventure”, “SprayGarden” y “Secuencia de dedos”	Objetivo: Contribuir en las funciones ejecutivas (control inhibitorio, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva) y fortalecer la psicomotricidad.
Evaluación: Se realizó el Test de los cubos de Corsi, Test Go/No-Go y Test de clasificación de cartas de Wisconsin a cada uno de los niños para evaluar sus funciones ejecutivas antes de las intervenciones terapéuticas. De igual manera, se llevó a cabo la prueba completa de los tres juegos serios con la población seleccionada. Se identificaron algunos detalles a mejorar en cada juego para optimizar la experiencia en futuras sesiones. Al inicio, los participantes mostraron cierta confusión al interactuar con los dispositivos electrónicos y las dinámicas del juego, evidenciando algunas dificultades. Sin embargo, a medida que avanzaba la sesión, se observó un aumento en la comprensión y el entusiasmo por cumplir con las tareas propuestas, lo que favoreció su participación activa en la terapia.	Materiales: Computador, Kinect V2, Regadera electrónica, Webcam
	Espacio: Fundación Jeison Aristizábal - ASODISVALLE
	Terapia: Individual
	Organización: Se llamará a cada niño de manera individual para que realice cinco intentos en “FeatherAdventure”, tres en “SprayGarden” y tres en “Secuencia de dedos”
	Tiempo individual: 30 minutos
	Tiempo total de la sesión: 3 horas

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. Detalles de la intervención terapéutica N° 2

Juegos serios para contribuir en funciones ejecutivas - Intervención terapéutica N° 2	
Juegos serios: “FeatherAdventure” y “SprayGarden”	Objetivo: Contribuir en las funciones ejecutivas (control inhibitorio, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva) y fortalecer la psicomotricidad.
Evaluación: Se implementaron las mejoras identificadas en la primera sesión, optimizando la experiencia de juego y facilitando la adaptación de los niños a los dispositivos electrónicos y dinámicas. Se observó que los participantes mostraban mayor confianza al interactuar con los juegos serios, aunque algunos seguían enfrentando dificultades en ciertas tareas que requerían mayor precisión motora o rapidez en la toma de decisiones. Para contrarrestar esto, se hizo énfasis en la retroalimentación positiva y en ofrecer indicaciones más claras, lo que ayudó a mantener su motivación y reducir la frustración ante los errores.	Materiales: Computador, Kinect V2, Regadera electrónica, Webcam
	Espacio: Fundación Jeison Aristizábal - ASODISVALLE
	Terapia: Individual
	Organización: Se llamará a cada niño de manera individual para que realice cinco intentos en “FeatherAdventure” y tres en “SprayGarden”
	Tiempo individual: 30 minutos
	Tiempo total de la sesión: 3 horas

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Detalles de la intervención terapéutica N° 3

Intervención terapéutica N° 3	
Juegos serios: “FeatherAdventure” y “SprayGarden”	Objetivo: Contribuir en las funciones ejecutivas (control inhibitorio, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva) y fortalecer la psicomotricidad.
Evaluación: Los niños se mostraron más familiarizados con la estructura de la terapia, iniciando las actividades con mayor seguridad y autonomía. Hubo un incremento en la rapidez y precisión de las respuestas, especialmente en tareas que habían resultado complicadas en sesiones anteriores. Sin embargo, algunos participantes experimentaron momentos de frustración cuando se enfrentaron a retos nuevos o cuando no lograban superar sus propias marcas previas. Para mitigar esto, se implementaron pausas estratégicas con estímulos positivos y pequeñas modificaciones en la dificultad de los juegos. En general, la motivación se mantuvo alta y la sesión transcurrió con una participación activa.	Materiales: Computador, Kinect V2, Regadera electrónica, Webcam
	Espacio: Fundación Jeison Aristizábal - ASODISVALLE
	Terapia: Individual
	Organización: Se llamará a cada niño de manera individual para que realice cinco intentos en “FeatherAdventure” y tres en “SprayGarden”
	Tiempo individual: 30 minutos
Tiempo total de la sesión: 3 horas	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Detalles de la intervención terapéutica N° 4

Intervención terapéutica N° 4	
Juegos serios: “FeatherAdventure”, “SprayGarden” y “Secuencia de dedos”	Objetivo: Contribuir en las funciones ejecutivas (control inhibitorio, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva) y fortalecer la psicomotricidad.
Evaluación: Se observó un progreso constante en la mayoría de los participantes, con mayor dominio de las mecánicas de juego. Sin embargo, algunos niños presentaron fatiga hacia el final de cada ejercicio y momentos de distracción. Se implementaron pausas breves entre intentos y se reforzaron los logros para mantener la motivación. A pesar de estos desafíos, la mayoría continuó mostrando mejoras en coordinación y tiempo de respuesta, evidenciando que la repetición constante estaba produciendo resultados positivos en su desempeño.	Materiales: Computador, Kinect V2, Regadera electrónica, Webcam
	Espacio: Fundación Jeison Aristizábal - ASODISVALLE
	Terapia: Individual
	Organización: Se llamará a cada niño de manera individual para que realice cinco intentos en “FeatherAdventure”, tres en “SprayGarden” y tres en “Secuencia de dedos”
	Tiempo individual: 30 minutos
Tiempo total de la sesión: 3 horas	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13. Detalles de la intervención terapéutica N° 5

Intervención terapéutica N° 5	
Juegos serios: “FeatherAdventure”, “SprayGarden” y “Secuencia de dedos”	Objetivo: Contribuir en las funciones ejecutivas (control inhibitorio, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva) y fortalecer la psicomotricidad.
Evaluación: Esta sesión marcó un punto de inflexión en la curva de aprendizaje de la mayoría de participantes. Se observó mayor independencia al iniciar los juegos y mejoras significativas en “Secuencia de dedos”. El entusiasmo por “FeatherAdventure” comenzó a declinar en algunos participantes, lo que llevó a implementar variaciones en las instrucciones y metas personalizadas para renovar el interés. “SprayGarden” continuó siendo el más desafiante, aunque todos siguieron mostrando mejoras graduales.	Materiales: Computador, Kinect V2, Regadera electrónica, Webcam
	Espacio: Fundación Jeison Aristizábal - ASODISVALLE
	Terapia: Individual
	Organización: Se llamará a cada niño de manera individual para que realice cinco intentos en “FeatherAdventure”, tres en “SprayGarden” y tres en “Secuencia de dedos”
	Tiempo individual: 30 minutos
	Tiempo total de la sesión: 3 horas

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Detalles de la intervención terapéutica N° 6

Intervención terapéutica N° 6	
Juegos serios: “FeatherAdventure”, “SprayGarden” y “Secuencia de dedos”	Objetivo: Contribuir en las funciones ejecutivas (control inhibitorio, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva) y fortalecer la psicomotricidad.
Evaluación: Se observó un rendimiento irregular entre los participantes. Algunos continuaron progresando mientras otros mostraron una meseta en su evolución. Se implementaron elementos motivacionales adicionales ante la fatiga por repetición de actividades. La mayoría de los participantes desarrolló estrategias propias para enfrentar los desafíos, evidenciando un proceso de metacognición emergente, con algunos niños verbalizando sus acciones antes de ejecutarlas.	Materiales: Computador, Kinect V2, Regadera electrónica, Webcam
	Espacio: Fundación Jeison Aristizábal - ASODISVALLE
	Terapia: Individual
	Organización: Se llamará a cada niño de manera individual para que realice cinco intentos en “FeatherAdventure”, tres en “SprayGarden” y tres en “Secuencia de dedos”
	Tiempo individual: 30 minutos
	Tiempo total de la sesión: 3 horas

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Detalles de la intervención terapéutica N° 7

Intervención terapéutica N° 7	
Juegos serios: “FeatherAdventure”, “SprayGarden” y “Secuencia de dedos”	Objetivo: Contribuir en las funciones ejecutivas (control inhibitorio, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva) y fortalecer la psicomotricidad.
Evaluación: Esta sesión presentó desafíos debido a distracciones en el entorno terapéutico, como personal nuevo en la fundación y cambios en el espacio. Esto afectó inicialmente la concentración, requiriendo más tiempo para involucrarse en las actividades. La mayoría logró reconectar con los juegos, aunque con rendimientos ligeramente inferiores. Se extendieron los tiempos de descanso entre intentos para favorecer la recuperación atencional. Un aspecto positivo fue la creciente capacidad de autorregulación tras momentos de frustración.	Materiales: Computador, Kinect V2, Regadera electrónica, Webcam
	Espacio: Fundación Jeison Aristizábal - ASODISVALLE
	Terapia: Individual
	Organización: Se llamará a cada niño de manera individual para que realice cinco intentos en “FeatherAdventure”, tres en “SprayGarden” y tres en “Secuencia de dedos”
	Tiempo individual: 30 minutos
	Tiempo total de la sesión: 3 horas

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Detalles de la intervención terapéutica N° 8

Intervención terapéutica N° 8	
Juegos serios: “FeatherAdventure”, “SprayGarden” y “Secuencia de dedos”	Objetivo: Contribuir en las funciones ejecutivas (control inhibitorio, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva) y fortalecer la psicomotricidad.
Evaluación: Se observó un notable aumento en la confianza de los participantes y aceleración en el ritmo de mejora, superando las pequeñas regresiones de la sesión anterior. Sin embargo, esta mayor confianza derivó en casos de impulsividad, especialmente en “FeatherAdventure”.	Materiales: Computador, Kinect V2, Regadera electrónica, Webcam
	Espacio: Fundación Jeison Aristizábal - ASODISVALLE
	Terapia: Individual
	Organización: Se llamará a cada niño de manera individual para que realice cinco intentos en “FeatherAdventure”, tres en “SprayGarden” y tres en “Secuencia de dedos”
	Tiempo individual: 30 minutos
	Tiempo total de la sesión: 3 horas

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. Detalles de la intervención terapéutica N° 9

Intervención terapéutica N° 9	
Juegos serios: “FeatherAdventure”, “SprayGarden” y “Secuencia de dedos”	Objetivo: Contribuir en las funciones ejecutivas (control inhibitorio, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva) y fortalecer la psicomotricidad.
Evaluación: Las puntuaciones comenzaron a estabilizarse para la mayoría de los participantes, sugiriendo una aproximación a sus niveles óptimos de rendimiento. Se observó que todos habían desarrollado rutinas personales antes de iniciar cada juego, como ajustar su postura o realizar movimientos preparatorios, evidenciando la automatización de aspectos procedimentales.	Materiales: Computador, Kinect V2, Regadera electrónica, Webcam
	Espacio: Fundación Jeison Aristizábal - ASODISVALLE
	Terapia: Individual
	Organización: Se llamará a cada niño de manera individual para que realice cinco intentos en “FeatherAdventure”, tres en “SprayGarden” y tres en “Secuencia de dedos”
	Tiempo individual: 30 minutos
	Tiempo total de la sesión: 3 horas

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Detalles de la intervención terapéutica N° 10

Intervención terapéutica N° 10	
Juegos serios: “FeatherAdventure”, “SprayGarden” y “Secuencia de dedos”	Objetivo: Contribuir en las funciones ejecutivas (control inhibitorio, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva) y fortalecer la psicomotricidad.
Evaluación: En la sesión final, se realizó nuevamente los Test de los cubos de Corsi, Test Go/No-Go y Test de clasificación de cartas de Wisconsin para saber el avance que conseguido por los niños a lo largo de las intervenciones terapéuticas. Igualmente, la última sesión estuvo marcada por sentimientos encontrados en los participantes: satisfacción por sus logros y nostalgia por la culminación del proceso. El desempeño fue particularmente concentrado y determinado. Se observó una autonomía considerablemente mayor que al inicio, con participantes que gestionaban independientemente su transición entre juegos. La sesión concluyó con una pequeña celebración donde cada participante recibió reconocimiento por sus logros específicos.	Materiales: Computador, Kinect V2, Regadera electrónica, Webcam
	Espacio: Fundación Jeison Aristizábal - ASODISVALLE
	Terapia: Individual
	Organización: Se llamará a cada niño de manera individual para que realice cinco intentos en “FeatherAdventure”, tres en “SprayGarden” y tres en “Secuencia de dedos”.
	Tiempo individual: 30 minutos
	Tiempo total de la sesión: 3 horas

Fuente: elaboración propia.

4.3.1

A continuación, se presenta un análisis sistemático de los resultados obtenidos a partir de los test cognitivos aplicados en la primera y última sesión de la intervención terapéutica: el Test Go/No-go, el Test de Cubos de Corsi y el Test de clasificación de cartas de Wisconsin. Las representaciones gráficas elaboradas (**figuras 26 a 45**) permiten visualizar de manera estructurada la evolución individual de cada participante en las funciones ejecutivas evaluadas. Estos gráficos facilitan la identificación de patrones de mejora en el control inhibitorio y la memoria de trabajo visoespacial, revelando tanto tendencias generales compartidas por el grupo como particularidades específicas de cada caso.

La comparación entre los resultados iniciales y finales de ambos instrumentos proporciona una perspectiva objetiva sobre los cambios producidos en las capacidades cognitivas fundamentales de los participantes con síndrome de Down. Los gráficos de barras muestran con claridad la trayectoria de desarrollo desde la evaluación inicial hasta la final, permitiendo observar no solo las diferencias en el rendimiento, sino también la magnitud del cambio en términos de tiempos de respuesta, errores cometidos y amplitud de memoria visoespacial.

La información derivada de estos test resulta fundamental tanto para la evaluación de la efectividad de las estrategias de intervención implementadas, como para la identificación de perfiles cognitivos específicos que pueden orientar adaptaciones personalizadas en futuros programas de estimulación cognitiva para niños con síndrome de Down.

4.3.2 Test de los cubos de Corsi

A continuación, se muestran los gráficos de barras correspondientes a los resultados de los cuatro participantes, donde se visualiza los tiempos y errores por estímulo obtenidos durante la primera y última sesión con el test de los cubos de Corsi.

En la evaluación inicial, el participante0001 demostró una capacidad de memoria visoespacial secuencial de nivel básico. Logró completar correctamente secuencias de 2 y 3 cubos, lo que indica una capacidad de memoria de trabajo visoespacial dentro del rango inferior esperado. Sin embargo, cuando la complejidad aumentó a 4 cubos, el participante no logró reproducir correctamente la secuencia, evidenciando un límite en su capacidad de almacenamiento y manipulación de información visoespacial.

En la evaluación final, el participante0001 mostró una mejora significativa en su desempeño. No solo completó correctamente las secuencias de 2 y 3 cubos que ya dominaba inicialmente, sino que también logró superar exitosamente la secuencia de 4 cubos que antes representaba un obstáculo. Además, consiguió completar correctamente secuencias de 5 cubos, evidenciando un incremento sustancial en su capacidad de memoria de trabajo visoespacial. El límite de su desempeño se encontró en la secuencia de 6 cubos, donde ya no pudo reproducir correctamente el patrón presentado. Este resultado indica que su amplitud de memoria visoespacial aumentó de 3 a 5 ítems como se observa en la **figura 26**.



Figura 26. Número de cubos recordados por el participante0001 en la primera y última sesión de evaluación

Fuente: elaboración propia.

La evolución del participante0001 entre la primera y última sesión es notable, reflejando un aumento de 2 unidades en su capacidad de memoria visoespacial secuencial. Esta progresión significativa sugiere que las intervenciones terapéuticas implementadas con juegos serios han sido efectivas para desarrollar sus habilidades de memoria de trabajo visoespacial. La capacidad de mantener y manipular mentalmente información visual y espacial más compleja es un indicador de mejora en funciones ejecutivas fundamentales.

La **figura 27** muestra los resultados del participante0002 en donde demostró un desempeño de nivel intermedio en la tarea de memoria visoespacial. Completó con éxito secuencias de 2, 3 y 4 cubos, indicando una capacidad de memoria de trabajo visoespacial moderada. El límite de su rendimiento se encontró en las secuencias de 5 cubos, donde no logró reproducir correctamente el patrón presentado.

La evaluación final del participante0002 reveló mejoras sustanciales en su capacidad de memoria visoespacial. Mantuvo su desempeño exitoso en secuencias de 2, 3 y 4 cubos, y logró superar la dificultad previa con secuencias de 5 cubos, completándolas correctamente. Así mismo, consiguió completar secuencias de 6 cubos, manifestando un incremento significativo en su capacidad de retención y manipulación mental de información visoespacial. El límite de su rendimiento se situó en las secuencias de 7 cubos, donde ya no pudo reproducir correctamente el patrón. Estos resultados indican que su amplitud de memoria visoespacial aumentó de 4 a 6 ítems.

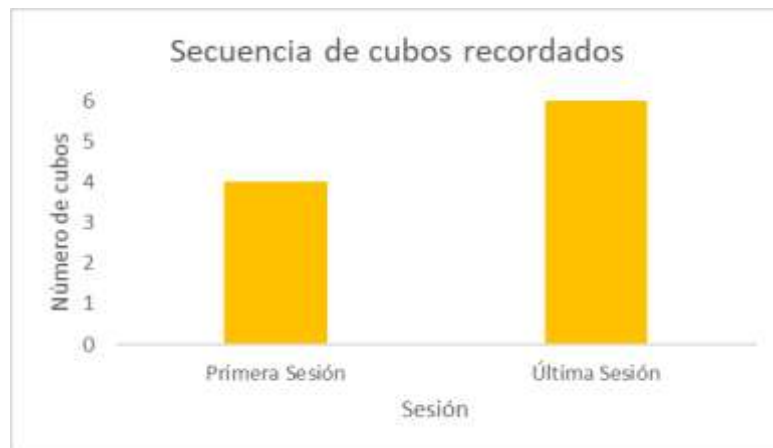


Figura 27. Número de cubos recordados por el participante0002 en la primera y última sesión de evaluación

Fuente: elaboración propia.

Comparando ambas evaluaciones, el participante0002 muestra una mejora considerable en su capacidad de memoria de trabajo visoespacial, incrementando su amplitud en 2 unidades. Tal mejora es particularmente significativa considerando el nivel de complejidad alcanzado. Esta evolución indicó que las intervenciones terapéuticas con juegos serios implementadas han sido altamente efectivas, permitiéndole desarrollar estrategias más sofisticadas para codificar, mantener y recuperar información visoespacial secuencial.

En la evaluación inicial, el participante0003 mostró un nivel moderado de memoria visoespacial secuencial. Completó correctamente secuencias de 2, 3 y 4 cubos, demostrando una capacidad básica para retener y reproducir patrones espaciales. Sin embargo, no logró superar la prueba con secuencias de 5 cubos, estableciendo su límite de desempeño en 4 ítems. Este resultado inicial indicó una capacidad de memoria de trabajo visoespacial limitada pero adecuada, dentro de los rangos esperados.

La evaluación final reveló una mejora sobresaliente en el desempeño del participante0003 como se observa en la **figura 28**. No solo mantuvo su capacidad para completar correctamente secuencias de 2, 3 y 4 cubos, sino que también superó con éxito las secuencias de 5 y 6 cubos que previamente representaban un obstáculo. Más impresionante aún fue su capacidad para completar secuencias de 6 cubos correctamente, estableciendo su nuevo límite en las secuencias de 7 cubos, donde ya no pudo reproducir el patrón presentado. Estos resultados indican que su amplitud de memoria visoespacial aumentó de 4 a 6 ítems.



Figura 28. Número de cubos recordados por el participante0003 en la primera y última sesión de evaluación

Fuente: elaboración propia.

El análisis comparativo entre la primera y última sesión revela un progreso excepcional del participante0003, con un incremento de 2 unidades en su capacidad de memoria visoespacial. Esta evolución sobresaliente sugiere una respuesta particularmente positiva a las intervenciones terapéuticas implementadas con juegos serios, indicando un desarrollo significativo en sus habilidades de codificación, almacenamiento y recuperación de información visoespacial secuencial. El nivel alcanzado por este participante es especialmente notable considerando las limitaciones cognitivas asociadas al síndrome de Down.

En su evaluación inicial (**figura 29**), el participante0004 demostró una capacidad de memoria visoespacial de nivel medio, completando correctamente secuencias de 2, 3 y 4 cubos. Este desempeño indicó una habilidad básica pero funcional para codificar y recuperar información visoespacial secuencial. El límite de su rendimiento se encontró en las secuencias de 5 cubos, donde no logró reproducir correctamente el patrón presentado. Estos resultados iniciales sugieren una amplitud de memoria visoespacial de 4 ítems, lo cual es comparable a lo observado en los participantes 0002 y 0003 en su evaluación inicial.

En la evaluación final, el participante0004 mostró una mejora significativa en su desempeño. Mantuvo su capacidad para completar secuencias de 2, 3 y 4 cubos, y logró superar la dificultad previa con secuencias de 5 cubos, completándolas correctamente. El límite de su capacidad se encontró en las secuencias de 6 cubos, donde ya no pudo reproducir adecuadamente el patrón presentado. Estos resultados reflejaron un progreso importante, aunque más moderado que el observado en los participantes 0002 y 0003.

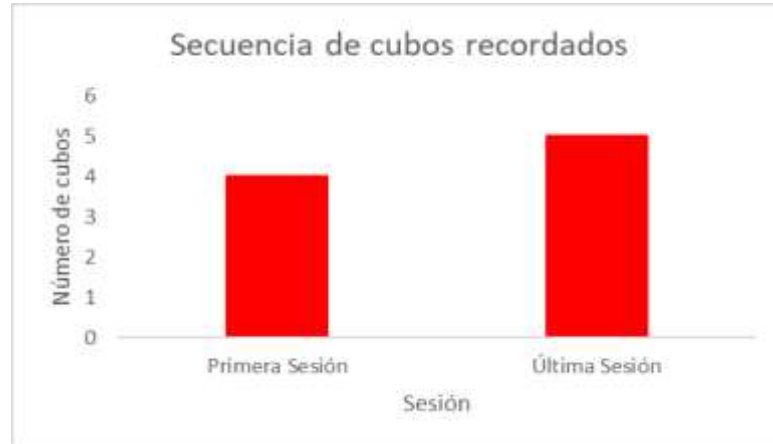


Figura 29. Número de cubos recordados por el participante0004 en la primera y última sesión de evaluación

Fuente: elaboración propia.

Al comparar ambas evaluaciones, se observa que el participante0004 incrementó su capacidad de memoria visoespacial en 1 unidad. Esta mejora indicó que las intervenciones implementadas han tenido un impacto positivo en su capacidad para mantener y manipular información visoespacial, aunque posiblemente a un ritmo diferente o con un techo más bajo que otros participantes. Es importante considerar que el progreso en funciones cognitivas no siempre es lineal ni homogéneo entre individuos, y que incluso mejoras moderadas pueden tener impactos significativos en la funcionalidad cotidiana.

4.3.3 Test Go/No-Go

A continuación, se muestran los gráficos de barras correspondientes a los resultados de los cuatro participantes, donde se visualiza los tiempos y errores por estímulo obtenidos durante la primera y última sesión con el test Go/No-Go.

La **figura 30** presenta los resultados de la primera sesión de evaluación del participante0001. En esta se observa un patrón de respuesta caracterizado por una marcada inconsistencia en los tiempos de reacción. Se observan tiempos que alcanzan los 2000ms en múltiples estímulos “go”, lo que indica momentos de procesamiento cognitivo prolongado. Esta variabilidad considerable entre estímulos similares sugirió dificultades en el mantenimiento de la atención sostenida durante la prueba. Es notable que algunos estímulos “go” son respondidos con tiempos mucho más cortos (alrededor de 200-400ms), lo que se interpreta como respuestas impulsivas sin suficiente procesamiento cognitivo. Los tiempos cortos en estímulos “no-go” indican respuestas incorrectas donde el participante no logró inhibir su acción cuando debía.

El análisis del gráfico de errores (**figura 31**) confirma un patrón preocupante, con errores distribuidos tanto en estímulos “go” como “no-go”. Las barras con valor “1” en este gráfico representan respuestas incorrectas: en “go” son errores de omisión (no respondió cuando debía) y en “no-go” son errores de comisión (respondió cuando debía inhibirse). Esta distribución de errores indicó problemas significativos en dos aspectos fundamentales del control

ejecutivo: la activación de respuestas cuando corresponde y la inhibición de respuestas cuando no corresponde. Este patrón indicó un déficit generalizado en el control ejecutivo, específicamente en la discriminación entre estímulos y la regulación conductual.

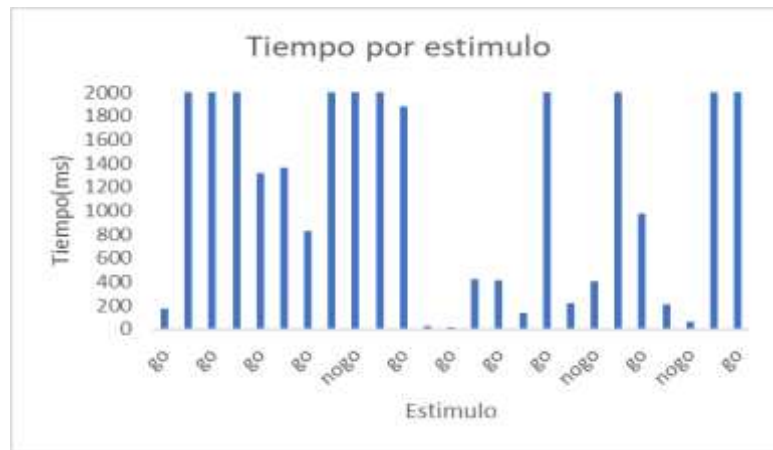


Figura 30. Gráfico de tiempo por estímulo obtenido por el participante0001 en la primera sesión

Fuente: elaboración propia.

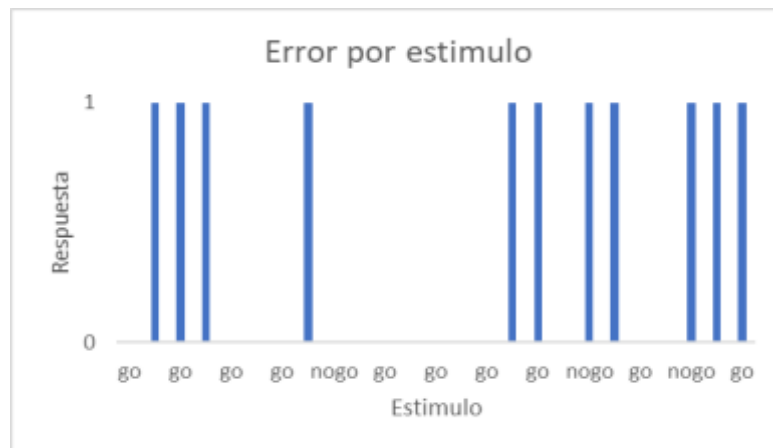


Figura 31. Gráfico de error por estímulo obtenido por el participante0001 en la primera sesión

Fuente: elaboración propia.

En la sesión final (figura 32) el participante0001 continuó mostrando variabilidad en sus tiempos de respuesta, pero se observa una distinción más clara entre su manejo de estímulos “go” y “no-go”. Sus tiempos máximos siguen siendo elevados, cercanos a los 2000ms en estímulos “go” (indicando respuestas correctas pero lentas) y aparecen valores apropiados de 2000ms en varios estímulos “no-go” (indicando correcta inhibición). Un aspecto interesante es que la distribución de tiempos parece más organizada, con menor dispersión dentro de cada categoría de estímulo.

El cambio más notable se evidencia en el gráfico de errores, donde las barras con valor “1” representan respuestas incorrectas. Se observa en la figura 33 una reducción sustancial en el número total de estas barras, indicando menos errores tanto de omisión (en “go”) como de comisión (en “no-go”). Esta mejora indicó un avance importante en la capacidad de discriminación entre estímulos y en la aplicación de las reglas de la tarea.

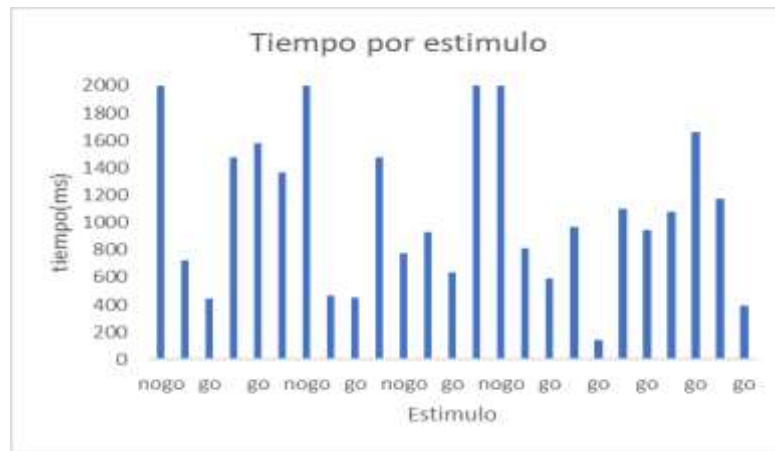


Figura 32. Gráfico de tiempo por estímulo obtenido por el participante0001 en la última sesión

Fuente: elaboración propia.



Figura 33. Gráfico de error por estímulo obtenido por el participante0001 en la última sesión

Fuente: elaboración propia.

La comparación entre la primera y última sesión para el participante0001 revela una evolución positiva centrada principalmente en la precisión de sus respuestas. Aunque la velocidad de procesamiento continúa siendo variable y con tiempos máximos similares, la reducción significativa en el número de errores indica un avance sustancial en la calidad del procesamiento cognitivo.

Esta mejora en la precisión sin cambios significativos en la velocidad sugiere que el participante ha desarrollado estrategias para optimizar la discriminación entre estímulos, posiblemente a través de una mejor retención de las reglas de la tarea en la memoria de trabajo. El mantenimiento de tiempos elevados podría reflejar una estrategia compensatoria consciente, dedicando más tiempo al procesamiento para asegurar respuestas correctas.

La evolución observada es consistente con un aprendizaje efectivo de las demandas específicas de la tarea, aunque persistiendo cierta limitación en la velocidad de procesamiento, característica frecuente en personas con síndrome de Down.

El participante0002 exhibió en su primera evaluación tiempos de respuesta consistentemente elevados, con varios estímulos alcanzando valores próximos a los 2000ms como se observa en la **figura 34**. Los tiempos altos en estímulos “go” indican respuestas lentas pero correctas, mientras que en estímulos “no-go” los tiempos cercanos a 2000ms

representan correctas inhibiciones de respuesta. Es notable que en algunos estímulos “no-go” se observan tiempos cortos, lo que indica que el participante respondió incorrectamente cuando debía inhibirse.

En cuanto al patrón de errores (**figura 35**), el gráfico muestra barras con valor “1” que representan respuestas incorrectas. El participante0002 muestra una cantidad significativa de fallos distribuidos a lo largo de diferentes tipos de estímulos. Particularmente notable es la presencia de errores en estímulos “no-go” (errores de comisión), lo que confirmó la dificultad para inhibir respuestas cuando se requiere. Así mismo presentó algunos errores de omisión en estímulos “go” donde no respondió cuando debía hacerlo. Su desempeño reflejó un sistema de control inhibitorio aún en desarrollo, con dificultades para mantener las reglas de la tarea en la memoria de trabajo y aplicarlas consistentemente durante la evaluación.



Figura 34. Gráfico de tiempo por estímulo obtenido por el participante0002 en la primera sesión

Fuente: elaboración propia.



Figura 35. Gráfico de error por estímulo obtenido por el participante0002 en la primera sesión

Fuente: elaboración propia.

La evolución del participante0002 reflejó una mayor consistencia en sus tiempos de respuesta durante la última sesión como se observa en la **figura 36**. Aunque mantiene valores elevados en general, se observa una distribución más equilibrada entre estímulos “go” y “no-go”. En los estímulos “go”, los tiempos altos pero menores a 2000ms representan respuestas correctas, aunque lentas, mientras que los tiempos de 2000ms en “no-go” indican una correcta inhibición.

En cuanto a los errores, **la figura 37** muestra que las barras con valor “1” (respuestas incorrectas) son ligeramente menos numerosas en comparación con la primera sesión. Sin embargo, persisten dificultades significativas en la inhibición de respuestas ante estímulos “no-go” (errores de comisión donde respondió cuando debía inhibirse), como se evidencia por las barras de error presentes en estos estímulos. Este patrón indicó que, a pesar de la mejoría general, el control inhibitorio sigue siendo un área de dificultad específica para este participante, requiriendo posiblemente intervenciones adicionales focalizadas en este aspecto.



Figura 36. Gráfico de tiempo por estímulo obtenido por el participante0002 en la última sesión

Fuente: elaboración propia.



Figura 37. Gráfico de error por estímulo obtenido por el participante0002 en la última sesión

Fuente: elaboración propia.

El análisis comparativo del participante0002 muestra una evolución moderada pero significativa. La mayor consistencia en sus tiempos de respuesta entre la primera y última sesión podría indicar un desarrollo en la estabilidad del procesamiento cognitivo, aspecto fundamental para un funcionamiento ejecutivo eficiente.

Su reducción moderada de errores, particularmente en algunos estímulos específicos, reveló un aprendizaje gradual de las reglas de discriminación. Sin embargo, la persistencia de dificultades significativas en la inhibición de respuestas ante estímulos “no-go” señala un área que requiere atención continuada. Este patrón es consistente con la literatura sobre síndrome de Down, que frecuentemente reporta dificultades específicas en aspectos inhibitorios

del funcionamiento ejecutivo.

La evolución observada sugiere que el participante0002 se beneficiaría de intervenciones adicionales específicamente dirigidas al fortalecimiento del control inhibitorio, posiblemente incorporando elementos de dificultad progresiva para estimular gradualmente esta capacidad.

La evaluación inicial del participante0003 como se muestra en la **figura 38**, reveló tiempos de respuesta moderados en comparación con los otros participantes, aunque sigue presentando variabilidad significativa. Su tiempo máximo alcanza aproximadamente los 2000ms en un estímulo “go”, pero en general, mantiene valores más estables entre estímulos similares. En los estímulos “go”, tiempos altos pero inferiores a 2000ms indican respuestas correctas pero lentas, mientras que en los “no-go”, tiempos cercanos a 2000 ms indican una correcta inhibición. Esta relativa estabilidad podría señalar una base atencional ligeramente más desarrollada que la de sus compañeros.

Sin embargo, el análisis del gráfico de errores (**figura 39**) muestra barras con valor “1” que representan respuestas incorrectas, distribuidas en diferentes estímulos, tanto “go” como “no-go”. Este patrón indica que, a pesar de la mayor estabilidad en tiempos de respuesta, el participante0003 presentó dificultades similares a los demás en cuanto a la discriminación adecuada entre tipos de estímulos.



Figura 38. Gráfico de tiempo por estímulo obtenido por el participante0003 en la primera sesión

Fuente: elaboración propia.



Figura 39. Gráfico de error por estímulo obtenido por el participante0003 en la primera sesión
Fuente: elaboración propia.

En su sesión final (**figura 40**), el participante0003 presentó una distribución de tiempos de respuesta notablemente más equilibrada. Aunque mantiene algunos valores elevados en estímulos “go” (indicando respuestas correctas pero lentas), también muestra respuestas más rápidas en ciertos estímulos, lo que sugiere una mejora en la eficiencia del procesamiento cognitivo. Los tiempos cercanos a 2000ms en estímulos “no-go” representan correctas inhibiciones de respuesta.

El análisis del gráfico de errores, donde las barras con valor “1” indican respuestas incorrectas, muestra una evolución favorable con menos barras presentes, señalando una reducción en el número total de fallos como se muestra en la **figura 41**. Además, estos errores (tanto de omisión en “go” como de comisión en “no-go”) parecen concentrarse en estímulos específicos en lugar de distribuirse ampliamente como en la primera sesión.



Figura 40. Gráfico de tiempo por estímulo obtenido por el participante0003 en la última sesión
Fuente: elaboración propia.



Figura 41. Gráfico de error por estímulo obtenido por el participante0003 en la última sesión

Fuente: elaboración propia.

La comparación entre sesiones para el participante0003 reveló una de las evoluciones más completas entre los cuatro participantes. La mayor estabilidad en sus tiempos de respuesta, combinada con una notable reducción en el número de errores, indicó un desarrollo armónico de varios componentes del funcionamiento ejecutivo.

El equilibrio mejorado entre velocidad y precisión sugiere un refinamiento en la asignación de recursos cognitivos según las demandas específicas de cada estímulo. Esta flexibilidad es un indicador positivo de desarrollo neuropsicológico, ya que refleja la capacidad de adaptar el procesamiento según el contexto, componente sofisticado del control ejecutivo.

En la **figura 42**, se observa que, durante la primera sesión, el participante0004 se caracterizó por presentar tiempos de respuesta generalmente más bajos que el resto de participantes, con valores máximos cercanos a los 1700ms. En los estímulos “go”, estos tiempos indican respuestas correctas relativamente rápidas, mientras que los tiempos bajos en estímulos “no-go” representan fallos en la inhibición (respondió cuando no debía). Sus tiempos muestran una menor dispersión, sugiriendo un procesamiento cognitivo más homogéneo y posiblemente una mayor consistencia en el mantenimiento de la atención durante la tarea.

El análisis del gráfico de errores (**figura 43**), donde las barras con valor “1” indican respuestas incorrectas, revela que comete fallos en estímulos específicos, con un predominio en los estímulos “no-go” (errores de comisión). Esta concentración de errores sugiere una dificultad particular en el proceso de inhibición conductual, mientras que muestra un mejor desempeño en la activación de respuestas ante estímulos “go” (pocos errores de omisión). Este patrón es consistente con un perfil en el que la impulsividad supera a los problemas de iniciación de respuesta, indicando un déficit específico en el control inhibitorio más que un problema generalizado de control ejecutivo.

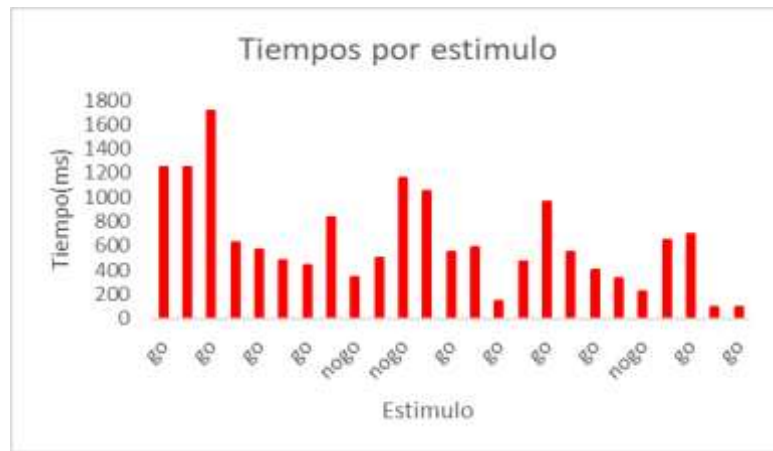


Figura 42. Gráfico de tiempo por estímulo obtenido por el participante0004 en la primera sesión

Fuente: elaboración propia.



Figura 43. Gráfico de error por estímulo obtenido por el participante0004 en la primera sesión

Fuente: elaboración propia.

La última evaluación del participante0004 como se muestra en la **figura 44**, reveló un cambio interesante en su patrón de respuesta. Sus tiempos han aumentado en comparación con la primera sesión, con varios picos cercanos a los 2000ms en estímulos “go” (indicando respuestas correctas, pero más lentas), mientras que los tiempos de 2000ms en estímulos “no-go” representan inhibiciones correctas. También mantiene respuestas rápidas en algunos estímulos “go”. Este cambio podría reflejar una adaptación estratégica, priorizando la precisión sobre la velocidad en aquellos estímulos que requieren un procesamiento más cuidadoso.

El cambio más significativo se observa en el gráfico de errores (**figura 45**), donde las barras con valor “1” que representan respuestas incorrectas son notablemente menos numerosas, evidenciando una marcada reducción en el número de fallos. Esta mejora es particularmente notable en los estímulos “no-go”, donde anteriormente cometía numerosos errores de comisión (respondía cuando debía inhibirse). La reducción de estas barras de error sugiere un avance importante en el control inhibitorio, indicando que la intervención ha sido especialmente beneficiosa para abordar el perfil de impulsividad inicial que presentaba este participante.

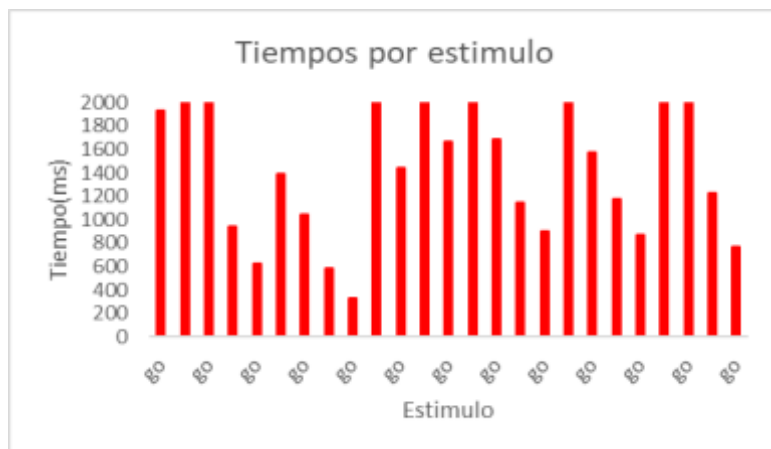


Figura 44. Gráfico de tiempos por estímulo obtenido por el participante0004 en la última sesión
Fuente: elaboración propia.

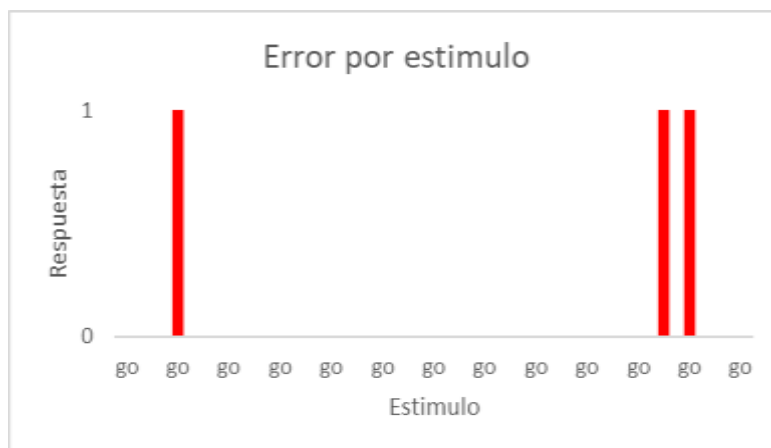


Figura 45. Gráfico de error por estímulo obtenido por el participante0004 en la última sesión
Fuente: elaboración propia.

El participante0004 presenta quizás la evolución más interesante desde una perspectiva cualitativa. El aumento en sus tiempos de respuesta entre la primera y última sesión, combinado con una marcada reducción en el número de errores, indicó un cambio estratégico fundamental en su abordaje de la tarea.

La notable reducción de errores, especialmente en los estímulos “no-go” que constituían su principal dificultad inicial, indica que la intervención ha sido especialmente efectiva para abordar su perfil específico de dificultades. Este tipo de respuesta personalizada a la intervención subraya la importancia de considerar los perfiles cognitivos individuales al diseñar programas terapéuticos para niños con síndrome de Down.

4.3.4 Test de clasificación de cartas de Wisconsin

Respecto al Test de clasificación de cartas de Wisconsin, cabe señalar que, dada su complejidad, no pudo ser implementado satisfactoriamente a pesar de múltiples intentos tanto en la primera como en la última sesión de evaluación. La naturaleza multidimensional de este instrumento, que evalúa simultáneamente funciones ejecutivas como la flexibilidad cognitiva, el razonamiento abstracto y la capacidad para generar y modificar estrategias según la retroalimentación recibida, resultó excesivamente desafiante en comparación con los dos test anteriores. Los

participantes mostraron dificultades significativas para comprender las reglas cambiantes del test y mantener el nivel de atención requerido durante el tiempo necesario para completar la evaluación, lo que impidió obtener datos válidos y fiables que pudieran ser integrados en el análisis comparativo del estudio. Esta situación refleja la importancia de ajustar adecuadamente el nivel de complejidad de los instrumentos de evaluación a las características de la población estudiada.

4.4 Análisis sistemático de los resultados obtenidos a partir de los juegos serios

A continuación, se presenta un análisis sistemático de los resultados obtenidos a lo largo de las diez sesiones de intervención terapéutica para los juegos serios “FeatherAdventure” y “SprayGarden”, al igual que las ocho sesiones terapéuticas del juego “Secuencia de dedos” con los participantes del estudio. Los gráficos de dispersión (figuras 26 a 53) generados a partir de los datos recopilados durante la interacción con los juegos serios permiten visualizar de manera estructurada la evolución individual en diferentes aspectos evaluados. Estas representaciones gráficas facilitan la identificación de patrones de progresión en las funciones ejecutivas trabajadas: control inhibitorio, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva, revelando tanto tendencias generales como particularidades de cada caso. Los gráficos de dispersión muestran la trayectoria de aprendizaje de los participantes desde la primera hasta la última sesión, permitiendo observar no solo los cambios en el rendimiento, sino también los momentos críticos de adaptación y avance en el proceso terapéutico.

La visualización de datos mediante estos gráficos proporciona una perspectiva objetiva sobre el impacto de la intervención, complementando las observaciones cualitativas realizadas durante las sesiones. Esta información resulta valiosa tanto para la evaluación de la efectividad de los juegos serios como herramientas terapéuticas, como para la identificación de áreas específicas que requieren mayor atención en futuras intervenciones.

4.4.1 Juego serio “FeatherAdventure”

A continuación, se muestran las gráficas de dispersión correspondientes a los resultados de los cuatro participantes, donde se visualiza el promedio de puntuación y el promedio de tiempo obtenidos durante las diez intervenciones terapéuticas con “FeatherAdventure”.

En la **figura 46** se observa que el participante0001 comenzó con un rendimiento bajo (aproximadamente 0,8 puntos) en las dos primeras sesiones, lo que indicó una fase inicial de familiarización con el juego. A partir de la sesión 3, se aprecia un incremento significativo, alcanzando un pico de rendimiento en la sesión 4 (aproximadamente 3,4 puntos).

Posteriormente, hay una caída en el rendimiento hasta la sesión 6, donde se estabiliza alrededor de 2,0 puntos. A partir de la sesión 7, se observa una recuperación que culmina en un segundo pico en la sesión 8 (aproximadamente 3,2 puntos), seguido de otra caída en la sesión 9 y una recuperación en la sesión 10. Este patrón sugiere un proceso de aprendizaje no lineal, con períodos de mejora seguidos de retrocesos, indicando que el participante0001 desarrolló progresivamente sus habilidades en el juego serio, aunque con cierta inconsistencia que podría atribuirse a cambios en los niveles de dificultad.

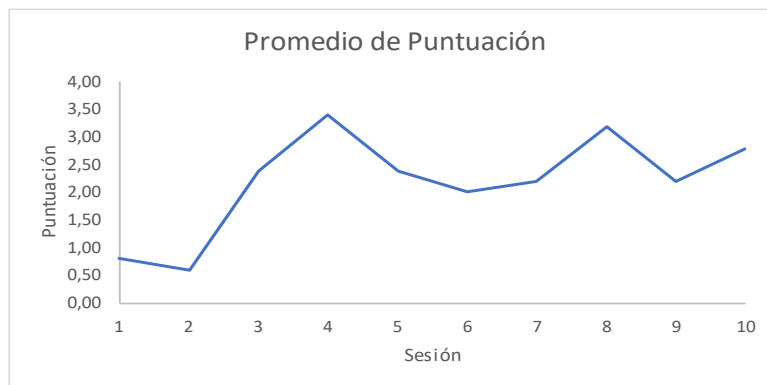


Figura 46. Gráfica del promedio de puntuación obtenido por el participante0001 en el juego serio “FeatherAdventure”

Fuente: elaboración propia.

En la **figura 47** se observa que los tiempos del participante0001 oscilan entre aproximadamente 60 y 80 segundos por sesión. El participante0001 comenzó con un tiempo moderado (alrededor de 65 segundos) en la primera sesión, experimentando pequeñas variaciones en las primeras sesiones.

La sesión 4 marcó un pico en el tiempo invertido (casi 80 segundos), coincidiendo con el pico de puntuación observado en el primer gráfico. Esto sugiere que el mayor tiempo dedicado resultó en mejor rendimiento. Después hay una tendencia descendente hasta la sesión 7 (aproximadamente 60 segundos), seguida de otro pico en la sesión 8 (cerca de 80 segundos), nuevamente coincidiendo con un pico de puntuación. Las últimas dos sesiones muestran una estabilización alrededor de los 70-75 segundos.

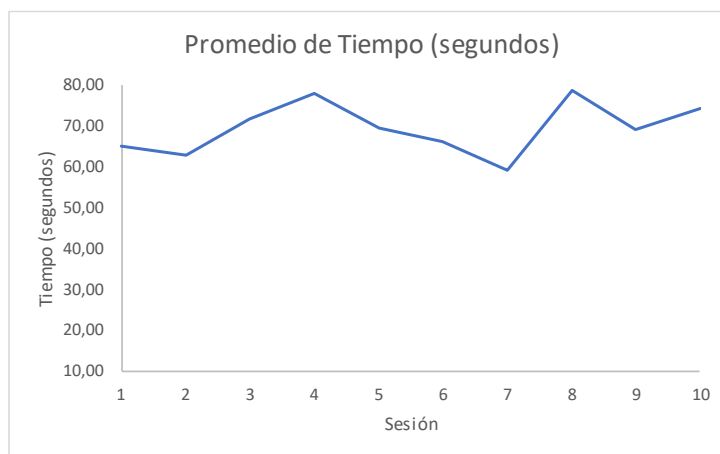


Figura 47. Gráfica del promedio de tiempo obtenido por el participante0001 en el juego serio “FeatherAdventure”

Fuente: elaboración propia.

En la **figura 48** se observa que el participante0002 comenzó con una puntuación baja (aproximadamente 1,0 punto) en la primera sesión, indicando un nivel inicial de familiarización con el juego. En las sesiones 2 y 3 se aprecia un incremento constante y significativo, alcanzando cerca de 2,8 puntos, lo que sugiere una rápida curva de aprendizaje.

La sesión 5 marca el punto máximo de rendimiento (aproximadamente 3,8 puntos), seguido de un descenso gradual hasta la sesión 8, donde alcanza su punto más bajo desde la tercera sesión (aproximadamente 2,4 puntos). Las sesiones 9 y 10 muestran una clara recuperación, terminando con una tendencia ascendente pronunciada y alcanzando cerca de 3,6 puntos en la última sesión. Este patrón sugiere que tras una fase de aprendizaje inicial exitosa y un pico de

rendimiento, el participante0002 experimentó un período de meseta, pero finalmente logró recuperar y consolidar su rendimiento en las últimas sesiones.

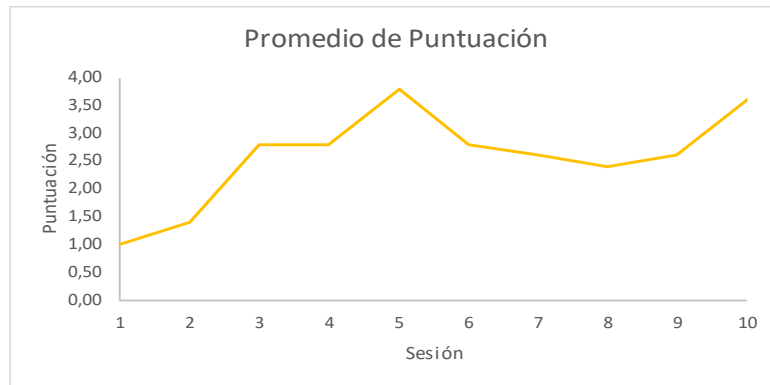


Figura 48. Gráfica del promedio de puntuación obtenido por el participante0002 en el juego serio “FeatherAdventure”

Fuente: elaboración propia.

La **figura 49** muestra que la trayectoria comenzó con un tiempo relativamente bajo (aproximadamente 53 segundos) en la primera sesión, seguido de un aumento significativo hasta la sesión 2 (cerca de 80 segundos).

Destaca especialmente el pico pronunciado en la sesión 5 (aproximadamente 110 segundos), que coincide exactamente con el pico de puntuación observado en el primer gráfico. Este dato sugiere una relación directa entre el tiempo invertido y el rendimiento obtenido en esta sesión particular. Tras este máximo, se observa una caída en el tiempo de juego hasta la sesión 6 (cerca de 70 segundos), seguida de una disminución más gradual hasta la sesión 8 (aproximadamente 62 segundos). Las últimas dos sesiones muestran un repunte en el tiempo dedicado, alcanzando cerca de 80 segundos en la sesión 10, lo que también coincide con la mejora en la puntuación.

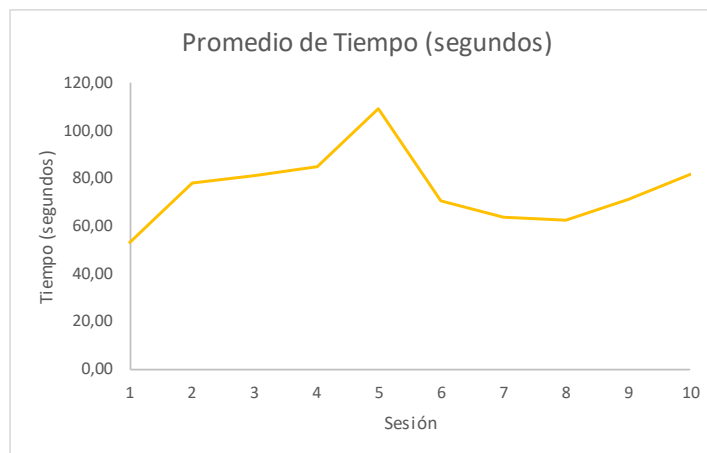


Figura 49. Gráfica del promedio de tiempo obtenido por el participante0002 en el juego serio “FeatherAdventure”

Fuente: elaboración propia.

En la **figura 50** se aprecia que el participante0004 inició con un rendimiento modesto (aproximadamente 1,5 puntos) en la primera sesión y muestra una progresión constante y ascendente hasta la sesión 6, donde alcanza un primer pico significativo de aproximadamente 4,4 puntos.

En la sesión 7 se observa una caída notable en el rendimiento (hasta aproximadamente 3,4 puntos), lo que podría

indicar un aumento en la dificultad del juego o un momento de adaptación a nuevas mecánicas. Sin embargo, a partir de ese punto, el participante demuestra una impresionante capacidad de recuperación, con un aumento constante en las puntuaciones hasta alcanzar el máximo de aproximadamente 5,2 puntos en la sesión 10. Esta tendencia indicó un proceso de aprendizaje sólido y consistente, con una clara curva de mejora a lo largo de toda la experiencia de juego.

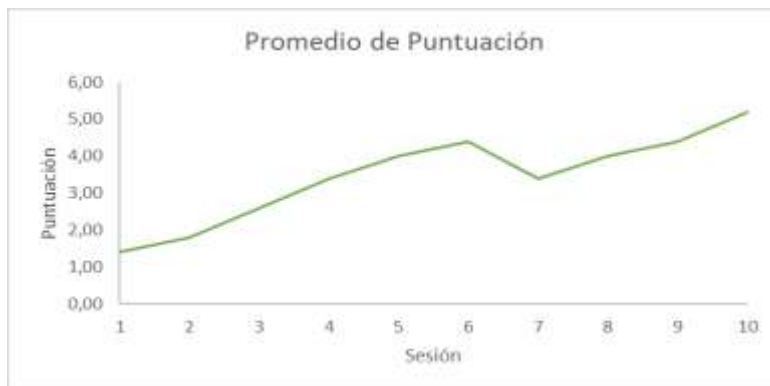


Figura 50. Gráfica del promedio de puntuación obtenido por el participante0003 en el juego serio “FeatherAdventure”

Fuente: elaboración propia.

En la **figura 51** se observa que el participante0003 comenzó invirtiendo aproximadamente 65 segundos en la primera sesión, con un incremento gradual hasta la sesión 5, donde alcanza un primer pico de aproximadamente 100 segundos.

Tras este pico, hay una disminución del tiempo invertido hasta la sesión 7 (aproximadamente 75 segundos), seguida de un notable aumento en la sesión 8 (aproximadamente 105 segundos). Las últimas sesiones muestran una tendencia claramente ascendente, culminando en la sesión 10 con el máximo tiempo registrado (aproximadamente 125 segundos).

Es interesante observar que el patrón de tiempo dedicado muestra cierta correlación con el rendimiento en puntuación, particularmente en las últimas sesiones donde tanto el tiempo invertido como las puntuaciones aumentan de manera constante. Esto sugiere que el participante0003 desarrolló un enfoque más completo del juego, dedicando más tiempo a cada sesión para maximizar su rendimiento, lo que se refleja en las puntuaciones excepcionales obtenidas en las sesiones finales.

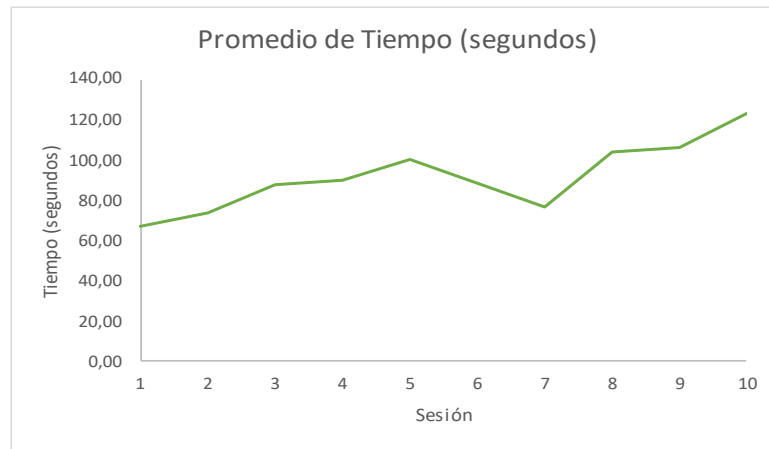


Figura 51. Gráfica del promedio de tiempo obtenido por el participante0003 en el juego serio “FeatherAdventure”

Fuente: elaboración propia.

La **figura 52** muestra que el participante0004 comenzó con una puntuación baja pero estable (aproximadamente 1,4 puntos) durante las dos primeras sesiones, lo que indica una fase inicial de familiarización con las mecánicas del juego. En la sesión 3 se observa el primer incremento significativo hasta aproximadamente 2,0 puntos, seguido de una ligera disminución en la sesión 4.

A partir de la sesión 5, el rendimiento muestra un aumento considerable, alcanzando un nivel de aproximadamente 3,4 puntos en la sesión 6, valor que se mantiene en la sesión 7. En la sesión 8 se aprecia una pequeña caída de rendimiento (a aproximadamente 3,0 puntos), seguida de una recuperación en la sesión 9, donde se registra el pico máximo de puntuación (aproximadamente 3,6 puntos). La sesión final muestra una ligera disminución, pero manteniendo un nivel elevado (aproximadamente 3,4 puntos). Este patrón indicó una curva de aprendizaje positiva, con una mejora significativa después de las primeras sesiones y una estabilización en valores altos hacia el final de la experiencia.



Figura 52. Gráfica del promedio de puntuación obtenido por el participante0004 en el juego serio “FeatherAdventure”

Fuente: elaboración propia.

En la **figura 53** se observa que, en las primeras cinco sesiones, el tiempo invertido se mantiene relativamente estable, fluctuando entre 65 y 70 segundos, con un ligero incremento gradual.

Un cambio notable ocurre en la sesión 6, donde el tiempo aumenta significativamente hasta aproximadamente 87 segundos, coincidiendo con el incremento en puntuación observado en el primer gráfico. Tras un descenso gradual en las sesiones 7 y 8 (llegando a aproximadamente 73 segundos), las dos últimas sesiones muestran un nuevo aumento

sustancial, alcanzando aproximadamente 90 segundos en la sesión 9 y 93 segundos en la sesión 10.



Figura 53. Gráfica del promedio de tiempo obtenido por el participante0004 en el juego serio “FeatherAdventure”

Fuente: elaboración propia.

4.4.2 Juego serio “SprayGarden”

A continuación, se muestran las gráficas de dispersión correspondientes a los resultados de los cuatro participantes, donde se visualiza el promedio de puntuación y el promedio de tiempo obtenidos durante las diez intervenciones terapéuticas con “SprayGarden”.

En la **figura 54** se observa que el participante comenzó con una puntuación moderada de aproximadamente 2.0 en la primera sesión, seguida de una caída notable en la segunda sesión hasta un mínimo de aproximadamente 1.3. A partir de ese punto, se evidencia una tendencia general de mejora progresiva con algunas fluctuaciones. Entre las sesiones 3 y 6, la puntuación se estabilizó alrededor de 2.0-2.3. A partir de la sesión 7, se registra un incremento considerable y sostenido hasta alcanzar el máximo rendimiento en la sesión 9 con una puntuación cercana a 4.0. Sin embargo, en la última sesión (10) se produjo un descenso significativo, terminando en aproximadamente 3.0 puntos.

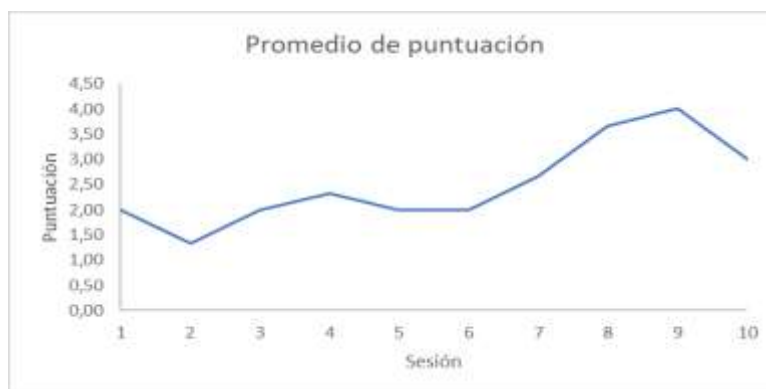


Figura 54. Gráfica del promedio de puntuación obtenido por el participante0001 en el juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.

En la **figura 55** considerando que el tiempo máximo permitido fue de 180 segundos durante las sesiones 1-7 y 120 segundos durante las sesiones 8-10, observamos patrones interesantes. El participante inició utilizando aproximadamente 120 segundos, reduciendo ligeramente su tiempo en las sesiones 2 y 3 (alrededor de 105 segundos).

A partir de la sesión 4, se evidencia un aumento considerable en el tiempo utilizado, llegando a su punto máximo en la sesión 7 con aproximadamente 160 segundos, muy cerca del límite establecido de 180 segundos. Tras la reducción del tiempo máximo permitido a 120 segundos en la sesión 8, se observa una caída abrupta en el tiempo utilizado, estabilizándose entre 105-115 segundos en las sesiones finales.



Figura 55. Gráfica del promedio de tiempo obtenido por el participante0001 en el juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.

En la **figura 56** se muestra un patrón de rendimiento altamente variable. El participante0002 comenzó con una puntuación moderada de aproximadamente 2.5 en la sesión 1, seguida de un incremento en la sesión 2 hasta cerca de 3.0 puntos. Sin embargo, en la sesión 3 se observa una marcada caída hasta aproximadamente 1.6 puntos. A partir de ese momento, muestra una notable recuperación con un ascenso pronunciado que alcanza su máximo rendimiento en la sesión 5 con aproximadamente 4.0 puntos, representando el pico de desempeño en todo el periodo evaluado. Después de este punto, se evidencia una dramática disminución durante las sesiones 6 y 7, llegando a su puntuación más baja (aproximadamente 1.3) en la sesión 7. En las últimas tres sesiones (8-10), se observa una recuperación gradual y constante, finalizando con aproximadamente 3.0 puntos en la sesión 10. Este patrón sugirió una considerable inconsistencia en el rendimiento, posiblemente relacionada con factores como motivación variable o dificultad para mantener la concentración.

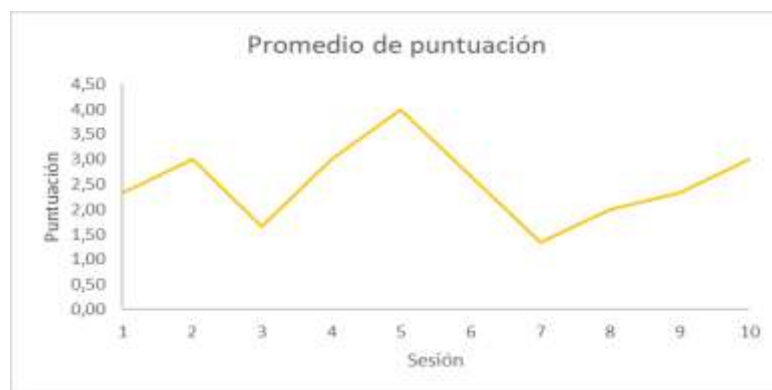


Figura 56. Gráfica del promedio de puntuación obtenido por el participante0002 en el juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.

La **figura 57** muestra también fluctuaciones significativas. El participante0002 inició utilizando aproximadamente 120 segundos en la primera sesión, aumentando considerablemente hasta aproximadamente 160 segundos en la sesión

2. En la sesión 3 se observa una notable disminución hasta aproximadamente 105 segundos, seguida por un incremento gradual en la sesión 4. La sesión 5 marca el punto máximo de tiempo utilizado, alcanzando cerca de 180 segundos, que coincide con el límite de tiempo establecido para las primeras siete sesiones. Las sesiones 6 y 7 muestran un ligero descenso, pero manteniendo valores elevados entre 155-160 segundos. A partir de la sesión 8, cuando el tiempo máximo permitido se redujo a 120 segundos, se observa una caída hasta aproximadamente 120 segundos, valor que se mantiene constante durante las últimas tres sesiones. Esta evolución temporal mostró que el participante0002 aprovechó casi en su totalidad el tiempo disponible durante las sesiones intermedias, posiblemente explorando más detenidamente el juego, y luego se adaptó eficientemente a la nueva restricción en las últimas sesiones.



Figura 57. Gráfica del promedio de tiempo obtenido por el participante0002 en el juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.

En la **figura 58** se muestra una tendencia predominantemente positiva y ascendente. El participante0003 inició con una puntuación relativamente baja de aproximadamente 2.0 en la primera sesión, experimentando luego un incremento constante y progresivo durante las primeras cinco sesiones, donde alcanzó su máximo rendimiento con una puntuación cercana a 4.7. Este patrón sugiere un sólido y efectivo proceso de aprendizaje durante la primera mitad del experimento. Después de alcanzar este pico, se observa una disminución gradual en las sesiones 6 y 7, donde la puntuación descendió hasta aproximadamente 3.3. Sin embargo, a partir de la sesión 8 se evidencia una nueva fase de recuperación, con un ascenso sostenido hasta finalizar con aproximadamente 4.3 puntos en la sesión 10. A diferencia de los participantes anteriores, el participante0003 mostró una curva de aprendizaje más consistente y exitosa, con una única fase de declive que logró superar en las sesiones finales, terminando con un rendimiento significativamente superior a la inicial.

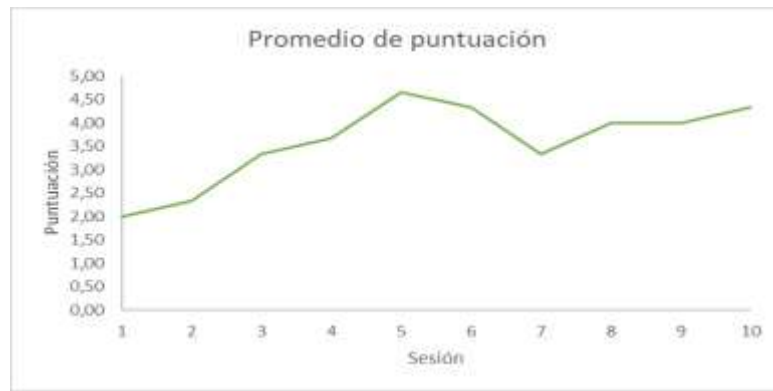


Figura 58. Gráfica del promedio de puntuación obtenido por el participante0003 en el juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.

La **figura 59** presenta un patrón interesante que refleja un aprovechamiento casi completo del tiempo disponible durante la mayor parte de las intervenciones terapéuticas. El participante0003 comenzó utilizando aproximadamente 145 segundos en las dos primeras sesiones, para luego incrementar notablemente su tiempo hasta alcanzar el máximo permitido de 180 segundos a partir de la sesión 3. Este tiempo se mantuvo prácticamente constante durante las sesiones 3-5, con una ligera disminución en la sesión 6 (aproximadamente 175 segundos) y un nuevo incremento hasta casi 180 segundos en la sesión 7. Este patrón sugirió que el participante0003 aprovechó casi la totalidad del tiempo disponible durante las primeras siete sesiones, posiblemente concentrándose intensamente en la tarea.

Tras la reducción del tiempo máximo permitido a 120 segundos en la sesión 8, se observa una adaptación inmediata, manteniéndose en aproximadamente 120 segundos durante las tres últimas sesiones. Este comportamiento, junto con su mejora constante en la puntuación, indicó un aprovechamiento eficiente del tiempo disponible y sugiere un alto nivel de compromiso y dedicación a la tarea propuesta.



Figura 59. Gráfica del promedio de tiempo obtenido por el participante0003 en el juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.

La **figura 60** exhibe un patrón altamente variable y oscilante. El participante0004 comenzó con un rendimiento sobresaliente de aproximadamente 5.0 puntos en la primera sesión, lo que representa el valor más alto registrado al inicio entre todos los participantes analizados. Sin embargo, experimentó una caída significativa en la sesión 2, descendiendo hasta aproximadamente 3.0 puntos. En la sesión 3 logró una notable recuperación, alcanzando cerca de

4.7 puntos, solo para volver a caer drásticamente en la sesión 4 hasta aproximadamente 2.3 puntos, marcando su puntuación más baja en todo el experimento. Las sesiones 5 y 6 muestran una importante fase de mejora, con un ascenso pronunciado hasta alcanzar nuevamente los 5.0 puntos en la sesión 6, igualando su rendimiento inicial. A partir de ese punto, se observa otra tendencia descendente hasta la sesión 8, donde se estabiliza alrededor de 2.7 puntos durante las sesiones 8 y 9, finalizando con una leve recuperación en la sesión 10 con aproximadamente 3.0 puntos. Este patrón de rendimiento tan fluctuante indicó inconsistencia en la concentración, motivación variable o dificultades para mantener estrategias exitosas a lo largo del tiempo.

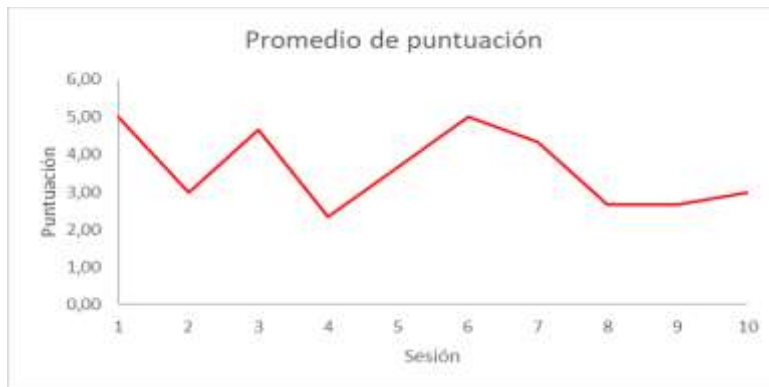


Figura 60. Gráfica del promedio de puntuación obtenido por el participante0004 en el juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.

La **figura 61** refleja un comportamiento bastante variable. El participante0004 inició utilizando aproximadamente 155 segundos en la primera sesión, mostrando luego una marcada disminución hasta aproximadamente 120 segundos en la sesión 2. A partir de la sesión 3, se observa un notable incremento hasta aproximadamente 170 segundos, manteniéndose en valores elevados con ligeras fluctuaciones durante las sesiones 4-7, y alcanzando su punto máximo en la sesión 6 con aproximadamente 180 segundos, que coincide con el límite establecido para las primeras siete sesiones. Este período coincide parcialmente con sus mejores puntuaciones, sugiriendo una posible relación entre mayor tiempo de dedicación y mejor rendimiento. Tras la reducción del tiempo máximo permitido a 120 segundos en la sesión 8, se observa una adaptación inmediata, manteniéndose alrededor de 115-120 segundos durante las tres últimas sesiones. Es interesante notar que el patrón temporal no muestra una correlación perfecta con el rendimiento, ya que algunas de sus mejores puntuaciones (como en la sesión 1) se lograron sin utilizar todo el tiempo disponible, mientras que en otras ocasiones utilizó casi todo el tiempo permitido sin alcanzar puntuaciones igualmente altas.



Figura 61. Gráfica del promedio de tiempo obtenido por el participante0004 en el juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.

4.4.3 Juego serio “Secuencia de dedos”

A continuación, se presentan las gráficas de dispersión correspondientes a los resultados de los cuatro participantes, en las cuales se visualizan el promedio de aciertos, el promedio de desaciertos y el promedio de tiempo registrados durante las ocho sesiones terapéuticas con el juego “Secuencia de dedos”. Es importante aclarar que, debido a las dificultades de los participantes para mover de forma individual cada uno de sus dedos, únicamente se seleccionaron secuencias en las que se debía bajar un solo dedo.

En la **figura 62** el participante0001 muestra una clara tendencia de mejora en su cantidad de aciertos a lo largo de las 8 sesiones. Comenzó con aproximadamente 4 aciertos en la primera sesión y alcanzó cerca de 10 aciertos en la octava sesión. Se observa un patrón irregular con una caída notable en la tercera sesión después de una mejora inicial, seguido por un aumento constante hasta la quinta sesión. Entre las sesiones 5 y 7 hay una leve meseta, para luego mostrar otra mejora importante en la última sesión.

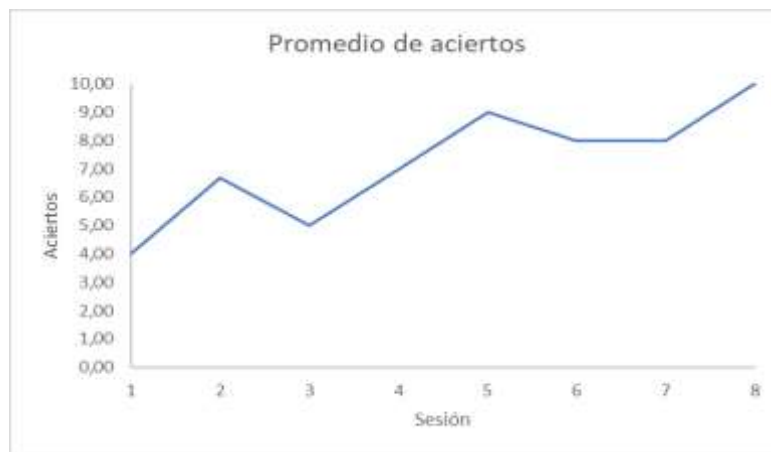


Figura 62. Gráfica del promedio de aciertos obtenidos por el participante0001 en el juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los desaciertos, en la **figura 63** se observa una tendencia ascendente. El participante0001 comenzó con un nivel bajo de aproximadamente 0.7 desaciertos en las dos primeras sesiones, pero este valor fue aumentando progresivamente hasta alcanzar un pico de casi 3.7 en la sexta sesión. Hubo una mejora en la séptima sesión (reducción a aproximadamente 2.3), pero los desaciertos volvieron a aumentar ligeramente en la octava sesión.

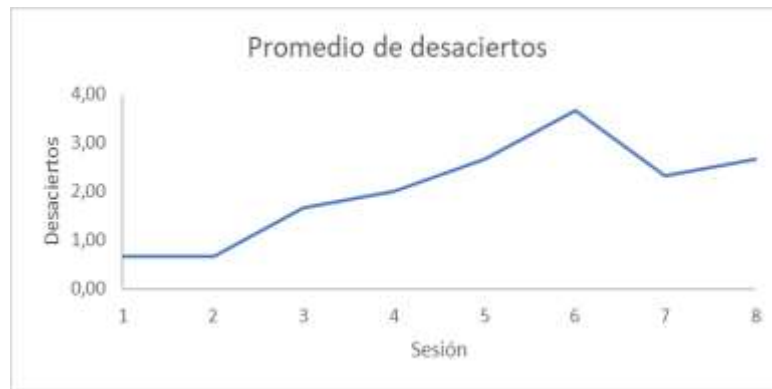


Figura 63. Gráfica del promedio de desaciertos obtenidos por el participante0001 en el juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia.

En la **figura 64** se muestra que el participante0001 inicialmente aumentó su tiempo de reacción (de aproximadamente 8.5 segundos en la sesión 1 a casi 10 segundos en la sesión 2), pero luego logró reducirlo y mantenerlo relativamente estable en alrededor de 7.8 segundos desde la tercera sesión en adelante. Esta estabilización del tiempo de respuesta, combinada con el aumento en los aciertos, sugirió que el participante desarrolló una estrategia más eficiente para reconocer y responder a las secuencias presentadas en la pantalla, logrando un mejor equilibrio entre velocidad y precisión después de las sesiones iniciales de adaptación.

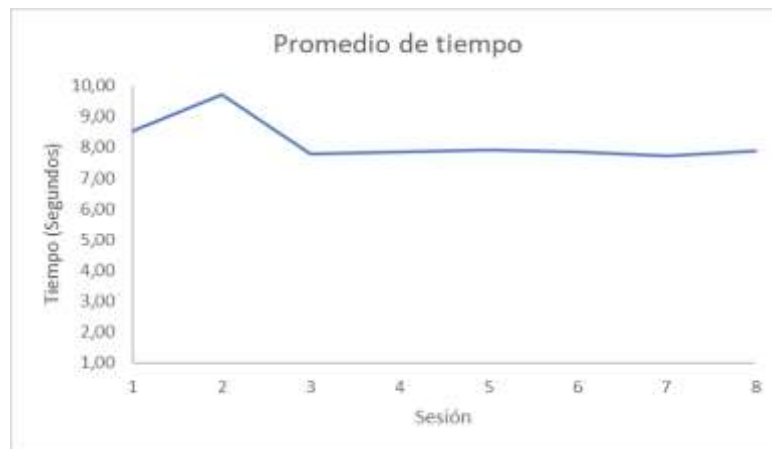


Figura 64. Gráfica del promedio de tiempo obtenido por el participante0001 en el juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia.

La **figura 65** muestra una evolución positiva. El participante0002 comenzó con aproximadamente 5.5 aciertos en la primera sesión, manteniendo un nivel similar hasta la cuarta sesión donde se observa un ligero descenso a 5 aciertos. A partir de la quinta sesión, se evidencia un salto notable alcanzando casi 10 aciertos, seguido de una pequeña caída en la sexta sesión a 8 aciertos, para luego mostrar una recuperación progresiva hasta alcanzar aproximadamente 9.7 aciertos en la octava sesión.

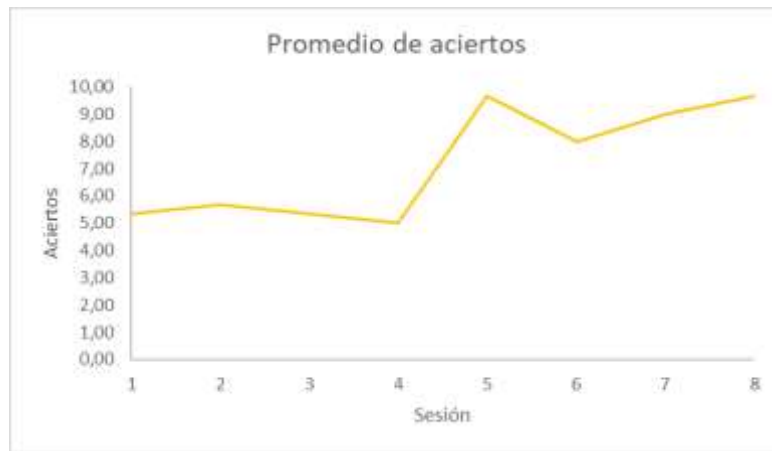


Figura 65. Gráfica del promedio de aciertos obtenidos por el participante0002 en el juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia.

En la **figura 66** se muestra que el participante0002 comenzó con aproximadamente 2.7 desaciertos en la primera sesión, valor que se mantuvo relativamente estable hasta la tercera sesión. En la cuarta sesión se presenta un pico de casi 3.7 desaciertos, seguido por una notable disminución a aproximadamente 1.3 en la quinta sesión, coincidiendo con el aumento significativo de aciertos. Posteriormente, los desaciertos aumentaron gradualmente hasta la séptima sesión (2.3), para finalmente disminuir a 1.5 en la octava sesión. Esta reducción final de desaciertos, combinada con el aumento de aciertos, sugirió una consolidación del aprendizaje y una mejor precisión en la ejecución de la tarea hacia el final del programa.

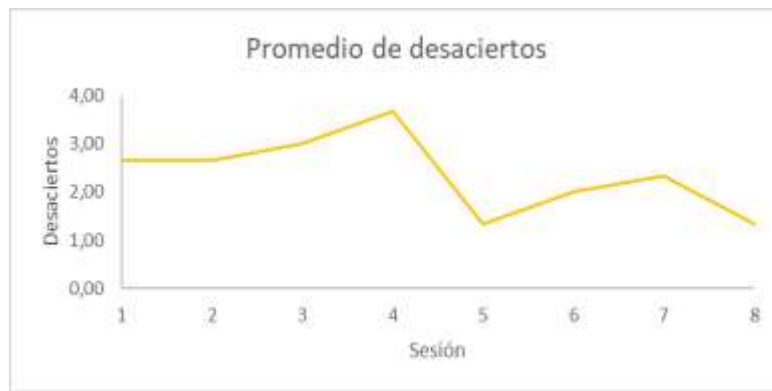


Figura 66. Gráfica del promedio de desaciertos obtenidos por el participante0002 en el juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia.

En cuanto al tiempo de respuesta, la **figura 67** muestra fluctuaciones. El tiempo promedio oscila entre 7.5 y 10 segundos. Se observa un pico notable en la cuarta sesión (10 segundos), que coincide con el mayor número de desaciertos, sugiriendo posibles dificultades del participante en esa sesión específica. Después de este pico, el tiempo se reduce significativamente en la quinta sesión (a 7.8 segundos), para luego mantener oscilaciones más moderadas en las sesiones restantes. El tiempo relativamente estable en las últimas sesiones, combinado con el aumento de aciertos y la disminución de desaciertos, indica que el participante logró desarrollar un equilibrio más eficiente entre velocidad y precisión hacia el final del programa.



Figura 67. Gráfica del promedio de tiempo obtenido por el participante0002 en el juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia.

La **figura 68** muestra una tendencia general decreciente. El participante0003 comenzó con un nivel relativamente alto de aproximadamente 6.7 aciertos en la primera sesión, experimentando una caída en la segunda sesión a 5.3 aciertos. Hubo una recuperación notable en la tercera sesión alcanzando 6.3 aciertos, pero a partir de allí se observa un declive gradual con algunas fluctuaciones menores en las sesiones intermedias, hasta llegar a aproximadamente 4.7 aciertos en la octava sesión. Este patrón indicó que el participante0003 experimentó factores como fatiga, pérdida de interés o dificultades crecientes con la tarea a medida que avanzaban las sesiones, resultando en un deterioro progresivo del rendimiento.

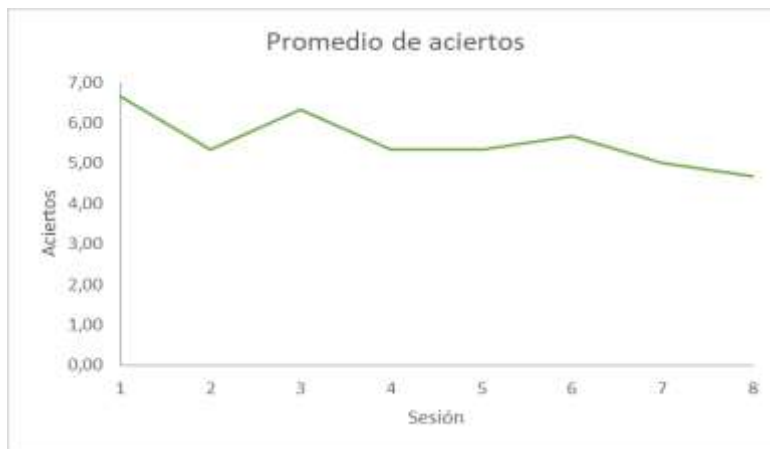


Figura 68. Gráfica del promedio de aciertos obtenidos por el participante0003 en el juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia.

El promedio de desaciertos muestra una tendencia ascendente, en la **figura 69** se muestra un nivel muy bajo de aproximadamente 0.7 desaciertos en la primera sesión. Se observa un incremento constante hasta la tercera sesión donde alcanza 2.7 desaciertos, valor que se mantiene estable hasta la quinta sesión. Hay una mejora notable en la sexta sesión con una reducción a 1.3 desaciertos, seguida por un nuevo aumento a 2.7 en la séptima sesión, para finalmente disminuir a 1.7 en la octava sesión. Este patrón fluctuante con tendencia al aumento de errores, combinado con la disminución de aciertos, reforzó la hipótesis de dificultades crecientes o posible disminución de la concentración del participante a lo largo de las intervenciones terapéuticas.



Figura 69. Gráfica del promedio de desaciertos obtenidos por el participante0003 en el juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia.

En la **figura 70** se muestra una tendencia generalmente ascendente, lo que indicó que el participante0003 fue tomando más tiempo para responder conforme avanzaban las sesiones. Comenzó con un tiempo promedio de 8 segundos en las primeras dos sesiones, aumentando gradualmente hasta 9.3 segundos en la cuarta sesión. Se observó una mejora significativa en la quinta sesión con una reducción a 7.3 segundos, seguida por un notable incremento a 10.5 segundos en la sexta sesión (el valor más alto). En las últimas dos sesiones se mantiene relativamente alto, finalizando en 10 segundos.



Figura 70. Gráfica del promedio de tiempo obtenido por el participante0003 en el juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia.

En la **figura 71** se observa un comportamiento positivo en general, con un aumento desde la primera hasta la tercera sesión, donde alcanza su punto máximo con aproximadamente 11.7 aciertos. Posteriormente, hay una ligera disminución en la cuarta y quinta sesión, estabilizándose alrededor de los 9.5 aciertos. Sin embargo, en la sexta sesión se presenta una nueva alza, alcanzando los 12 aciertos, el valor más alto registrado. A partir de allí, hay una leve disminución progresiva en las últimas dos sesiones, aunque se mantiene por encima de los 10 aciertos. Esta tendencia indica una mejora en el desempeño del participante0004, aunque con algunas fluctuaciones que podrían estar relacionadas con factores de atención.

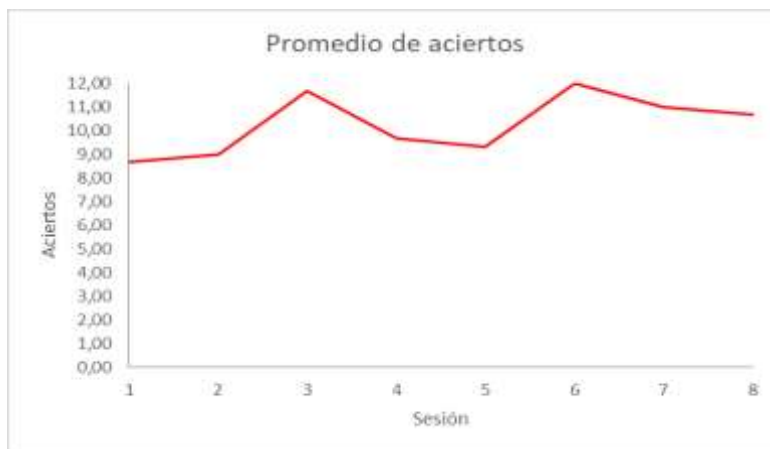


Figura 71. Gráfica del promedio de aciertos obtenidos por el participante0004 en el juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia

La **figura 72** muestra una tendencia general a la baja, lo cual es un indicador positivo del proceso de aprendizaje. Se parte con un promedio de 1 desacierto en las dos primeras sesiones. A partir de la tercera sesión se evidencia una importante reducción, alcanzando su punto más bajo en la sexta sesión con 0 desaciertos. No obstante, en la séptima sesión se observa un pequeño aumento a 0.67 desaciertos, seguido por una nueva disminución a 0.33 en la última sesión. Este comportamiento indicó una mejora sostenida en la precisión del participante, con una mínima cantidad de errores en las sesiones finales, lo que reflejó un mayor control cognitivo y motriz.

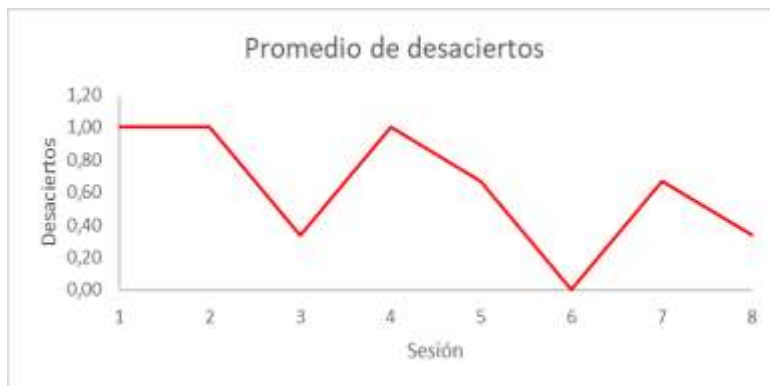


Figura 72. Gráfica del promedio de desaciertos obtenidos por el participante0004 en el juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia

En cuanto al tiempo promedio por sesión, en la **figura 73** se evidencia una disminución progresiva desde la primera sesión (9 segundos) hasta la tercera (7.3 segundos), lo que indica una mejora en la rapidez de respuesta. Luego, entre la cuarta y la sexta sesión, el tiempo aumenta ligeramente, alcanzando los 8.5 segundos en la sexta sesión. Finalmente, se registra una leve reducción hacia la última sesión, estabilizándose alrededor de los 7.8 segundos. Esta variabilidad puede deberse a cambios en la estrategia del participante0004 o incluso a fatiga ocasional. A pesar de ello, la tendencia general es hacia una mayor eficiencia temporal, lo que refuerza la hipótesis de un proceso de adaptación y mejora en el desempeño.



Figura 73. Gráfica del promedio de tiempo obtenido por el participante0004 en el juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia

Como complemento esencial a estos datos cuantitativos, se incluye una selección de evidencia fotográfica (**figuras 74 a 80**) que documenta momentos representativos del proceso terapéutico. Estas imágenes capturan la interacción de los participantes con los distintos dispositivos utilizados. Las fotografías también evidencian el ambiente terapéutico creado durante las sesiones y la naturalidad con que los niños incorporaron las tecnologías propuestas a su experiencia de aprendizaje, elementos fundamentales para comprender integralmente los resultados de la intervención basada en juegos serios para el fortalecimiento de funciones ejecutivas en niños con síndrome de Down.



Figura 74. Participante probando el juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.



Figura 75. Participante probando el juego serio "FeatherAdventure"

Fuente: elaboración propia.



Figura 76. Participante probando el juego serio "FeatherAdventure"

Fuente: elaboración propia.



Figura 77. Participante probando el juego serio “SprayGarden”

Fuente: elaboración propia.



Figura 78. Participante probando el juego serio “FeatherAdventure”

Fuente: elaboración propia.



Figura 79. Participante probando el juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia.



Figura 80. Participante probando el juego serio “Secuencia de dedos”

Fuente: elaboración propia.

4.5 Análisis de efectividad de dispositivos electrónicos y mecánicas de juego

Los resultados obtenidos a lo largo de las diez sesiones de intervención permiten determinar qué dispositivos electrónicos y mecánicos de juego demostraron mayor efectividad para entrenar funciones ejecutivas específicas en niños con síndrome de Down. El análisis comparativo de los tres sistemas implementados revela patrones distintivos de eficacia según el tipo de habilidad cognitiva estimulada.

En cuanto a los dispositivos electrónicos, el Kinect V2, implementado en “FeatherAdventure”, demostró ser particularmente efectivo para el desarrollo de la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio, evidenciado por la mejora en las puntuaciones de los participantes, con incrementos que variaron entre 1.5-3 puntos entre la primera y última sesión, aunque con patrones no uniformes. En el componente motriz, este dispositivo sobresalió en el desarrollo de la motricidad

gruesa, permitiendo el entrenamiento del control postural, equilibrio dinámico y coordinación bilateral a través de movimientos corporales amplios. La tecnología de detección corporal completa del Kinect V2 proporcionó una experiencia inmersiva que mantuvo la motivación de los participantes, siendo especialmente efectiva para aquellos que presentaban mayor dificultad con movimientos finos y precisos.

El sistema basado en ESP32 con sensor MPU6050, utilizado en “SprayGarden”, destacó por su efectividad en el entrenamiento de la atención dividida, memoria de trabajo y planificación motora, aunque con resultados variables entre los participantes. A nivel de motricidad fina, este dispositivo demostró ser invaluable para el desarrollo de la coordinación ojo-mano y el control motor preciso mediante la manipulación de la regadera electrónica. Un hallazgo significativo durante la implementación fue que, aunque el diseño original contemplaba la realización simultánea de tareas de riego y destrucción de amenazas, esta mecánica dual resultó compleja para los participantes, quienes no lograron atender efectivamente ambas tareas de manera simultánea. Esta limitación llevó a priorizar la mecánica de riego, revelando que, para esta población específica, las interfaces que demandan división atencional entre múltiples tareas deben ser implementadas gradualmente o simplificadas.

La cámara web empleada en “Secuencia de dedos” fue esencial para generar un impacto en la memoria de trabajo, la coordinación visomotora y el control motor fino individualizado. La capacidad de este dispositivo para captar movimientos precisos y aislados de los dedos permitió un entrenamiento focalizado en la disociación digital, habilidad fundamental que presenta particular dificultad en niños con síndrome de Down. Las gráficas muestran que los tiempos de respuesta se mantuvieron generalmente entre 7.5-10 segundos, con variaciones individuales, pero sin cambios dramáticos entre la primera y última sesión. En cuanto a la precisión, se observó una evolución positiva en la mayoría de los participantes, pasando de un promedio de 4-6 aciertos iniciales a 8-10 aciertos en las sesiones finales para aquellos con mejor desempeño, evidenciando la efectividad del entrenamiento para estas habilidades específicas.

Por otro lado, el análisis de las mecánicas implementadas reveló que ciertos elementos de diseño resultaron significativamente más efectivos para mantener el compromiso y facilitar el aprendizaje en esta población específica. Las mecánicas de retroalimentación inmediata, implementadas a través de efectos visuales y sonoros en respuesta a acciones correctas e incorrectas, demostraron ser fundamentales para el refuerzo del aprendizaje. Particularmente en “SprayGarden”, donde los pulsadores activaban respuestas inmediatas acompañadas de retroalimentación visual y auditiva, se observaron mejoras en la precisión de respuesta en varios participantes, aunque con fluctuaciones considerables durante las sesiones, lo que sugiere que el proceso de aprendizaje no fue lineal sino caracterizado por avances y retrocesos.

Las mecánicas de progresión gradual de dificultad resultaron cruciales para mantener el balance entre desafío y motivación. En “FeatherAdventure”, el aumento del tamaño del ave tras cada colisión proporcionó un sistema natural de incremento de dificultad que mantuvo el interés de los participantes, como lo evidencia el aumento en los tiempos de juego a lo largo de las sesiones, pasando de aproximadamente 55-70 segundos iniciales a 70-90 segundos finales en la mayoría de los participantes, con uno de ellos alcanzando hasta 125 segundos. Sin embargo, se observó que esta mecánica requería calibración específica según las capacidades individuales para evitar frustración en participantes con menor control motor.

Los sistemas de puntuación simplificados, implementados en los tres juegos serios, demostraron ser particularmente efectivos para esta población. La representación visual clara del progreso, mediante contadores de aciertos y barras de vida, permitió a los participantes comprender inmediatamente su desempeño sin necesidad de procesamiento numérico complejo. Esta mecánica resultó especialmente valiosa considerando las dificultades en el procesamiento matemático frecuentemente asociadas al síndrome de Down.

La implementación de interfaces minimalistas con elementos visuales esenciales demostró ser significativamente más efectiva que diseños visualmente complejos. La reducción de elementos distractores en “Secuencia de dedos”, donde se aplicó un efecto de desenfoque al fondo manteniendo solo la mano y las instrucciones con claridad, resultó en una mejora

notable en la concentración y precisión de los participantes. Esta observación confirma que las interfaces depuradas, con alto contraste y elementos visuales limitados pero significativos, optimizan el rendimiento cognitivo en niños con síndrome de Down.

Un hallazgo relevante en relación a las mecánicas de multitarea fue identificado durante la implementación de “SprayGarden”. Aunque el diseño original contemplaba que los participantes alternaran entre el riego de plantas y la destrucción de amenazas mediante pulsadores, se evidenció que los niños no fueron capaces de realizar ambas tareas simultáneamente de manera efectiva. Esta limitación llevó a simplificar la mecánica para priorizar la tarea principal de riego, revelando que las mecánicas secuenciales son más efectivas que las concurrentes para esta población, especialmente en etapas iniciales de intervención.

La incorporación de elementos sonoros complementarios a la retroalimentación visual demostró potenciar significativamente la efectividad de las mecánicas implementadas. Los sonidos distintivos asociados a acciones específicas (recolección de monedas, colisiones, aciertos y errores) reforzaron los procesos de aprendizaje, como se evidenció en la reducción de errores repetitivos en varios participantes a lo largo de las sesiones, aunque con patrones de progreso no uniformes. Particularmente efectivos resultaron los sonidos asociados a logros, que actuaron como reforzadores positivos inmediatos, manteniendo la motivación incluso en participantes que inicialmente mostraron menor interés.

La adaptabilidad paramétrica, que permite a los terapeutas modificar variables como velocidad, tiempo y sensibilidad según las necesidades individuales, resultó ser una mecánica fundamental para la efectividad a largo plazo. Esta característica permitió ajustar la experiencia a las capacidades específicas de cada niño, optimizando el balance entre desafío y éxito, factor crítico para mantener la motivación en intervenciones prolongadas, como lo demuestra la variabilidad de rendimiento observada en las gráficas entre los distintos participantes.

Un aspecto efectivo fue la implementación de sistemas de reporte automático que generaban documentos PDF con análisis de desempeño tras cada sesión. Esta mecánica de retroalimentación para terapeutas permitió un seguimiento preciso del progreso, facilitando ajustes personalizados en los parámetros de dificultad para sesiones subsecuentes. La disponibilidad de datos objetivos sobre el rendimiento de cada participante demostró ser fundamental para optimizar la efectividad de las intervenciones, permitiendo modificaciones basadas en evidencia real de progreso.

5. LIMITACIONES

El desarrollo e implementación de los juegos serios “FeatherAdventure”, “SprayGarden” y “Secuencia de dedos” permitió explorar nuevas estrategias para fortalecer las funciones ejecutivas y habilidades motoras en niños con síndrome de Down. Sin embargo, a lo largo del proceso, se identificaron diversas limitaciones que influyeron en la experiencia de los participantes y en la efectividad de la intervención. En el caso de “FeatherAdventure”, aunque el espacio y la iluminación fueron óptimos para el funcionamiento del Kinect V2, se observó que la mecánica de crecimiento del ave tras una colisión podía generar frustración en algunos niños, ya que el aumento progresivo de la dificultad no siempre coincidía con su capacidad de adaptación. Asimismo, mantener los brazos extendidos durante los intentos resultó ser físicamente demandante para algunos participantes, lo que limitó su tiempo de interacción efectiva con el juego. Además, como el niño estaba acompañado de varias personas a la hora de la terapia y debía estar supervisado de cerca, el Kinect V2 a veces detectaba los dos cuerpos y se confundía, provocando que el ave del juego realizara movimientos incorrectos o que no respondiera. También la ubicación del Kinect V2 y del participante se tuvo que ajustar en varias ocasiones para lograr un desempeño óptimo.

En el caso de “SprayGarden”, se evidenció que la manipulación de la regadera electrónica representó un reto para algunos participantes, ya que exigía una precisión en el control motor fino que no todos poseían en igual medida. Asimismo, la alternancia entre las tareas de riego y eliminación de amenazas requirió un nivel de atención dividida que no siempre

pudo mantenerse a lo largo de la sesión. En ocasiones el sensor MPU6050 se descalibraba, haciendo que los movimientos resultaran muy bruscos o demasiado lentos, lo que dificultaba la interacción con el juego. Para futuras implementaciones, sería recomendable considerar sensores de mayor precisión y estabilidad como el MPU9250 o el BNO085, que ofrecen calibración automática y mayor resistencia a interferencias. También se observó que la jarra, al tener un bombillo LED, provocaba que los niños se distrajeran con él y ocasionalmente dejaran de ver la pantalla o no realizaran los movimientos correctos con la jarra por estar observando la luz, situación que llevó a tomar la decisión de suspender la función de iluminación del LED para mejorar la concentración en la tarea principal.

De manera similar, en “Secuencia de dedos”, aunque la cámara web permitió un reconocimiento preciso de los movimientos, varios niños experimentaron dificultades significativas para coordinar la bajada de los dedos indicados en la pantalla. Esta tarea resultó particularmente desafiante para aquellos con déficits en motricidad fina, quienes mostraban frustración visible al intentar aislar el movimiento de dedos específicos. Otros niños, aun comprendiendo las instrucciones, manifestaban tensión en la mano completa, lo que les impedía realizar movimientos fluidos y controlados de dedos individuales.

Una limitación técnica importante que surgió durante el estudio se relacionó con el diseño inicial del juego serio “Secuencia de dedos”. La versión original presentaba secuencias aleatorias de dedos que resultaron complejas para la mayoría de los participantes, generando frustración y dificultando la evaluación efectiva del progreso. Ante esta situación, se implementó una modificación en el código del juego que permitió graduar la dificultad según las capacidades individuales de cada niño. Esta adaptación posibilitó configurar el número específico de dedos que aparecían en las secuencias mostradas en pantalla, comenzando con un solo dedo para los participantes con mayores dificultades y avanzando progresivamente hasta cuatro dedos conforme se observaron mejoras. Una vez que los niños demostraron dominio en esta versión adaptada, se reintrodujo el código original con secuencias aleatorias para evaluar la transferencia de las habilidades adquiridas.

Otra falencia que presentó este juego serio se relacionó con la interfaz visual del sistema. Los niños, al verse en la cámara, sentían curiosidad y empezaban a hacer gestos u otras acciones que los distraían del trabajo que tenían que hacer. Para solucionar este problema, se optó por modificar el código y hacer que todo se viera borroso, exceptuando la mano y toda la información necesaria para completar el trabajo, lo que permitió mantener la atención de los participantes en la tarea principal.

El factor del espacio también representó una limitación. Debido a que en la fundación **ASODISVALLE** se compartía el área con diversos profesionales, estudiantes y pacientes externos, los niños experimentaban distracciones ocasionales por la presencia de estas personas. Asimismo, al desarrollarse las actividades en un entorno destinado a rehabilitaciones físicas equipado con implementos de colores y formas llamativas, los participantes mostraban una tendencia natural a desviar su atención hacia estos elementos. Si bien estas distracciones no comprometían completamente el desarrollo de las sesiones, sí influían en los niveles de concentración requeridos durante las actividades terapéuticas, generando pequeñas interrupciones en la experiencia de interacción con los juegos.

Un desafío significativo durante las pruebas del estudio fue la asistencia irregular de algunos participantes. A lo largo del programa de intervención, se registraron ausencias ocasionales de varios niños, lo que generó discontinuidades en los datos recopilados y afectó la consistencia del seguimiento. Para compensar estas inasistencias y asegurar la validez del análisis, fue necesario programar sesiones extras personalizadas con los niños que habían faltado, permitiendo así que todos los participantes completaran el mismo proceso terapéutico. Esta adaptación adicional, resultó fundamental para mantener la integridad metodológica del estudio, garantizando que todos los participantes estuvieran en igualdad de condiciones al momento de la evaluación final y evitando sesgos en los resultados comparativos.

Un aspecto relevante fue la fatiga mostrada por algunos participantes durante las sesiones de intervención. Se observó que varios niños manifestaban señales de cansancio tras completar múltiples intentos consecutivos, lo que afectaba su nivel de concentración y rendimiento. Esta situación requirió la implementación de pausas estratégicas durante las sesiones, donde se realizaban actividades de distensión como juegos sencillos o conversaciones informales que permitieran a los

niños recuperar energía y motivación. Estas pausas, aunque necesarias para el bienestar de los participantes, representaron una interrupción en la continuidad de las intervenciones y obligaron a extender el tiempo total programado para cada sesión. Sin embargo, se evidenció que, tras estos periodos de descanso, los niños retomaban las actividades con interés y mejor disposición.

Las diez sesiones terapéuticas también revelaron desafíos en términos de continuidad y respuesta de los participantes. Si bien se logró establecer una rutina en la intervención, se evidenció que algunos niños presentaban fluctuaciones en su nivel de energía y disposición para participar activamente en los juegos, lo que afectó la consistencia de su progreso. Además, la repetición de los mismos juegos en cada sesión, aunque favoreció el aprendizaje de las dinámicas, pudo haber reducido el entusiasmo de algunos niños hacia el final del proceso. Finalmente, aunque los juegos permitieron estimular habilidades cognitivas y motoras, su impacto a largo plazo aún requiere una evaluación más profunda.

6. CONCLUSIONES

Los juegos serios “FeatherAdventure”, “SprayGarden” y “Secuencia de dedos” han demostrado ser herramientas terapéuticas efectivas para el fortalecimiento de funciones ejecutivas y habilidades psicomotrices en niños con síndrome de Down. A lo largo de las diez sesiones de intervención, todos los participantes mostraron mejoras progresivas en aspectos específicos como el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva, evidenciadas tanto por el incremento sostenido en sus puntuaciones como por la optimización de sus tiempos de respuesta.

Estas mejoras se validaron mediante pruebas cognitivas estandarizadas aplicadas al inicio y al final de la intervención. El Test de Cubos de Corsi reveló un incremento significativo en la capacidad de memoria de trabajo visoespacial en todos los participantes, con aumentos de 1 a 2 unidades en su amplitud de memoria (de 3 a 5 ítems para el participante0001, de 4 a 6 ítems para los participantes0002 y 0003, y de 4 a 5 ítems para el participante0004). Por su parte, el Test Go/No-Go evidenció una evolución notable en el control inhibitorio, mostrando reducciones significativas en los errores de comisión y omisión, así como patrones de respuesta más estables y organizados en la mayoría de los participantes. Estos resultados proporcionan evidencia cuantitativa objetiva que complementa las observaciones realizadas durante las sesiones con los juegos serios.

El análisis detallado de los datos recopilados reveló patrones consistentes de aprendizaje, con un punto de inflexión significativo entre las sesiones 3 y 4, donde la mayoría de los participantes superaron la fase inicial de familiarización y comenzaron a implementar estrategias más efectivas en su interacción con los juegos serios. Esta progresión confirma que las herramientas tecnológicas desarrolladas proporcionan un entorno estimulante y adaptativo que permite desarrollar habilidades cognitivas fundamentales de manera gradual y sostenida.

La integración de diversos dispositivos electrónicos como el Kinect V2, la regadera electrónica con ESP32 y el sensor MPU6050, y la cámara web para reconocimiento gestual demostró ser acertada, ofreciendo interfaces intuitivas que facilitaron la interacción de los niños con los entornos virtuales. El Kinect V2, implementado en “FeatherAdventure”, resultó particularmente efectivo para el desarrollo de la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio, mientras que el sistema con ESP32 y MPU6050 utilizado en “SprayGarden” destacó en el entrenamiento de la memoria de trabajo y el control inhibitorio. Por su parte, la cámara web empleada en “Secuencia de dedos” mostró un impacto significativo en la memoria de trabajo y coordinación visomotora.

Los juegos presentaron diferentes curvas de aprendizaje: “FeatherAdventure” mostró una mejora acelerada después de la tercera sesión, “SprayGarden” evidenció una progresión más lineal y sostenida a lo largo de todas las sesiones, mientras que “Secuencia de dedos” presentó mejoras más pronunciadas en precisión y velocidad hacia las etapas intermedias del estudio.

Se observó una notable variabilidad individual en el rendimiento de los participantes, con algunos niños mostrando

avances superiores consistentemente a través de los tres juegos serios, mientras que otros presentaron patrones de progreso más moderados. Esta variabilidad también se reflejó en las pruebas cognitivas, donde algunos participantes como el participante0003 mostraron mejoras excepcionales en el Test de Cubos de Corsi (incrementando su capacidad de 4 a 6 ítems), mientras que otros como el participante0004 presentaron avances más limitados, pero igualmente significativos. En el Test Go/No-Go, el participante0004 mostró un interesante cambio estratégico, priorizando la precisión sobre la velocidad, lo que resultó en una marcada reducción de errores. Estos patrones diferenciados sugieren que factores como las habilidades previas, el temperamento y las preferencias personales influyen significativamente en la efectividad de los juegos serios como herramientas terapéuticas, destacando la importancia de desarrollar enfoques personalizados en intervenciones futuras.

El análisis de las mecánicas de juego reveló que ciertos elementos resultaron más efectivos para esta población específica. Las mecánicas de retroalimentación inmediata mediante efectos visuales y sonoros demostraron ser fundamentales para el refuerzo del aprendizaje. Los sistemas de progresión gradual de dificultad, como el aumento del tamaño del ave en “FeatherAdventure”, mantuvieron el balance entre desafío y motivación. Las interfaces minimalistas con elementos visuales esenciales y reducción de distractores resultaron significativamente más efectivas que diseños visualmente complejos, mientras que las mecánicas secuenciales probaron ser más efectivas que las concurrentes, especialmente en etapas iniciales de intervención.

En el componente motriz, se registraron avances importantes en la coordinación bilateral, el equilibrio y el control postural a través de “FeatherAdventure”, mientras que “SprayGarden” contribuyó significativamente al desarrollo de la coordinación ojo-mano y el control motor fino. Por su parte, “Secuencia de dedos” fortaleció especialmente la coordinación visomotora y el control motor fino individualizado de los dedos.

La adaptabilidad paramétrica, que permite modificar variables como velocidad, tiempo y sensibilidad según necesidades individuales, resultó ser una mecánica fundamental para optimizar el balance entre desafío y éxito en cada participante. Esta característica, junto con la incorporación de elementos sonoros complementarios a la retroalimentación visual, potenció significativamente la efectividad de las intervenciones, actuando como reforzadores positivos inmediatos.

Es importante señalar que, aunque el Test de clasificación de cartas de Wisconsin no pudo implementarse satisfactoriamente debido a su complejidad para los participantes, este hecho en sí mismo proporciona información valiosa sobre los límites cognitivos a considerar al diseñar evaluaciones para esta población.

A pesar de las limitaciones identificadas, como la sensibilidad a distracciones ambientales, las dificultades ocasionales con la calibración de los sensores y los desafíos inherentes a mantener la atención sostenida, el estudio demuestra que los juegos serios constituyen una estrategia innovadora y prometedora para intervenciones terapéuticas en esta población. La combinación de elementos lúdicos y objetivos terapéuticos creó un ambiente motivador que favoreció la participación activa y sostenida de los niños a lo largo del programa.

El progreso observado en los cuatro participantes, tanto en su interacción con los juegos serios como en las evaluaciones cognitivas formales, sugiere que un programa estructurado de intervención basado en juegos serios tiene el potencial de contribuir significativamente al desarrollo de funciones ejecutivas y habilidades motoras en niños con síndrome de Down, mejorando potencialmente su adaptabilidad y autonomía en contextos cotidianos. Esta investigación sienta bases metodológicas para futuros desarrollos que podrían ampliar el repertorio de herramientas terapéuticas disponibles para profesionales que trabajan con esta población.

7. ANEXOS

Se adjuntan los distintos anexos que complementan la información presentada en este trabajo.

7.1 XIII Congreso internacional sobre desarrollo tecnológico e innovación educativa y XXI Congreso Internacional sobre Educación Basada en Conocimiento

Se presenta la evidencia fotográfica que respalda la participación de los juegos serios desarrollados en el XIII Congreso Internacional sobre Desarrollo Tecnológico e Innovación Educativa y en el XXI Congreso Internacional sobre Educación Basada en Conocimiento. Los juegos serios fueron presentados por el tutor de tesis Luis Rodríguez Timaná debido a que el presente trabajo de grado está vinculado a su trabajo de tesis doctoral:



Figura 81. XIII Congreso Internacional sobre Desarrollo Tecnológico e Innovación Educativa

Fuente: elaboración propia.



Figura 82. XIII Congreso Internacional sobre Desarrollo Tecnológico e Innovación Educativa

Fuente: elaboración propia.



Figura 83. XIII Congreso Internacional sobre Desarrollo Tecnológico e Innovación Educativa

Fuente: elaboración propia.



Figura 84. XXI Congreso Internacional sobre Educación Basada en Conocimiento

Fuente: elaboración propia.

8. BIBLIOGRAFÍA

Bourazeri, A., Bellamy-Wood, T., & Arnab, S. (2017, abril). EnCity: A serious game for empowering young people with Down's syndrome. In 2017 IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH) (pp. 1-6). IEEE.

Caicedo-Carcelén, E. E. (2022). *Juegos tradicionales como estrategia para el desarrollo psicomotriz en niños y niñas con Síndrome de Down* (Doctoral dissertation, tesis de maestría. Universidad Técnica del Norte. [tesis en Internet]. 2022 [citado 2023 abr 07]. Disponible en: <http://repositorio. utn. edu. ec/handle/123456789/12074>).

Cajiao Barajas, E., & Pérez Vigoya, D. (2017). Función ejecutiva en Síndrome de Down.

Caro, K., Encinas-Monroy, I. A., Amado-Sanchez, V. L., Islas-Cruz, O. I., Ahumada-Solorza, E. A., & Castro, L. A. (2020). Using a Gesture-based videogame to support eye-hand coordination and pre-literacy skills of children with down syndrome. *Multimedia Tools and Applications*, 79(45-46), 34101-34128. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09452-x>

Castagnola, M. E., Bosio, M. A., & Chiodi, G. A. (2015). Juegos serios aplicados a niños con discapacidades. In II Simposio

Argentino sobre Tecnología y Sociedad (STS)-JAIIO 44(Rosario, 2015).

Castellanos Altamirano, H., & Rocha Trejo, E. H. (2020). Aplicación de ADDIE en el proceso de construcción de una herramienta educativa distribuida b-learning. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (26), 10-19

Center on the Developing Child at Harvard University. (2020). What is executive function and how does it relate to child development? Recuperado el 23 de febrero de 2024, de <https://developingchild.harvard.edu/resources/what-is-executive-function-and-how-does-it-relate-to-child-development/>

Cubukcu, C., Canbazoglu, M., & Ozerdem, Y. (2020). Mobile game development for children with Down Syndrome.

¿Cuáles son los tratamientos comunes para el síndrome de Down? | NICHD español. (2017, septiembre 8). <https://espanol.nichd.nih.gov/salud/temas/down/informacion/tratamientos>

de Matos Lima, S., & Otero, P. (2024). Los serious games son más que juegos. *Arch Argent Pediatr*, e202310218.

Flórez, J. (2022). La vida adulta en el síndrome de Down. *Revista Española de Discapacidad*, 10(1), 243-246.

Función Pública. (2012, 17 de octubre). Ley 1581 de 2012. Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>

Gilete, F. M., & de los Milagros Fernández, M. L. (2023). Revisión sistemática de las funciones ejecutivas en personas con síndrome de Down a lo largo del ciclo vital. In *Equilibrio social: perspectivas de análisis y mejora para las sociedades del siglo XXI* (pp. 155-182). Dykinson.

Gutiérrez, M.R. (2017). El juego: Una herramienta importante para el desarrollo integral del niño en Educación Infantil.

Grande Vázquez, P. (2022). El aprendizaje basado en juegos en niños con Síndrome de Down.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2013). Equipos electromédicos. Parte 1: Requisitos generales para la seguridad. Sección 1. Normas colaterales. Requisitos de seguridad para sistemas electromédicos (NTC-IEC60601-1-1). <https://tienda.icontec.org/gp-equipos-electromedicos-parte-1-requisitos-generales-para-la-seguridad-seccion-1-normas-colaterales-requisitos-de-seguridad-para-sistemas-electromedicos-ntc-iec60601-1-1-2013.html>

Johnson, C. C. (2016). A personal inertial-navigation system based on multiple distributed, nine-degrees-of-freedom, inertial measurement units (Doctoral dissertation, Monterey, California: Naval Postgraduate School).

Lee, N. R., Fidler, D. J., Blakeley-Smith, A., Daunhauer, L., Robinson, C., & Hepburn, S. L. (2011). Caregiver report of executive functioning in a population-based sample of young children with Down syndrome. *American journal on intellectual and developmental disabilities*, 116(4), 290-304.

López, C. I. (2019). Unity. Aprende a desarrollar videojuegos. Edición actualizada a Unity 2022. Rc Libros.

Kessels, R. P., Van Zandvoort, M. J., Postma, A., Kappelle, L. J., & De Haan, E. H. (2000). The Corsi block-tapping task: Standardization and normative data. *Applied Neuropsychology*, 7(4), 252-258. https://doi.org/10.1207/S15324826AN0704_8

Merzbach, V., Ferrandino, M., Gernigon, M., Marques Pinto, J., Scruton, A., & Gordon, D. (2023). Impact of prescribed exercise on the physical and cognitive health of adults with Down Syndrome: The MinDSets Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(23), 7121. <https://doi.org/10.3390/ijerph20237121>

Ministerio de Educación Nacional. (2003, 9 de octubre). Ley 0842 de octubre 9 de 2003. Por la cual se modifica la reglamentación del ejercicio de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares, se adopta el Código de Ética Profesional y se dictan otras disposiciones. <https://www.mineducacion.gov.co/portales/ejes-tematicos/Normas-sobre-Educacion-Superior/105031:Ley-0842-de-Octubre-9-de-2003>

Ministerio de Salud de Colombia. (1993, 4 de octubre). Resolución 8430 de 1993 por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>

Miles, S., Howlett, C. A., Berryman, C., Nedeljkovic, M., Moseley, G. L., & Phillipou, A. (2021). Considerations for using the Wisconsin Card Sorting Test to assess cognitive flexibility. *Behavior Research Methods*, 53, 2083-2091. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01551-3>

Muenala Quinga, J. M., & Pastrano, M. V. (2018). Desarrollo de un juego serio que ayude a las personas con síndrome de Down a mejorar sus competencias matemáticas (Bachelor's thesis, Quito, 2018).

Muñoz-Ensuncho, D. F. (2021). Herramienta interactiva digital para el fortalecimiento de la competencia lectora en personas con Síndrome de Down.

Naciones Unidas. (2023, 28 de noviembre). Día Mundial del Síndrome de Down. Recuperado el 23 de febrero de 2024, de <https://www.un.org/es/observances/down-syndrome-day>

Neupane, C., Koirala, A., Wang, Z., & Walsh, K. B. (2021). Evaluation of depth cameras for use in fruit localization and sizing: Finding a successor to kinect v2. *Agronomy*, 11(9), 1780.

Panceri, J. A. C., Freitas, É., de Souza, J. C., da Luz Schreider, S., Caldeira, E., & Bastos, T. F. (2021). A new socially assistive robot with integrated serious games for therapies with children with autism spectrum disorder and down syndrome: a pilot study. *Sensors*, 21(24), 8414.

Portellano, J. A. y García, J. (2014). Neuropsicología de la atención, las funciones ejecutivas y la memoria. Síntesis.

Porter, J. (2022). Evaluating performance on a bespoke maths game with children with Down syndrome. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(5), 1394-1407.

PsyToolkit. (n.d.). Corsi Block Tapping Test. <https://www.psychtoolkit.org/experiment-library/corsi.html>

PsyToolkit. (n.d.). Go/No-Go task. <https://www.psychtoolkit.org/experiment-library/go-no-go.html>

PsyToolkit. (n.d.). Wisconsin Card Sorting Test. <https://www.psychtoolkit.org/experiment-library/wcst.html>

Ribes Fortanet, D., Pulopulos Tripiñana, M. M., & Duque Moreno, A. (2022). Fundamentos neurobiológicos de las funciones cognitivas superiores. Universidad Internacional de Valencia.

Samayoa Morales, R. (2021). Yo soy independiente, videojuego para desarrollar las funciones ejecutivas de niños y

adolescentes con Síndrome de Down.

Shalash, W. M., AlTamimi, S., Abdu, E., & Barom, A. (2018). No Limit: A Down Syndrome Children Educational Game. 2018 IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM), 352-358. <https://doi.org/10.1109/GEM.2018.8516519>

Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. *Psychological Research*, 63(3-4), 289-298. <https://doi.org/10.1007/s004269900007>

Tölgyessy, M., Dekan, M., Chovanec, L., & Hubinský, P. (2021). Evaluation of the azure kinect and its comparison to kinect v1 and kinect v2. *Sensors*, 21(2), 413.

Villalva-Sánchez, A. F., Sandoval-Molina, J., Hernández, L. A., & Pérez, Á. O. (2019). Perfil neuropsicológico de pacientes con síndrome de Down. *DIVULGARE Boletín Científico De La Escuela Superior De Actopan*, 6(12), 13-18.

Zambrano-Álava, A. P., & Luque-Alcívar, K. E. (2020). La Gamificación: Herramientas innovadoras para promover el aprendizaje autorregulado Gamification: Innovative tools to promote self-regulated learning.