

Algoritmia con gamificación: desarrollo de pensamiento computacional en niños con TEA

Algorithmic Thinking Through Gamification: Developing Computational Thinking in Children with ASD

 Juan Carlos Neuta Montenegro¹;  William Caicedo Magin¹;  Cesar Collazos¹;
 Manuel Ortega²

¹Universidad del Cauca, Popayán -Colombia

²Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real-España

Correspondencia: jneuta@unicauca.edu.co

Recibido: 18 de junio 2025

Aceptado: 16 febrero 2026

Disponible: 27 marzo 2026

Cómo citar / How to cite

J. C. Neuta Montenegro, W. Caicedo Magin, C. Collazos, and M. Ortega, "Algoritmia con gamificación: desarrollo de pensamiento computacional en niños con TEA," *Tecnológicas*, vol. 29, no. 65, e3535, 2026.

<https://doi.org/10.22430/22565337.3535>



Resumen

El pensamiento computacional se ha consolidado como una competencia esencial en la educación actual, al promover habilidades de resolución de problemas, lógica y creatividad en un entorno cada vez más digital. Sin embargo, los niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA) de nivel 1 enfrentan barreras, como dificultades en la abstracción, rigidez cognitiva y sensibilidad sensorial, requiriendo enfoques pedagógicos inclusivos que minimicen frustración y fomenten autonomía. Esta investigación evaluó la eficacia de un laberinto digital con gamificación para desarrollar pensamiento computacional en niños con TEA de nivel 1. El objetivo principal fue medir cómo esta intervención fortalece habilidades algorítmicas clave en un grupo piloto de cuatro estudiantes de la Fundación CENIDI. La metodología fue exploratorio-descriptiva, fundamentada en el Diseño Centrado en el Usuario (DCU) y marco MDA (Mechanics, Dynamics, Aesthetics). Esta se estructuró en tres fases: 1) investigación contextual con encuestas a docentes, observaciones en aula y entrevistas a terapeutas para definir los requisitos de diseño; 2) diseño y desarrollo en Unity de un laberinto digital adaptado a preferencias visuales y necesidades sensoriales; y 3) evaluación con pretest (plataforma Pilas Bloques) y postest (laberinto con gamificación), donde se midieron métricas como tiempo de ejecución, número de errores, eficiencia del código y uso de bucles. Los resultados demostraron una mejora notable en el desempeño algorítmico de los participantes, con un aumento del puntaje global promedio del 42,4 % en el pretest al 77,5 % en el postest. Se observó una mayor capacidad para planificar secuencias, una reducción de la frustración y un incremento en la autonomía. En conclusión, los hallazgos sugieren que los laberintos gamificados, diseñados con un enfoque centrado en el usuario, son una estrategia pedagógica prometedora y efectiva para la enseñanza inclusiva del pensamiento computacional, ofreciendo una alternativa innovadora y adaptada a las particularidades de los niños con TEA.

Palabras clave

Aprendizaje basado en juegos, gamificación educativa, pensamiento algorítmico, pensamiento computacional, trastorno del espectro autista.

Abstract

Computational thinking has established itself as an essential skill in today's education, promoting problem-solving, logic, and creativity in an increasingly digital environment. However, children with Level 1 Autism Spectrum Disorder (ASD) face barriers, such as difficulties with abstraction, cognitive rigidity, and sensory sensitivity, which require inclusive pedagogical approaches that minimize frustration and encourage autonomy. This research evaluated the effectiveness of a digital maze with gamification to develop computational thinking in children with Level 1 ASD. The main objective was to measure how this intervention strengthens key algorithmic skills in a pilot group of four students from the CENIDI Foundation. The methodology was exploratory-descriptive, based on User-Centered Design (UCD) and the MDA (Mechanics, Dynamics, Aesthetics) framework. It was structured in three phases: 1) contextual research with teacher surveys, classroom observations, and therapist interviews to define design requirements; 2) design and development in Unity of a digital maze adapted to visual preferences and sensory needs; and 3) evaluation with a pretest (Pilas Bloques platform) and posttest (maze with gamification), where metrics such as execution time, number of errors, code efficiency, and loop use were measured. The results showed a notable improvement in the algorithmic performance of the participants, with an increase in the overall average score of 42.4% in the pretest to 77.5% in the posttest. A greater ability to plan sequences, a reduction in frustration, and an increase in autonomy were observed. In conclusion, the findings suggest that gamified mazes, designed with a user-centered approach, are a promising and effective pedagogical strategy for the inclusive teaching of computational thinking, offering an innovative alternative adapted to the particularities of children with ASD.

Keywords

Game-Based learning, educational gamification, algorithmic thinking, computational thinking, autism spectrum disorder.

1. INTRODUCCIÓN

El pensamiento computacional (PC) se distingue por facilitar el desarrollo de competencias tales como la resolución de problemas, la lógica y la creatividad [1]. En este contexto, la algoritmia se considera como un pilar fundamental, ya que permite desarrollar la habilidad de crear soluciones mediante una serie organizada de pasos, promoviendo un aprendizaje lógico y estructurado [2], aspecto que ha sido validado en estudios de entornos lúdicos para enseñanza de algoritmia [3]. En términos simples, si el PC posibilita “pensar como programador”, la algoritmia constituye la implementación práctica de dicho pensamiento, traducido en acciones graduales para alcanzar una meta planteada. Un caso evidente de esto sucede al solucionar un laberinto: se sigue una serie de etapas lógicas (avanzar, retroceder, probar un nuevo camino) hasta encontrar la solución, ilustrando cómo un algoritmo busca la solución más eficaz dentro de un problema computacional.

Sin embargo, en el ámbito educativo, impartir estas competencias a niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA) representa un desafío. Las dificultades en la abstracción, la rigidez en el pensamiento y la necesidad de ambientes estructurados hacen que el aprendizaje de la algoritmia requiera métodos más personalizados [4]. En este sentido, los recursos gamificados han demostrado ser herramientas efectivas para potenciar el PC. Por ejemplo, en [5] se evidenció un avance significativo en el pensamiento algorítmico (PA) en estudiantes de primaria tras el uso de programación en bloques (Scratch) y una herramienta gamificada. Para la población TEA resulta esencial que estas metodologías incluyan elementos visuales claros, retroalimentación personalizada y actividades progresivas que se adapten a sus necesidades [6], alineándose con pautas de diseño inclusivo que fomentan adaptaciones sensoriales y scaffolding o andamiaje (Método de enseñanza que ofrece apoyo gradual a estudiantes) de funciones ejecutivas [7]-[9]. Además, revisiones recientes han mostrado que las intervenciones en pensamiento computacional no solo fortalecen habilidades algorítmicas, sino que también tienen un impacto positivo en el desarrollo de capacidades socioemocionales en niños con TEA y TDAH, al promover la planificación, la autorregulación y la resolución de problemas de forma estructurada [10]. En particular, estudios en plataformas gamificadas para TEA muestran que narrativas personalizadas y recompensas inmediatas fortalecen la planificación secuencial y el uso de bucles, al tiempo que favorecen la tolerancia a la frustración [7], [11]. Asimismo, entornos

aumentados gamificados diseñados para TEA han mostrado mejoras en habilidades socioemocionales y atención sostenida, reforzando el compromiso en tareas algorítmicas [12]. Así, la gamificación surge como una estrategia pedagógica prometedora, integrando elementos lúdicos que incrementan la motivación y el compromiso de los estudiantes [13]. Además, investigaciones recientes destacan que una combinación adecuada de mecánicas de juego, tales como recompensas, narrativa, progresión por MDA y retroalimentación visual, favorecen de manera notable el desarrollo del pensamiento computacional en estudiantes jóvenes, incluso en etapas tempranas de la educación básica [14]. Herramientas como Duolingo han demostrado transformar actividades educativas en experiencias atractivas, y estudios indican que los juegos digitales pueden mejorar tanto las habilidades técnicas como las sociales y emocionales en niños con TEA [2], [15], [16].

Los laberintos, diseñados como herramientas gamificadas interactivas, son especialmente adecuados para la enseñanza de algoritmia. Su estructura visual y dinámica permite a los estudiantes interactuar con problemas lógicos en un entorno controlado, transformando conceptos abstractos como la secuenciación y los ciclos en acciones concretas dentro del juego. Además, los laberintos digitales pueden incorporar principios de progresividad y personalización, donde los niveles iniciales introducen conceptos básicos y los niveles avanzados fomentan habilidades cada vez más complejas, tales como la optimización de rutas y la toma de decisiones condicionales [17]-[19]. Estudios sobre juegos serios, educativos y digitales han señalado que los entornos estructurados e interactivos, como los laberintos virtuales, no solo favorecen el aprendizaje técnico, sino que también ofrecen una experiencia sensorial y visual que mejora la atención y la motivación, reducen la carga cognitiva y mejoran el razonamiento espacial y la descomposición de problemas en estudiantes [20], beneficiando a niños con diversas características cognitivas, como es el caso de la población TEA [17], [21], [22].

El pensamiento algorítmico (PA) se presenta como la base fundamental para comprender y aplicar la algoritmia en contextos educativos. Este tipo de razonamiento permite diseñar soluciones eficientes mediante una secuencia de pasos estructurados, lo que lo vincula estrechamente con el PC [23]. Resulta esencial en el desarrollo de competencias que facilitan la resolución de problemas cotidianos [24], [25] y constituye un componente clave para el desarrollo de la algoritmia [23]. Aunque tradicionalmente se asocia al PA con la informática y la programación, en realidad es una habilidad presente en la vida diaria: los humanos aplican métodos paso a paso para realizar tareas cotidianas, como buscar un nombre en una lista alfabética, cocinar una receta, usar un cajero automático o hacer fila en un supermercado [24].

La literatura coincide en que el concepto principal del PA es el algoritmo, entendido como la abstracción de un proceso en pasos ordenados [26], [27]. Como habilidad, el PA se puede evaluar en estudiantes cuando estos son capaces de realizar tareas relacionadas con secuencias y reglas, así como cuando crean y ejecutan algoritmos [23]. No obstante, para que un estudiante pueda comprender e implementar conceptos de algoritmia, es imprescindible adquirir primero las habilidades del PA, que requieren capacidades cognitivas como la descomposición, la abstracción y el reconocimiento de patrones [26], [28]. Además, el PA involucra habilidades propias como la secuenciación, la iteración (repeticiones y bucles), el uso de condicionales, y la evaluación y optimización de soluciones [23], [29]-[31]. Estas competencias constituyen la base esencial sobre la cual se construye la capacidad de resolver problemas mediante secuencias de pasos ordenados [5], [32].

Precisamente por ello, el uso de laberintos gamificados se presenta como un entorno ideal para desarrollar cada una de estas habilidades del PA de forma intuitiva y progresiva. Por ejemplo, la descomposición se observa cuando los niños dividen el laberinto en secciones más pequeñas y manejables, lo que les permite analizar posibles rutas y tomar decisiones de manera progresiva, fortaleciendo la capacidad de “descomponer problemas complejos en subproblemas más sencillos” [28], [33]. De igual manera, la secuenciación es primordial en la navegación del laberinto, ya que cada movimiento debe ejecutarse en un orden lógico para alcanzar y recolectar los objetos, reforzando la habilidad de organizar la información de forma estructurada [23]. El reconocimiento de patrones se desarrolla cuando, al enfrentarse a

laberintos de estructuras variables, pero con objetivos similares, el niño identifica regularidades que le permiten generalizar estrategias en nuevos niveles [26], [31]. La abstracción facilita que el niño se enfoque en los elementos esenciales del laberinto, descartando detalles irrelevantes, y en cuanto a la iteración y uso de bucles, según [29], [30], “los bucles permiten ejecutar una acción de manera repetitiva hasta que se cumpla una condición específica”, estas dos habilidades se evidencian en la repetición de movimientos para optimizar la ruta. Finalmente, los condicionales aparecen de manera intuitiva cuando el niño evalúa si un camino es óptimo para avanzar o si es necesario recolectar un ítem antes de continuar, lo que contribuye al desarrollo de la lógica en la toma de decisiones [29].

En este artículo se explora cómo un laberinto digital con gamificación, diseñado especialmente para niños con TEA de nivel 1, puede facilitar el desarrollo del pensamiento computacional a través del fortalecimiento del pensamiento algorítmico. El objetivo principal del estudio fue evaluar la eficacia de esta herramienta educativa mediante un análisis comparativo de los resultados obtenidos en pruebas pretest y postest, justificando la implementación de estrategias pedagógicas inclusivas y adaptadas a las necesidades específicas de esta población. El estudio se realizó con la colaboración de un grupo piloto de 4 estudiantes de la Fundación CENIDI [34], organización sin fines de lucro fundada en 1891 en Popayán, Colombia, que promueve el desarrollo integral de personas con discapacidad intelectual mediante métodos alternativos y soluciones tecnológicas.

2. METODOLOGÍA

Este estudio presenta un enfoque exploratorio-descriptivo para analizar la viabilidad de utilizar laberintos digitales gamificados como herramienta para la enseñanza del pensamiento computacional en niños con TEA de nivel 1. La investigación se fundamenta en el enfoque de Diseño Centrado en el Usuario (DCU) [35], la elección de este enfoque se debe a que prioriza las características y necesidades específicas de los usuarios a lo largo de todas las etapas del diseño y es muy frecuentemente aplicado en intervenciones gamificadas para niños TEA [36]. Estudios de diseño participativo y centrado en el usuario para TEA confirman que co-crear prototipos con terapeutas, familias y los propios niños, ajustando estímulos visuales y auditivos de manera iterativa, mejora la adecuación de la herramienta a sus necesidades cognitivas y sensoriales [37], [38].

Se realizó una búsqueda literaria sobre las habilidades asociadas a la algoritmia dentro del pensamiento computacional, utilizando las bases de datos académicas Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, SpringerLink y Google Scholar. La estrategia se articuló mediante una cadena de búsqueda booleana unificada (ver Tabla 1).

Tabla 1. Resumen del proceso de búsqueda sistemática y selección. Fuente: elaboración propia.

Fase del proceso	Descripción / Ecuación	Cantidad de artículos
Búsqueda	("computational thinking" OR "algorithmic thinking" OR "pensamiento computacional" OR "pensamiento algorítmico") AND ("skill*" OR "competenc*" OR "habilidad*" OR "competencia*" OR "learning outcome*") AND ("child*" OR "niñ*" OR "school" OR "escolar") AND ("autism" OR "ASD" OR "autismo" OR "TEA")	–
Identificación	Registros brutos identificados en bases de datos (Scopus, WoS, IEEE, Springer, G. Scholar)	119
Cribado	Registros tras eliminar duplicados y aplicar criterios de exclusión por título/resumen	59
Inclusión	Artículos seleccionados para la extracción de habilidades algorítmicas	16

Para la selección de los estudios, se aplicaron criterios de elegibilidad orientados a la especificidad técnica. Los criterios de inclusión abarcaron: (i) estudios con un enfoque educativo centrado en la algoritmia; (ii) población infantil o adolescente, incluyendo participantes neurotípicos siempre que los hallazgos fueran transferibles al perfil cognitivo del TEA; (iii) reporte detallado de competencias que permitieran una operacionalización de la algoritmia; y (iv) documentos con texto completo, revisados por pares y publicados en inglés o español.

Por otro lado, los criterios de exclusión permitieron refinar la muestra descartando: (i) trabajos con ambigüedad conceptual que carecieran de un desglose de habilidades algorítmicas específicas; (ii) estudios centrados en alfabetización digital básica o usabilidad de interfaces sin análisis de procesos algorítmicos; (iii) investigaciones con sesgo puramente clínico o técnico (hardware) sin reporte de procesos de aprendizaje; y (iv) documentos sin metodología reproducible o duplicidad de evidencia. Como se observa en la Tabla 1, este procedimiento de cribado permitió reducir la búsqueda inicial de 119 registros a una selección final de 16 artículos de alta relevancia.

Los hallazgos derivados de esta selección permitieron identificar las habilidades algorítmicas clave (secuenciación, descomposición, reconocimiento de patrones, abstracción, iteración/bucles, condicionales y evaluación/optimización), las cuales se utilizaron para construir las métricas empleadas en el pretest y postest de la presente investigación.

Adicionalmente, se optó por emplear el MDA Framework (Mechanics, Dynamics, Aesthetics) como metodología de diseño para el desarrollo del laberinto digital con gamificación, ya que esta metodología de diseño permite descomponer el juego en tres componentes esenciales: las mecánicas (las reglas y sistemas que gobiernan el juego), las dinámicas (la forma en que los usuarios interactúan con dichas mecánicas) y la estética (la experiencia emocional y la respuesta sensorial que se busca generar) [39].

2.1 Tipos de datos, medidas y análisis

Para garantizar la replicabilidad de la investigación, se recopilaron datos tanto cualitativos como cuantitativos. Los datos cualitativos se obtuvieron a través de encuestas semiestructuradas a docentes, notas de campo de las sesiones de observación en aula y los mapas de empatía construidos a partir de entrevistas con terapeutas. Estos instrumentos permitieron caracterizar el perfil de los usuarios y definir los requisitos de diseño de la herramienta. Los datos cuantitativos incluyeron las preferencias visuales de los niños (mediante el conteo de elecciones de tarjetas) y los resultados de las pruebas de algoritmia. El desempeño se midió utilizando las métricas definidas en la Tabla 2, las cuales fueron normalizadas en una escala de 0 a 5 para obtener un puntaje final. El análisis de datos fue principalmente descriptivo y comparativo, centrándose en el cálculo de puntajes normalizados, promedios y porcentajes de éxito para comparar el rendimiento entre el pretest y el postest. No se aplicaron pruebas estadísticas inferenciales debido al tamaño reducido de la muestra ($n=4$), propio de un estudio exploratorio.

La integración del MDA Framework se realizó de manera complementaria con el enfoque de DCU, lo cual garantizó que la solución final combinase rigurosamente la solidez teórica del diseño del juego con la adaptabilidad y pertinencia que exige la experiencia de los usuarios.

El estudio se estructuró en tres fases, ilustradas en la Figura 1:

Fase 1: Investigación contextual y búsqueda literaria dado que la investigación involucró la participación de menores con trastorno del espectro autista (TEA) de nivel 1, población considerada vulnerable, se obtuvo el consentimiento informado libre, previo y por escrito de los representantes legales de los niños (padres o tutores), así como la aprobación correspondiente de las autoridades institucionales de la Fundación CENIDI. Para garantizar el cumplimiento de principios éticos en la investigación con participantes humanos incluyendo menores y población vulnerable, se respetaron los principios establecidos en la Declaración de Helsinki (versión vigente al momento del estudio) para la protección de los derechos, dignidad,

bienestar y privacidad de los participantes. Todas las actividades se realizaron con sensibilidad a las necesidades sensoriales y cognitivas de los niños, garantizando su voluntariedad y minimizando cualquier riesgo o incomodidad. La fase involucró la participación de 5 docentes de la Fundación CENIDI [34], con amplia experiencia en el trastorno del espectro autista (TEA), junto con los 4 niños con TEA de nivel 1 con edades comprendidas entre 12 y 18 años, que conformaron el grupo piloto, y 3 terapeutas ocupacionales especializados en educación inclusiva.

Tabla 2. Resumen de métricas de evaluación de algoritmia. Fuente: elaboración propia.

Métrica	Descripción	Peso
Tiempo total por nivel	Mide el tiempo que tarda el usuario en completar el nivel, penalizando si excede el tiempo óptimo definido.	1,5
Número de correcciones	Cuenta cuántas veces el usuario modifica o reajusta su código antes de obtener la solución final, reflejando su capacidad de depuración.	1,5
Número de errores	Registra la cantidad de errores cometidos durante la ejecución, indicando la precisión y el control en la solución.	1,5
Uso de bucles	Evalúa si se emplea la cantidad correcta de bucles (en niveles que lo requieren); penaliza tanto el uso insuficiente como el excesivo.	2,5
Eficiencia del código	Integra la optimización del número de bloques, el cumplimiento del tiempo óptimo y el uso adecuado de bucles para valorar la eficacia global.	2,5
Estrategia inicial	Evalúa si el usuario planifica y organiza su solución de antemano o recurre mayoritariamente al ensayo y error.	2
Capacidad de generalización	Valora la habilidad para aplicar patrones o soluciones aprendidas en niveles previos a nuevos problemas con estructuras similares.	1,5
Adaptación al cambio	Mide el tiempo y la capacidad para ajustar la solución cuando se modifican las condiciones o el objetivo del desafío.	2
Interacciones con bloques irrelevantes	Cuenta el número de bloques utilizados que no aportan a la solución, afectando la claridad y optimización del código.	1,5
Concentración y frustración	Observa el nivel de atención del usuario y su respuesta emocional (frustración) durante la ejecución del código.	1
Predicción del resultado	Mide la capacidad del usuario para anticipar correctamente el comportamiento del algoritmo antes de ejecutarlo.	2
Nivel de Ayuda	Indica el grado de asistencia requerida para completar la tarea, lo que refleja el nivel de autonomía del usuario en el proceso de resolución.	1,5

Los instrumentos y procedimientos aplicados incluyeron encuestas semiestructuradas dirigidas a los docentes, enfocadas en estrategias pedagógicas, dificultades observadas y preferencias de los estudiantes. Además, se llevaron a cabo 5 sesiones de observación en aula, cada una con duración de 45 a 60 minutos, con el propósito de documentar patrones de comportamiento, niveles de atención y respuestas a estímulos durante las actividades habituales. Con base en los resultados de estas encuestas, se diseñó un conjunto de tarjetas con opciones variadas de paletas de colores, personajes y paisajes, las cuales se presentaron directamente a los niños para recopilar sus preferencias visuales. Esta información fue clave para definir el diseño del personaje principal de la narrativa y la ambientación de los niveles, asegurando que la herramienta reflejara fielmente los gustos y necesidades sensoriales de los usuarios.

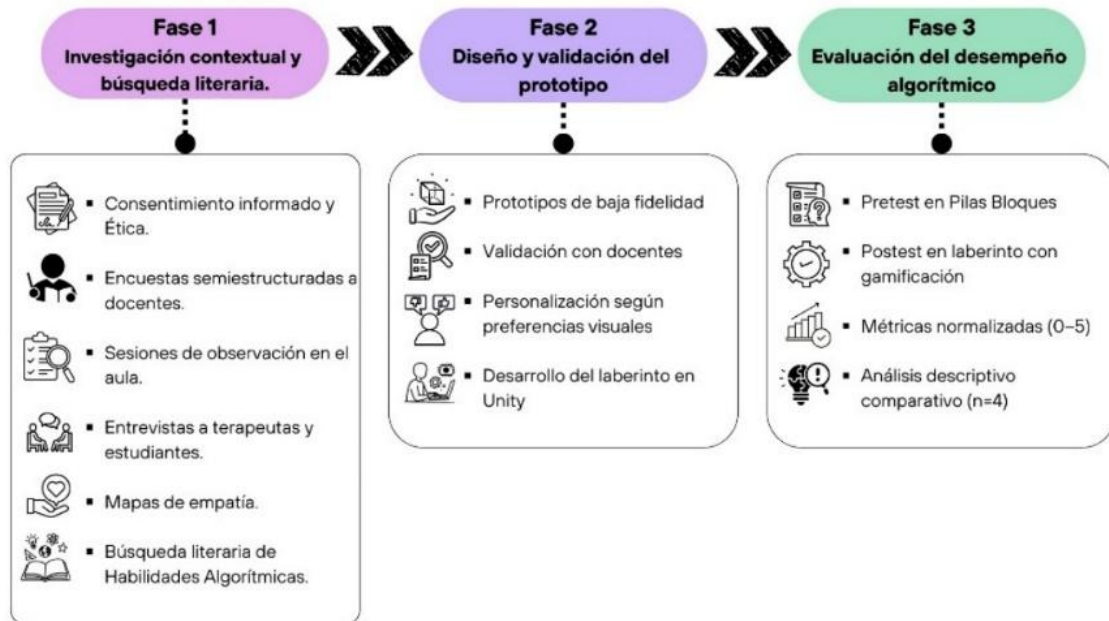


Figura 1. Diagrama de fases de la investigación. Fuente: elaboración propia.

Paralelamente, se elaboraron mapas de empatía a partir de entrevistas con los terapeutas y observaciones directas, lo que permitió identificar necesidades específicas y comportamientos característicos de los niños. Se realizaron 4 reuniones de lluvia de ideas con docentes y terapeutas, orientadas a detectar dinámicas de juego efectivas y a definir elementos clave del diseño del laberinto gamificado, tales como la incorporación de retroalimentación visual y auditiva, así como la progresividad de los niveles. De forma complementaria, se efectuó una búsqueda literaria que identificó las habilidades asociadas a la algoritmia, por ejemplo, secuenciación, uso de condicionales y bucles, sirviendo como fundamento para el desarrollo de las métricas de evaluación utilizadas en el pretest y postest.

Fase 2: Diseño y validación del prototipo, se generaron prototipos de baja fidelidad mediante imágenes creadas con herramientas de inteligencia artificial, los cuales fueron validados por los docentes involucrados. Posteriormente, considerando la validación recibida y los datos recopilados (incluidas las preferencias visuales de los niños), se procedió al diseño del laberinto digital con gamificación en el motor Unity [40], priorizando una interfaz intuitiva y adaptada a las necesidades sensoriales y cognitivas de los niños con TEA. Se integraron elementos de personalización, como la selección de colores, sonidos y temáticas, basados directamente en las preferencias expresadas por los participantes.

La Fase 3: Evaluación del desempeño algorítmico comprendió el pretest de algoritmia, realizado mediante la plataforma Pilas Bloques [41] desarrollada por Program.AR y orientada a enseñar conceptos de programación a través de bloques visuales, para evaluar inicialmente las habilidades en secuenciación, condicionales, ciclos, evaluación y optimización. El postest se llevó a cabo utilizando el laberinto digital con gamificación desarrollado. En ambas pruebas se midieron variables cuantitativas y cualitativas, tales como el tiempo total de ejecución, el número de correcciones y errores cometidos, el uso de bucles y la eficiencia del código, la estrategia inicial, la capacidad de generalización y adaptación al cambio, la interacción con bloques irrelevantes, el nivel de concentración, la predicción del resultado y el grado de frustración observado. Cada métrica se normalizó en una escala de 0 a 5; posteriormente, se sumaron los puntajes y se calcularon porcentajes globales por test mediante Microsoft Excel, software seleccionado por su simplicidad y adecuación al análisis descriptivo requerido en un estudio exploratorio con una muestra piloto reducida (n=4), donde no se aplicaron pruebas

estadísticas inferenciales complejas ni se necesitó software especializado para grandes volúmenes de datos. Este enfoque permitió una comparación directa entre el desempeño inicial y final, evidenciando los efectos positivos de la intervención gamificada.

2.2 Marco de evaluación y justificación de las métricas

Para evaluar el desempeño algorítmico en los pretest y postest, se diseñó un sistema de métricas basado en la literatura sobre pensamiento computacional y pensamiento algorítmico. Dicho sistema integra aspectos cuantitativos (tiempo, número de correcciones y errores) y cualitativos (estrategia inicial, capacidad de generalización, adaptación al cambio, entre otros), permitiendo medir de forma integral los componentes críticos de la algoritmia. Esta combinación se sustenta en experiencias de evaluación de pensamiento computacional en poblaciones con discapacidad cognitiva, donde la medición mixta (tiempo, errores y observaciones cualitativas) ha demostrado ser válida para detectar mejoras en PA [42].

Los ítems evaluados se agrupan en dos niveles, de acuerdo con la complejidad del juego:

- Nivel 1 – Juego Simple: Se centra en la secuenciación y la optimización de la solución (sin requerir el uso de bucles). Las métricas evaluadas en este nivel fueron; Tiempo total, Número de correcciones, Número de errores, Estrategia inicial, Predicción de resultado, Interacción con bloques irrelevantes, Eficiencia del código, Concentración y frustración y Nivel de ayuda.
- Nivel 2 – Juego Avanzado: Incorpora la aplicación de estructuras repetitivas (bucles) junto con otros aspectos como adaptación y generalización. Las métricas evaluadas en este nivel fueron; Tiempo total, Número de correcciones, Número de errores, Uso de Bucles, Interacción con bloques irrelevantes, Eficiencia del código, Estrategia inicial, Predicción de resultado, Adaptación al cambio, Capacidad de generalización, Concentración y frustración y nivel de ayuda.

A continuación, se presenta la descripción detallada de las 12 métricas, indicando para cada una: tipo de dato, formato de registro (dato bruto y unidad), y la fórmula o regla de normalización a escala 0–5.

2.2.1 Descripción y normalización de las 12 métricas

1. Tiempo total por nivel
 - Tipo de dato y registro: variable continua. Tiempo transcurrido desde inicio hasta solución funcional en cada nivel, registrado en segundos (cronómetro manual/digital).
 - Valor óptimo: Nivel 1 = 180 s; Nivel 2 = 240 s.
 - Normalización (0–5):
 - Si Tiempo Obtenido \leq Tiempo Óptimo \rightarrow 5 puntos.
 - Si excede, penaliza 1 punto por cada 30 s adicionales, hasta mínimo 0
- $$(k_t = 1 \text{ punto} / 30 \text{ segundos} = 0,033).$$
- Ecuación para calcular el puntaje de la métrica (1):

$$\text{Puntaje Tiempo} = \text{máx}(0,5 - k_t * (\text{Tiempo Obtenido} - \text{Tiempo Óptimo})) \quad (1)$$
 - Si se superar el óptimo se resta 1 punto por cada 30 s extras, con límites en [0,5].
2. Número de correcciones
 - Tipo de dato y registro: variable discreta (conteo). Número de reajustes al código antes de solución final; anotado en ficha
 - Normalización (0–5): asignación directa:
 - 0 correcciones \rightarrow 5 puntos; 1 \rightarrow 4; 2 \rightarrow 3; 3 \rightarrow 2; $>3 \rightarrow$ 1.

3. Número de errores

- Tipo de dato y registro: variable discreta (conteo). Cantidad de ejecuciones fallidas o acciones inválidas; registro manual.
- Normalización (0–5):
 - Ecuación para calcular el puntaje de la métrica (2):

$$Puntaje Errores = \text{máx}(0,5 - k_e * \text{Numero de Errores}) \quad (2)$$

- La constante (k_e) = 0,67 penaliza moderadamente; por ejemplo, 3 errores $\rightarrow \approx 3$ puntos.

4. Estrategia inicial

- Tipo de dato y registro: variable ordinal/cualitativa. Observación de si planifica antes de ejecutar o recurre mayoritariamente a ensayo-error (observación directa y/o breve entrevista).
- Normalización (0–5): asignación directa: Planificación $\rightarrow 5$; Mixto $\rightarrow 3$; Predominio ensayo-error $\rightarrow 1$.

5. Predicción del resultado

- Tipo de dato y registro: variable binaria/ordinal. Evaluación cualitativa de la anticipación previa a ejecutar el algoritmo; registrado mediante pregunta breve antes de la ejecución u observación directa.
- Normalización (0–5): asignación directa: Correcta $\rightarrow 5$; Incorrecta $\rightarrow 1$.

6. Interacciones con bloques irrelevantes

- Tipo de dato y registro: variable discreta (conteo). Número de bloques incluidos en el código que no contribuyen a la solución; analizado en el código o ficha de observación.
- Normalización (0–5):
 - Ecuación para calcular el puntaje de la métrica (3):

$$Puntaje Bloques Irrelevantes = \text{máx}(0,5 - k_b * \text{Numero de Bloques Irrelevantes}) \quad (3)$$

- Ej.: 2 bloques irrelevantes $\rightarrow 3$ puntos.

7. Concentración y frustración

- Tipo de dato y registro: variable ordinal. Nivel de atención y grado de frustración observados durante la prueba, registrado en ficha con criterios operativos claros (observación directa o video).
- Normalización (0–5): asignación directa según categorías predefinidas:
 - Alta concentración y baja frustración $\rightarrow 5$;
 - Intermedio $\rightarrow 4$;
 - Alta concentración y alta frustración $\rightarrow 3$;
 - Baja concentración y baja frustración $\rightarrow 2$;
 - Baja concentración y alta frustración $\rightarrow 1$.

8. Nivel de ayuda

- Tipo de dato y registro: variable ordinal. Grado de asistencia requerida del evaluador y/o terapeuta durante la tarea; registrado en ficha de observación.
- Normalización (0–5): asignación directa: No ayuda $\rightarrow 5$; Ayuda leve $\rightarrow 4$; Ayuda moderada $\rightarrow 2$; Ayuda constante $\rightarrow 0$.

9. Uso de bucles

- Tipo de dato y registro: variable discreta + coeficiente de correctitud. Conteo de bucles usados en el código y verificación de su funcionamiento (correcto/parcial/erróneo); analizado en el código capturado o logs.
- Normalización (0–5):

- Sea R = número óptimo de bucles requeridos; L = bucles usados; *Coeficiente de Correctitud* = 1,0 si los bucles usados funcionan correctamente, 0,6 si parcialmente, 0 si erróneo.
- Ecuación para calcular el puntaje de la métrica (4):

$$\text{Puntaje Bucles} = \max\left(0,5 - \frac{5}{R} * |L - R|\right) * \text{Coeficiente de Correctitud} \quad (4)$$

10. Eficiencia del código

- Tipo de dato y registro: variable continua compuesta. Integra penalizaciones por exceso de bloques, tiempo y desviación en uso de bucles. Utiliza puntajes de métricas anteriores. Datos: conteos de bloques vs. óptimos, tiempo crudo, bucles usados y correctitud.
- Normalización (0–5):
 - Penalización por bloques:
 - Se calcula la diferencia de bloques (expresada en forma decimal con (5) (si (5) < 0, se toma 0).

$$\text{Diferencia de Bloques} = \frac{B + E + I}{\text{Numero de Bloques Óptimos}} - 1 \quad (5)$$

donde B = número de bloques correctos; E = cantidad de errores; I = Numero de bloques irrelevantes usados.

- La penalización por bloques de cálculo mediante (6), con $k_{ef} = 6,4$:

$$\text{Penalización por Bloques} = k_{ef} * \max(0, \text{Diferencia de Bloques}) \quad (6)$$

- Penalización por tiempo:
- Si Tiempo Obtenido \leq Tiempo Óptimo \rightarrow Penalización por tiempo = 0; si excede, se calculó mediante (7).

$$\text{Penalización Tiempo} = 5 - \text{Puntaje Tiempo} \quad (7)$$

donde Puntaje Tiempo es el puntaje de la métrica de Tiempo total por nivel (1).

- Penalización por bucles:
- Para el nivel 1 que no utiliza bucles \rightarrow Penalización por bucles = 0; en caso contrario, se calculó mediante (8).

$$\text{Penalización Bucles} = 5 - \text{Puntaje Bucles} \quad (8)$$

donde Puntaje Bucles es el puntaje de la métrica de Uso de Bucles (4).

- Ecuación de Eficiencia final (9):

$$\begin{aligned} \text{Puntaje Eficiencia} \\ = \max(0,5 - \text{Penalización Bloques} - \text{Penalización Tiempo} \\ - \text{Penalización Bucles}) \end{aligned} \quad (9)$$

11. Adaptación al cambio

- Tipo de dato y registro: variable continua luego ordinal. Tiempo que tarda en ajustar la solución tras modificación de condiciones u objetivo; registrado en segundos con cronómetro desde la indicación hasta ajuste funcional.
- Normalización (0–5):

- Si Tiempo de ajuste ≤ 30 s \rightarrow 5 puntos; si excede, penaliza 1 punto por cada 30 s extra, hasta 0.
- Ecuación para calcular el puntaje de la métrica (10):

$$\text{Puntaje Adaptación} = \text{máx} \left(0,5 - k_a * \left(\frac{\text{Tiempo de ajuste} - 30}{30} \right) \right) \quad (10)$$

- La constante de penalización k_a se definió empíricamente $k_a = 2$.

12. Capacidad de generalización

- Tipo de dato y registro: variable binaria/ordinal. Observación de si aplica patrones o soluciones de niveles previos en nuevo reto similar; analizado en el código final.
- Normalización (0–5): asignación directa: Sí \rightarrow 5; No \rightarrow 0.

En la Tabla 2 se incluyen los pesos de cada métrica para la ponderación global (por ejemplo, Tiempo total por nivel: peso 1,5; Uso de bucles: peso 2,5; Eficiencia del código: peso 2,5; Estrategia inicial: peso 2; etc.). Estos pesos corresponden a coeficientes de ponderación adimensionales (dimensión 1), definidos para establecer la importancia relativa de cada métrica dentro del modelo de evaluación. Se utilizan para calcular un puntaje global en cada test, sumando puntajes normalizados multiplicados por su peso y escalando al 100 % según la suma máxima posible.

2.2.2 Justificación y construcción de las métricas

La selección y construcción de estas métricas se fundamentó en la necesidad de evaluar integralmente el pensamiento algorítmico, componente esencial del pensamiento computacional [23]. Indicadores como el tiempo total, el número de correcciones y errores son directos reflejos de la capacidad de planificación y de la evaluación, mientras que el uso adecuado de bucles es crucial para optimizar soluciones [43], [44]. La eficiencia del código se diseñó como una métrica compuesta que integra múltiples aspectos de la solución, resaltando la importancia de desarrollar algoritmos bien estructurados bajo una secuencia [45].

Por otro lado, aspectos cualitativos como la estrategia inicial, la capacidad de generalización, la adaptación al cambio y el uso adecuado de estructuras condicionales permiten evaluar la capacidad del usuario para planificar, transferir conocimientos, tomar decisiones lógicas y ajustar soluciones ante variaciones en el problema [46]. Finalmente, indicadores como las interacciones con bloques irrelevantes, la concentración, la predicción del resultado y el nivel de ayuda brindan una visión del enfoque, claridad y autonomía del usuario en el proceso de resolución [45]. Estos elementos son fundamentales para comprender la eficacia de la intervención gamificada y se basan en estudios previos que destacan la importancia de medir tanto aspectos técnicos como emocionales y de estrategia en la enseñanza de la algoritmia [29]-[32].

Estas métricas se aplicaron de forma consistente en el pretest y en el postest, permitiendo comparar directamente el desempeño antes y después de la intervención con laberintos digitales gamificados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los hallazgos se organizaron en varios ejes: preferencias de diseño y visuales según niños, percepción y estrategias de los docentes, observaciones en aula, mapas de empatía, resultados del pretest y postest de algoritmia, y finalmente una discusión comparativa.

3.1 Encuesta a docentes: percepción y estrategias

Se encuestó a cinco docentes de la Fundación CENIDI sobre cuatro niños con TEA (Niño CE, Niño CA, Niño CH, Niño GU) y una niña (Niño MA, que fue excluida posteriormente por requerir apoyo intensivo en actividades). Los resultados se resumen en la siguiente tabla (ver Tabla 3):

Tabla 3. Resumen de encuesta a docentes sobre los 5 niños. Fuente: elaboración propia.

Niño	Emociones al completar actividades	Personajes y/o animales preferidos	Colores preferidos	Sonidos motivadores	Recompensas efectivas	Comportamiento ante errores	Actividades que captan atención	Entorno ideal
CE	Tranquilidad, felicidad, sensación de logro	Tortugas, erizos, personajes de videojuegos	Amarillo, azul, verde	Monedas de Mario, argollas de Sonic	Felicitaciones verbales.	Frustración regulada	Videojuegos, rompecabezas	Espacios tranquilos, música suave.
CA	Felicidad, emociones estereotipadas (ej. aleteo de manos)	Superhéroes, personajes de series y videojuegos.	No tiene colores preferidos.	Risas, canciones parodia.	Felicitaciones verbales + dibujar	Baja tolerancia al fracaso	Dibujos, lenguaje de señas	Espacios tranquilos
CH	Alegría, Auto felicitación (ej. "¡Lo hice!")	Bob esponja, los increíbles, pingüinos de Madagascar	Naranja	Risas	Felicitaciones verbales + animación.	Evitación (ej. esconde la cara)	Dibujar, rompecabezas simples	Espacios tranquilos, evitar ruidos fuertes.
GU	Celebración con risas.	Perros, pájaros, superhéroes (ej. Spiderman), reloj.	Colores suaves.	Melodías suaves, sonidos naturales.	Felicitaciones verbales + premios pequeños.	Llanto, pataleta	Juegos de construcción, manualidades	Espacios tranquilos, música tranquila.
MA	Alegría, tranquilidad	Peluches, muñecas de trapo, muñecas bebés.	Colores primarios.	Campanas, risas	Felicitaciones verbales + recompensas tangibles.	Frustración, autoagresión, desinterés.	Rompecabezas, medios audiovisuales	Espacios con pocos estímulos

3.2 Preferencias visuales según niños

A partir de la encuesta a docentes y de la aplicación directa de tarjetas con opciones de paletas de colores, personajes y paisajes, se recopiló la preferencia visual de cada niño. Los resultados de esta actividad permitieron definir el diseño del personaje del laberinto y la ambientación de los dos niveles, basándose en las elecciones más escogidas por los niños (ver Tabla 4).

Tabla 4. Síntesis de preferencias visuales según niños. Fuente: elaboración propia.

Niño	Personajes	Paisaje	Paleta de Colores
CE	Mario (Super Mario Bros), Sonic	Playa animada	Violeta, amarillo, naranja, rojo.
CA	Pocoyo, Bob Esponja	Desierto animado	Verde oliva, amarillo, naranja claro, rosa.
CH	Bob Esponja	Playa animada	Azul oscuro, lavanda, verde cian, blanco.
GU	Finn (Hora de aventura), Jake (Hora de aventura)	Playa animada	Azul oscuro, rojo, amarillo, verde

3.3 Observaciones en el aula

Mediante las sesiones de observaciones sin intervención se tomaron apuntes de las actividades regulares y cotidianas de las aulas de los niños del grupo piloto, cuyos resultados se sintetizan a continuación (ver Tabla 5), esta información fue muy relevante para caracterizar al usuario y entender las características y comportamientos regulares.

Tabla 5. Síntesis de sesiones de observaciones en aulas. Fuente: elaboración propia.

Niño	Comunicación	Atención/ Instrucciones	Habilidades tecnológicas	Respuesta emocional	Interacción social	Preferencia/ Intereses
CE	Tímido; habla despacio; evita contacto visual.	Sigue instrucciones lineales en intervalos cortos; se distrae fácilmente.	Destaca en uso de periféricos (mouse/teclado); anticipa movimientos en juegos; autónomo.	Entusiasmo ante retroalimentación positiva (felicitaciones); disfruta desafíos.	Interacción limitada con pares; habla/ríe solo; contacto visual hacia el piso.	Juegos digitales con recompensas inmediatas; desafíos de "pelea" con enemigos.
CA	Hace preguntas frecuentes; cuestiona instrucciones ("¿Por qué?").	Requiere repetición de instrucciones; resistencia a rutinas.	Hábil en herramientas digitales (Paint, juegos en línea); creatividad artística destacada.	Se enoja ante invasión de espacio personal; frustración con repetición de actividades.	Prefiere actividades individuales; interactúa poco sin motivación externa.	Prefiere juegos estructurados (Minecraft, Zelda); interés en dibujo digital.
CH	Expresivo corporalmente; participa efusivamente; pide la palabra levantando mano.	Sigue instrucciones con disposición alegre; alta energía.	No se detalla uso específico; requiere verificación.	Emociones intensas (felicidad/sensibilidad); se tapa la cara ante conflictos.	Disfruta contacto físico (saludo con manos); empatía ante regaños a compañeros.	Conexión con rutinas (canción de bienvenida); actividades dinámicas.
GU	Usa gestos/contacto físico para comunicarse; habla poco.	Requiere apoyo constante de terapeuta; sigue instrucciones iniciales.	Busca páginas de juegos autónomamente; selecciona personajes; reacciona a estímulos sonoros.	Ríe ante situaciones cómicas en juegos; celebra logros con entusiasmo; llantos repentinos.	Depende del terapeuta para interacción; contacto físico como medio de comunicación.	Juegos con estímulos sonoros (ejem. Sik Trix BMX); interés en videos cortos de juegos.

3.4 Mapas de empatía

Los mapas de empatía, una herramienta cualitativa utilizada en el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), se realizaron para comprender las necesidades, comportamientos y motivaciones de los participantes desde su perspectiva. Para elaborarlos nos ponemos en la piel de nuestros niños con TEA, pensar como pensaría él y actuar como actuaría, de manera que la información que se recopiló con este instrumento nos sirvió para mejorar la relación con ellos y definir aspectos relevantes para el diseño de nuestro laberinto gamificado.

Los mapas de empatía se estructuraron respondiendo 6 preguntas o áreas fundamentales para caracterizar a los niños [47] (ver Figura 2), estas se respondieron mediante la recolección de información de observaciones en el aula, entrevistas con los terapeutas, encuesta a los docentes y la actividad de preferencia con los niños involucrados, lo que permite personalizar el diseño del laberinto gamificado según los perfiles individuales de los niños (ver Tabla 6).

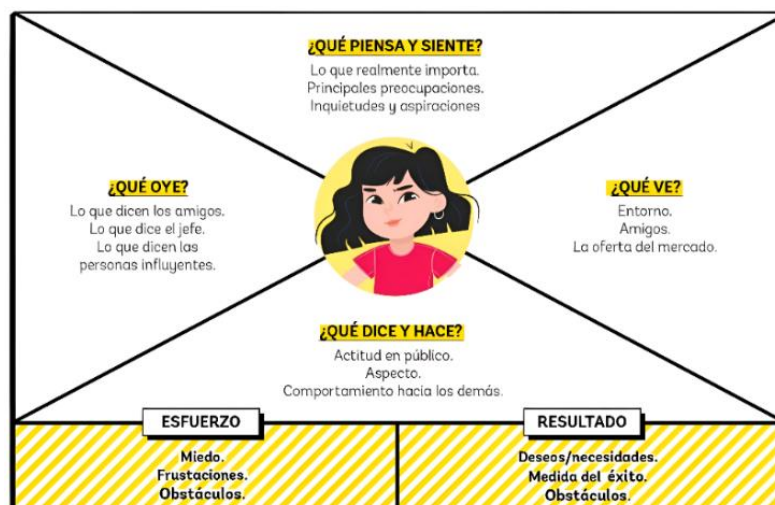


Figura 2. Estructura de mapa de empatía utilizado. Fuente: adaptada de [38].

Tabla 6. Síntesis de mapas de empatía. Fuente: elaboración propia.

Niño	¿Qué ve?	¿Qué escucha?	¿Qué piensa/ siente?	¿Qué dice/ hace?	Esfuerzo (desafíos)	Resultados esperados
CE	Entorno estructurado; interacciones sociales limitadas.	Sonidos de juegos (monedas de Mario); instrucciones claras.	Necesita desafíos tecnológicos con recompensas inmediatas; evita presión social.	Habilidades tecnológicas destacadas; habla en tono bajo y evita contacto visual.	Superar distracciones visuales; tolerar instrucciones prolongadas.	Mejorar concentración y resolución de problemas mediante reconocimiento de logros.
CA	Actividades repetitivas; espacios que limitan su creatividad.	Pregunta "¿Por qué?"; sonidos de juegos como Minecraft.	Frustración con la rutina; busca expresar creatividad mediante dibujo digital.	Cuestiona instrucciones; crea personajes en Paint.	Manejar frustración ante repetición; aceptar instrucciones sin justificación excesiva.	Desarrollar pensamiento algorítmico mediante desafíos creativos y construcción libre.
CH	Aula dinámica; interacciones físicas con compañeros.	Canciones de bienvenida; retroalimentación positiva de docentes.	Desea participar activamente; evita conflictos.	Expresa alegría con movimientos; sigue normas levantando la mano.	Adaptarse a tareas sedentarias; manejar sensibilidad en juegos competitivos.	Fortalecer habilidades sociales mediante actividades digitales interactivas y en equipo.
GU	Dependencia de terapeuta; actividades que requieren comunicación verbal.	Risa ante estímulos sonoros; instrucciones guiadas por terapeuta.	Disfruta juegos con personajes seleccionables; necesita apoyo constante.	Comunica con gestos; busca páginas de juegos autónomamente.	Comprender dinámicas sin apoyo verbal; manejar frustración ante actividades no claras.	Aumentar autonomía en entornos digitales mediante retroalimentación visual/sonora.

3.5 Pretest de algoritmia

Se empleó la plataforma Pilas Bloques [41], para evaluar las habilidades algorítmicas.

3.5.1 Pilas Bloques y su uso en el pretest

Para la evaluación inicial de las habilidades de algoritmia de los niños con TEA, la plataforma Pilas Bloques fue seleccionada debido a su diseño estructurado y su enfoque en la resolución de problemas a través de la manipulación de secuencias de bloques, lo que favorece el desarrollo de habilidades en niños [6], así mismo siguiendo como sugerencia dada por parte de los docentes y terapeutas de la fundación, quienes comunicaron el uso de esta página para enseñar a los niños de manera divertida e interactiva. Esta herramienta permite a los usuarios el poder construir secuencias de instrucciones para llegar a una meta, conectando y arrastrando bloques, ayudando a fomentar la comprensión de temáticas como la secuenciación, bucles y condicionales. En el pretest se emplearon desafíos de laberintos simples y bucles, con el objetivo de poder medir la capacidad de los niños para organizar movimientos y así mismo aplicar estructuras repetitivas.

Para nuestro estudio, la fase de pretest fue desarrollada con un grupo piloto de 4 niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA) de nivel 1, pertenecientes a la Fundación CENIDI [34]. Se les realizó pruebas en 2 niveles de Pila Bloques: un nivel sencillo enfocado en secuenciación (ver Figura 3) y otro que involucra bucles y obstáculos para una mayor dificultad (ver Figura 4).



Figura 2. Interfaz de Pilas Bloques utilizado como nivel 1 en el pretest. Fuente: tomada de [41].



Figura 4. Interfaz de Pilas Bloques utilizado como nivel 2 en el pretest. Fuente: tomada de [41].

3.5.2 Limitaciones de Pilas Bloques en la enseñanza para niños con TEA

Sin embargo, a pesar del potencial didáctico que ofrece Pilas Bloques [41], durante la aplicación del pretest con los niños se evidenciaron varias dificultades en el uso de la herramienta que obstaculizaron un aprendizaje efectivo para esta población con trastorno del espectro autista (TEA). En particular, se observó una escasa retroalimentación auditiva y visual: la ausencia de estímulos sonoros al iniciar cada nivel, al mover bloques o al ejecutar movimientos del personaje, junto con una retroalimentación visual limitada, dificultaba el mantenimiento del interés y la concentración de los niños. Asimismo, se presentó complejidad en la comprensión y ejecución de los movimientos secuenciales requeridos por los desafíos, principalmente debido a la falta de ejecución de movimientos en tiempo real, lo que generaba confusión en la planificación de acciones.

Otro aspecto relevante fue la dificultad en la planificación: la plataforma exige diseñar la secuencia completa de pasos y acciones del personaje antes de ejecutarla, lo que representó un desafío significativo para los niños con TEA. En consecuencia, mostraron una mayor dependencia del ensayo y error en lugar de una planificación anticipada, ya que no podían prever con claridad la posición del personaje en cada momento. Además, la interfaz no resultó óptima, al presentar una gran cantidad de elementos visuales que provocaban sobrecarga sensorial y visual en los participantes. Finalmente, se detectó una falta de personalización: aunque la herramienta ofrece numerosos niveles variados, los objetos a recolectar y las tareas están preestablecidos, lo que generó desinterés en los niños al no relacionarse con temas o elementos comunes en su día a día un factor clave para captar su atención, según los expertos de la Fundación CENIDI [34].

Estas limitaciones observadas permiten concluir que resulta necesario adaptar una plataforma como Pilas Bloques para lograr un uso más eficiente y una enseñanza de la algoritmia mucho más efectiva en niños con TEA. Aunque la actividad resultó complicada para ellos y los niveles utilizados en el pretest solo fueron completados en su totalidad por algunos participantes, con casos en los que los niños terminaron estresados, frustrados o de mal humor debido a la falta de adaptación, Pilas Bloques mantiene un gran potencial para enseñar programación y conceptos algorítmicos en poblaciones sin estas particularidades.

Durante el pretest se evaluaron 4 niños, obteniéndose los siguientes resultados:

- Niño CA: 40 puntos en Nivel 1 y 100,5 puntos en Nivel 2, alcanzando un puntaje global de 140,5 sobre 180.
- Niño GU: 37 puntos en Nivel 1 y 76,5 puntos en Nivel 2, con un puntaje global de 113,5 sobre 180.
- Niño CE: Completó únicamente el Nivel 1, obteniendo 43 puntos.
- Niño CH: Realizó solo el Nivel 1, alcanzando 8,5 puntos.

El puntaje global promedio, considerando a los 4 niños, fue de aproximadamente 76,4 puntos sobre 180, lo que equivale a un 42,4 % de éxito en algoritmia. La interacción de los participantes con la plataforma y la distribución de estos puntajes se detallan a continuación (ver Figuras 5, 6, 7, 8 y 9). Sin embargo, es importante destacar que la nula participación en el Nivel 2 por parte del Niño CE y Niño CH se debió a altos niveles de estrés y a la falta de disposición para continuar con desafíos de mayor complejidad.



Figura 5. Niño interactuando con el Nivel 1 de Pilas Bloques (rostros difuminados por privacidad). Fuente: elaboración propia.



Figura 6 Niño interactuando con el Nivel 2 de Pilas Bloques (rostros difuminados por privacidad). Fuente: elaboración propia.

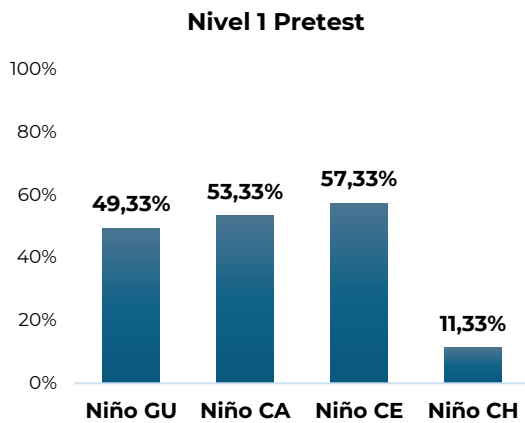


Figura 7. Distribución de porcentajes del nivel 1 del Pretest. Fuente: elaboración propia.

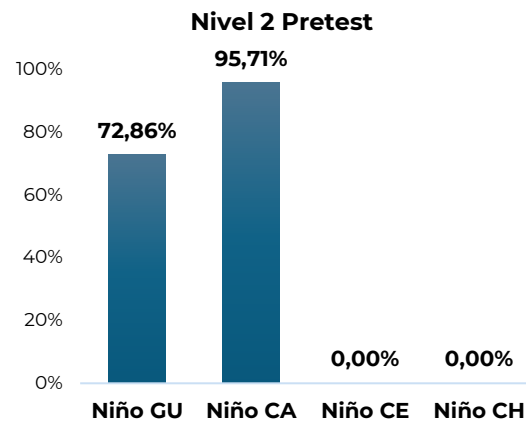


Figura 8. Distribución de porcentajes del nivel 2 del Pretest. Fuente: elaboración propia.

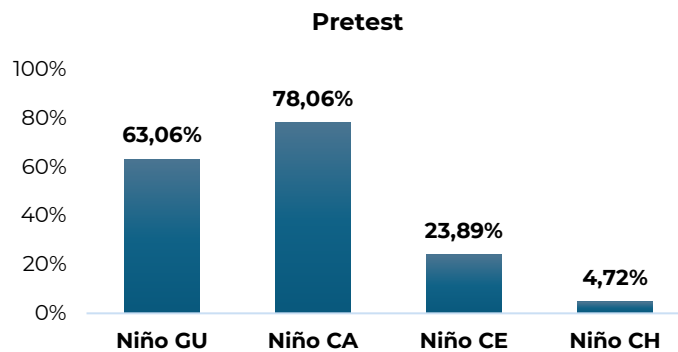


Figura 9. Distribución de porcentajes global del Pretest. Fuente: elaboración propia.

La baja participación en el Nivel 2 en el pretest (observada en los casos de Niño CE y Niño CH) se interpretó como un indicador de alta tensión y desmotivación al enfrentar desafíos complejos. Esto resalta la necesidad de adaptar la interfaz y la retroalimentación de la herramienta para reducir el estrés y aumentar la motivación en niños con TEA.

3.6 Postest de algoritmia

Para superar las limitaciones de Pilas Bloques [41], se diseñó un laberinto digital con gamificación.

3.6.1 Laberinto gamificado y su uso en el postest

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en la fase del pretest y al evidenciar que Pilas Bloques es una buena herramienta para la enseñanza de la Algoritmia, siendo posible el evaluar está en la plataforma. Sin embargo, con las limitaciones que esta presenta para la enseñanza en niños de la población TEA, se optó por diseñar una herramienta gamificada en Unity, el cual es un motor y entorno de desarrollo para la creación de videojuegos ampliamente reconocido en la creación de juegos en 2D y 3D [40]. Este entorno de desarrollo permitió incorporar mejoras relevantes, basándose en las limitaciones encontradas en la plataforma Pilas Bloques. Así pues, la creación del laberinto gamificado se fundamentó en un proceso de personalización basado en mapas de empatía, observaciones directas, los intereses de los niños, y las recomendaciones de terapeutas, docentes y expertos de la Fundación CENIDI [34], lo que se alinea con estrategias 'gameful' inclusivas que promueven el trabajo colaborativo entre educadores, desarrolladores y familias, y destacan la efectividad de interfaces visuales adaptadas en niños con TEA [48]. Esto con el fin de que la herramienta fuese amena y contara con personalización adecuada para esta población y así lograr captar su atención y que la enseñanza de la algoritmia sea más efectiva que en la plataforma, al tratar de cumplir con las falencias encontradas.

3.6.2 Mejoras de la herramienta gamificada

Las mejoras clave implementadas en el prototipo de la herramienta gamificada se centraron en superar las limitaciones identificadas en Pilas Bloques y en adaptar el entorno a las necesidades sensoriales, cognitivas y motivacionales de los niños con TEA nivel 1.

En primer lugar, se incorporó una retroalimentación multisensorial robusta mediante la adición de efectos sonoros y visuales que refuerzan cada acción realizada por los niños. Entre estas mejoras destacan: sonidos específicos al tomar un bloque de movimiento (anunciando la dirección en la que camina el personaje), ventanas emergentes al recolectar un coleccionable (con el nombre del objeto, un sonido asociado y una imagen ampliada del mismo), anuncios visuales y auditivos para movimientos incorrectos, y sonidos de felicitación inmediatos al alcanzar un objetivo. Estas características contribuyeron notablemente a mejorar el nivel de atención y la motivación de los participantes.

Otro avance importante fue la interacción en tiempo real: a diferencia de Pilas Bloques, donde la ejecución de la secuencia se realiza solo al final, el laberinto gamificado permite observar los movimientos del personaje de forma inmediata mientras se construye la solución. Esta ejecución progresiva facilita la comprensión de las secuencias, reduce la carga cognitiva asociada a la planificación anticipada y apoya una mejor toma de decisiones durante el proceso.

La interfaz se simplificó y adaptó para evitar sobrecarga visual: se eliminaron elementos innecesarios y se diseñaron los niveles con una personalización específica en paletas de colores, sonidos y temáticas, ajustados directamente a las preferencias expresadas por los niños (ver Figuras 10 y 11). De igual manera, se desarrolló una narrativa y motivación personalizada mediante la incorporación de una temática basada en instrumentos musicales un contenido recurrente en el aprendizaje cotidiano de los alumnos de la Fundación CENIDI [34] y la creación de un personaje principal que combina rasgos de los personajes favoritos seleccionados por los niños, lo que incrementó notablemente su compromiso y disposición hacia la actividad.



Figura 3. Interfaz del Laberinto Gamificado desarrollado, primer nivel. Fuente: elaboración propia.



Figura 4. Interfaz del Laberinto Gamificado desarrollado, segundo nivel. Fuente: elaboración propia.

Los escenarios también se personalizaron: los niveles incluyeron lugares y ambientaciones elegidos por los propios niños, lo que favoreció una mayor identificación con el entorno y contribuyó a mejorar su atención y concentración sostenida (ver Figuras 10 y 11). Finalmente, se adoptó una estructura progresiva con niveles de dificultad ajustable, fundamentada en directrices de diseño inclusivo para TEA que recomiendan retroalimentación clara y adaptaciones sensoriales graduales [7]. Esta progresividad permitió a los niños avanzar de manera secuencial, reforzar conceptos previamente aprendidos y experimentar un aumento gradual en la complejidad sin generar frustración excesiva.

Con estas adaptaciones, el prototipo logró ofrecer una experiencia más inclusiva, motivadora y pedagógicamente efectiva, alineada con las características y necesidades específicas de la población objetivo.

3.6.3 Resultados del pretest

Los resultados del postest fueron los siguientes:

- Niño CA: 75 puntos en Nivel 1 y 98 puntos en Nivel 2, con un puntaje global de 173 sobre 180.
- Niño GU: 75 puntos en Nivel 1 y 91 puntos en Nivel 2, alcanzando un puntaje global de 166 sobre 180.
- Niño CE: 75 puntos en Nivel 1 y 79,5 puntos en Nivel 2, sumando 154,5 sobre 180.

- Niño CH: 29,5 puntos en Nivel 1 y 35 puntos en Nivel 2, con un puntaje global de 64,5 sobre 180.

El puntaje global promedio, considerando a los 4 niños, fue de aproximadamente 139,5 puntos sobre 180, lo que equivale a un 77,5 % de éxito en algoritmia. La interacción de los participantes con la herramienta gamificada desarrollada y la distribución de estos puntajes se detallan a continuación (ver Figuras 12, 13, 14, 15 y 16).



Figura 12. Niño interactuando con el Nivel 1 del Laberinto Gamificado (rostros difuminados por privacidad). Fuente: elaboración propia.



Figura 13. Niño interactuando con el Nivel 2 del Laberinto Gamificado (rostros difuminados por privacidad). Fuente: elaboración propia.

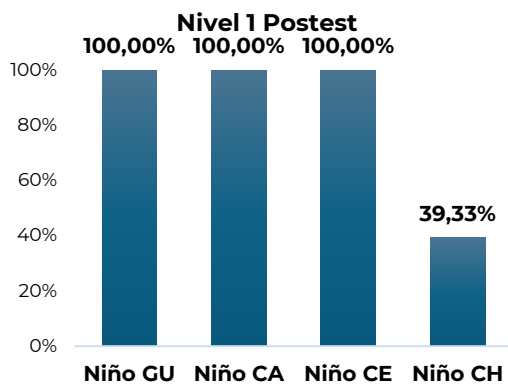


Figura 14. Distribución de porcentajes del nivel 1 del Postest. Fuente: elaboración propia.

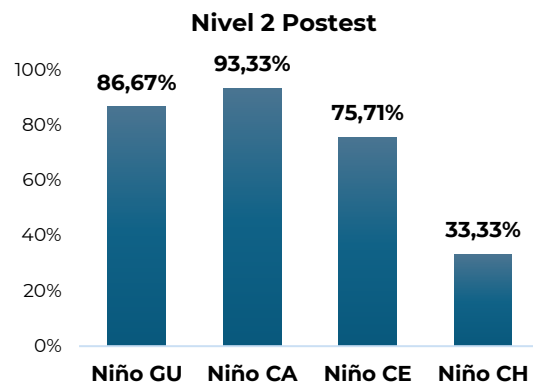


Figura 15. Distribución de porcentajes del nivel 2 del Postest. Fuente: elaboración propia.

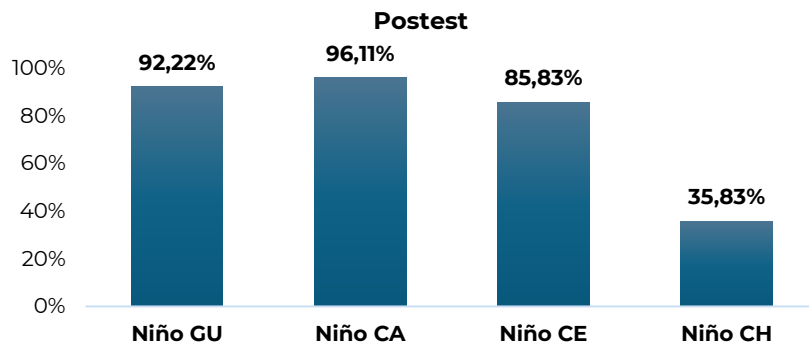


Figura 5. Distribución de porcentajes global del Postest. Fuente: elaboración propia.

3.7 Análisis comparativo y experiencia de usuarios

Los datos registrados durante la interacción con la herramienta gamificada mostraron un cambio en el patrón de resolución de problemas respecto a la fase inicial. Se registró un aumento en la planeación de secuencias de pasos antes de la ejecución y una disminución en la recurrencia al ensayo y error. En cuanto a la conducta, durante las sesiones de juego los participantes mantuvieron la interacción y la concentración durante períodos más extensos en comparación con lo observado en Pilas Bloques. Paralelamente, las manifestaciones de frustración se redujeron, facilitando la continuidad en la experiencia educativa.

La personalización del ambiente, basada en los intereses y requerimientos particulares de los niños, coincidió con una mayor disposición a la actividad. El uso de componentes visuales y auditivos generó una dinámica de interacción distinta a la prueba previa del pretest. Tanto los profesores como los terapeutas reportaron que los apoyos (pistas y guiños visuales) y adaptaciones facilitaron la resolución de los retos propuestos, actuando como soporte durante la actividad. En general, el juego fue percibido como fácil de usar y estimulante, con una experiencia lúdica que mantenía alta la motivación de los niños.

Asimismo, el uso de la herramienta gamificada facilitó una enseñanza más efectiva de la algoritmia. La habilidad para organizar secuencias y aplicar conceptos como ciclos y condicionales se desarrolló de forma natural, dado que los niños podían visualizar y ejecutar las acciones en tiempo real, lo que favoreció la comprensión y el uso de dichos conceptos.

La comparación directa del rendimiento entre ambas pruebas evidencia el progreso de los participantes, tanto a nivel de cada desafío como en el puntaje global de algoritmia (ver Figuras 17, 18 y 19).

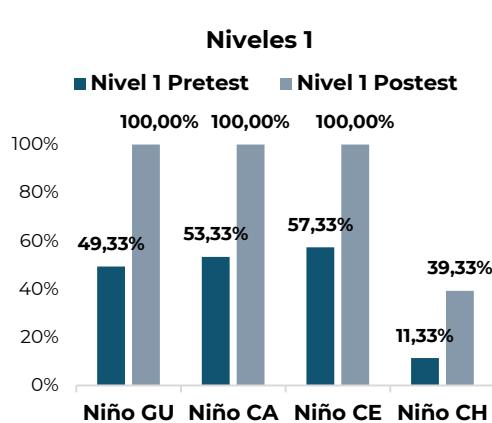


Figura 17. Distribución global de porcentajes de niveles 1 del Pretest y Postest. Fuente: elaboración propia.

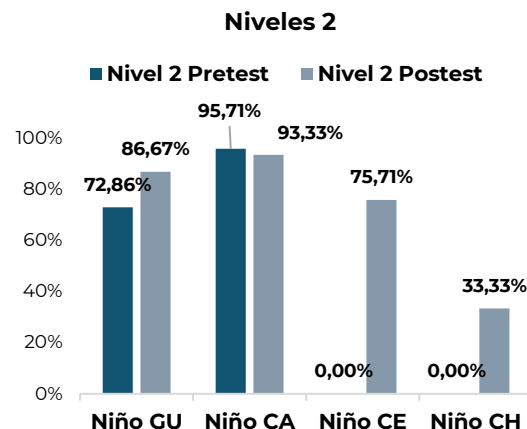


Figura 18. Distribución global de porcentajes de niveles 2 del Pretest y Postest. Fuente: elaboración propia.

3.8 Discusión

Los resultados de este estudio demuestran una mejora notable en las habilidades algorítmicas de los niños con TEA de nivel 1 tras el uso de la herramienta gamificada, en comparación con la plataforma Pilas Bloques [41] y coinciden con la literatura que destaca el potencial de los videojuegos serios para mejorar los índices cognitivos (atención, memoria, funciones ejecutivas) en poblaciones Neurodiversas [49]-[51]. El estudio reciente con estudiantes de secundaria también reportó mejoras relevantes en habilidades de pensamiento algorítmico a través del diseño de videojuegos educativos, encontrando resultados coherentes con los obtenidos en este trabajo [52]. Este progreso se evidencia tanto en el rendimiento cuantitativo—reflejado en el aumento del puntaje promedio del 42,4 % en el pretest al 77,5 %

en el postest—como en aspectos cualitativos, tales como la reducción de la frustración, el incremento en la autonomía y la mejora en la planificación secuencial.

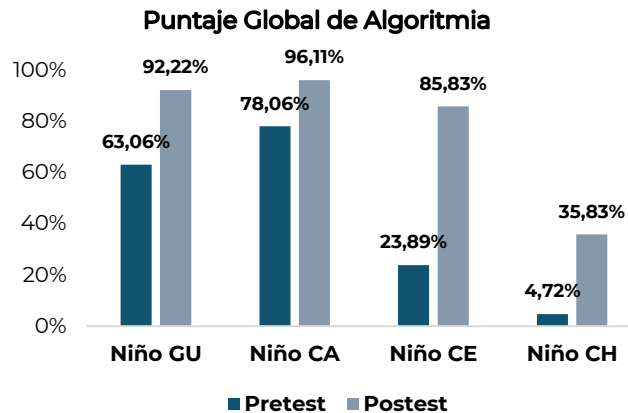


Figura 19. Distribución global de porcentajes del Pretest y Postest. Fuente: elaboración propia.

La transición de Pilas Bloques a la herramienta gamificada evidenció beneficios en diversos aspectos clave. En primer lugar, la retroalimentación auditiva y visual implementada en el laberinto gamificado permitió una mejor comprensión y motivación de los niños, fortaleciendo las interacciones mediante estímulos adaptativos [6]. Este aspecto se complementa con las observaciones de docentes y terapeutas, quienes señalaron que las pistas y guiños visuales actuaron como un soporte esencial para la resolución de retos. Esto concuerda con la idea de que el andamiaje estructurado dentro de un entorno de juego promueve el aprendizaje de habilidades de pensamiento computacional [53]. Estudios previos han señalado que la retroalimentación inmediata es fundamental en entornos de aprendizaje para niños con TEA, ya que potencia la concentración y facilita la comprensión de conceptos abstractos [2], [10]. Según una revisión de 2023, los entornos gamificados y los juegos serios dirigidos a estudiantes con TEA han demostrado impactos positivos en el desarrollo de habilidades comunicativas, socioemocionales y de autorregulación, coincidiendo con los resultados observados en esta intervención [54], [55].

Otro aspecto relevante fue la posibilidad de visualizar en tiempo real los movimientos durante la ejecución en el laberinto gamificado. En Pilas Bloques [41], los niños debían planificar todos los movimientos antes de su ejecución, lo que resultaba en un reto cognitivo que generaba frustración en algunos casos. La ejecución progresiva del laberinto simplifica la comprensión de la secuenciación y la utilización de ciclos [56], permitiendo a los niños predecir y corregir los efectos de sus acciones de manera inmediata. Este enfoque de aprendizaje progresivo concuerda con estudios que demuestran que la capacidad de corregir errores en tiempo real optimiza la adquisición del pensamiento algorítmico [29].

Respecto a la personalización, se observó que adaptar los entornos visuales y auditivos a los gustos personales de los niños incrementa su motivación y dedicación a la actividad, lo que coincide con investigaciones que resaltan la importancia de personalizar las herramientas educativas para niños con TEA [22]. Además, el uso de mecánicas de juego ajustadas a las preferencias sensoriales es un elemento crucial en la permanencia y dedicación de los alumnos con TEA en entornos digitales de aprendizaje [21]. Finalmente, la estructura progresiva de la herramienta gamificada facilitó la asimilación progresiva de los conceptos algoritmos, lo que permitió que los niños con un rendimiento inicial inferior pudieran finalizar los niveles de manera más eficiente. Este resultado respalda la efectividad de la gamificación en la enseñanza del PC y en concreto la algoritmia en poblaciones con necesidades especiales [6]. Además, se menciona que la progresividad en la enseñanza de la algoritmia es esencial para la asimilación

de conceptos computacionales en niños con neuro divergencia, asegurando que la carga cognitiva no debe exceder su habilidad para procesar información [23].

Sin embargo, es importante destacar algunas limitaciones inherentes a este estudio exploratorio. El tamaño reducido de la muestra ($n=4$) limita la generalización de los hallazgos a poblaciones más amplias. Además, la dependencia de recursos tecnológicos avanzados podría restringir la aplicabilidad del método en contextos con menor acceso a tecnología. Se recomienda que futuras investigaciones repliquen este enfoque con muestras más grandes y en contextos diversos para validar la estabilidad y eficacia del método.

4 CONCLUSIONES

Este estudio evidencia que la gamificación a través de laberintos digitales es una estrategia eficaz para potenciar el pensamiento computacional y las habilidades algorítmicas en niños con TEA de nivel 1. Los hallazgos indican mejoras relevantes en la planificación de secuencias, en la reducción del ensayo y error y en el aumento de la autonomía en la resolución de problemas. La herramienta gamificada desarrollada ofreció una experiencia educativa más inclusiva y motivadora en comparación con métodos tradicionales como el software PilasBloques, al integrar retroalimentación multisensorial y personalización del ambiente basada en las preferencias visuales de los niños.

Los resultados, que muestran un incremento en el puntaje global de 42,4 % en el pretest a 77,5 % en el postest, se respaldan tanto en indicadores cuantitativos como en observaciones cualitativas, destacando un mayor compromiso, concentración y una reducción notable en la frustración. Estos aspectos, junto con la posibilidad de visualizar en tiempo real los movimientos y corregir errores de manera inmediata, facilitan una mejor asimilación de conceptos como ciclos y condicionales.

A pesar de estas ventajas, el estudio presenta limitaciones, principalmente por el reducido tamaño de la muestra y la dependencia de recursos tecnológicos, lo que sugiere la necesidad de replicar el enfoque en estudios futuros con muestras más amplias y en contextos variados. En definitiva, la integración de elementos lúdicos y de retroalimentación multisensorial en entornos educativos emerge como una alternativa prometedora para mejorar la enseñanza del pensamiento computacional en poblaciones con diversidad neurológica.

5 AGRADECIMIENTO Y FINANCIACIÓN

El presente trabajo no fue financiado directamente por ninguna agencia, organismo o institución pública o privada. No obstante, uno de los autores reconoce el apoyo del proyecto 6131 – Collaborative Group Decision for Knowledge Acquisition in Agriculture Using AI Techniques, desarrollado en el marco del Contrato de financiamiento de recuperación contingente No. 112721-182-2023, como parte de actividades académicas y de investigación relacionadas.

Los autores agradecen de manera especial el apoyo brindado por la Fundación CENIDI y el Programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad del Cauca durante la realización de este estudio.

6 REFERENCIAS

- [1] J. M. Wing, "Computational thinking and thinking about computing," *Philos. Trans. R. Soc. A: Math. Phys. Engin. Sci.*, vol. 366, no. 1881, pp. 3717-3725, Jul. 2008.
<https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>

- [2] R. Munoz, R. Villarroel, T. S. Barcelos, F. Riquelme, A. Quezada, and P. Bustos-Valenzuela, "Developing Computational Thinking Skills in Adolescents with Autism Spectrum Disorder Through Digital Game Programming," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 63880-63889, Oct. 2018. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2877417>
- [3] K. Sungkaew, P. Lungban, and S. Lamhya, "Game development software engineering: digital educational game promoting algorithmic thinking," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 12, no. 5, pp. 5393-5404, Oct. 2022. <https://doi.org/10.11591/ijece.v12i5.pp5393-5404>
- [4] *American Psychiatric Association, Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5™, 5th ed.* Arlington, VA US: American Psychiatric Publishing, Inc., 2013. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- [5] G. K. W. Wong, S. Jian, and H.-Y. Cheung, "Engaging children in developing algorithmic thinking and debugging skills in primary schools: A mixed-methods multiple case study," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 29, no. 13, pp. 16205-16254, Sep. 2024. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12448-x>
- [6] M. S. Zubair, D. J. Brown, T. Hughes-Roberts, and M. Bates, "Designing accessible visual programming tools for children with autism spectrum condition," *Univ. Access Inf. Soc.*, vol. 22, no. 2, pp. 277-296, Jun. 2023. <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00842-y>
- [7] M. Elshahawy, M. Bakhaty, G. Ahmed, K. Aboelnaga, and N. Sharaf, "Towards Developing Computational Thinking Skills Through Gamified Learning Platforms for Students with Autism," in *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 456, M. E. Auer, A. Pester, and D. May, Eds., Cham, Swi: Springer; 2022, pp. 193-216. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04286-7_10
- [8] M. V. Almeda, and J. Asbell-Clarke, "Scaffolding Executive Function in Game-Based Learning to Improve Productive Persistence and Computational Thinking in Neurodiverse Learners," in *HCI in Games: Serious and Immersive Games: HCII 2021. Lecture Notes in Computer Science*, vol 12790, X. Fang, Ed., Berlin, Ger: Springer; 2021, pp. 155-172. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77414-1_12
- [9] K. Murcia, E. Cross, and G. Lowe, "Young children's computational thinking: educator pedagogy fostering children's play and learning with a tangible coding device," *Austr. Educ. Res.*, vol. 52, no. 2, pp. 1261-1279, Apr. 2024. <https://doi.org/10.1007/S13384-024-00762-9>
- [10] C. Oswald, L. Paleczek, K. Maitz, M. Husny, and B. Gasteiger-Klicpera, "Fostering Computational Thinking and Social-emotional Skills in Children with ADHD and/or ASD: a Scoping Review," *Rev. J. Autism Dev. Disord.*, vol. 11, no. 4, pp. 843-862, Dec. 2023. <https://doi.org/10.1007/s40489-023-00369-3>
- [11] M. Elshahawy, M. Bakhaty, and N. Sharaf, "Developing Computational Thinking for Children with Autism using a Serious Game," in *2020 24th Proceed. Int. Conf. Inf. Visual.*, Melbourne, Australia, 2020, pp. 761-766. <https://doi.org/10.1109/IV51561.2020.00135>
- [12] N. López-Bouzas, M. E. del Moral-Pérez, and J. Castañeda-Fernández, "Improved socio-emotional skills in students with autism spectrum disorder (ASD) following an intervention supported by an augmented gamified environment," *Int. J. Child-Comput. Interact.*, vol. 42, p. 100683, Dec. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2024.100683>
- [13] P. V. Peñafiel Villavicencio, B. K. Ordoñez Reino, and L. Fernández-Sánchez, "El juego y la gamificación como facilitadores del aprendizaje en estudiantes," *Rev. InveCom*, vol. 5, no. 3, 2025. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14020536>
- [14] J. del Olmo-Muñoz, A. Bueno-Baquero, R. Cózar-Gutiérrez, and J. A. González-Calero, "Exploring Gamification Approaches for Enhancing Computational Thinking in Young Learners," *Educ. Sci.*, vol. 13, no. 5, p. 487, May. 2023. <https://doi.org/10.3390/educsci13050487>
- [15] M. Elshahawy, K. Aboelnaga, and N. Sharaf, "CodaRoutine: A serious game for introducing sequential programming concepts to children with autism," in *2020 IEEE Global Eng. Educ. Conf., Educon*, Porto, Portugal, 2020, pp. 1862-1867. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125196>
- [16] S. A. Triantafyllou, T. Sapounidis, and Y. Farhaoui, "Gamification and Computational Thinking in Education: A systematic literature review," *Sal. Cienc. Tecnol. Ser. Conf.*, vol. 3, p. 659, Mar. 2024. <https://doi.org/10.56294/sctconf2024659>
- [17] I. Kanellopoulou, P. Garaizar, and M. Guenaga, "First Steps towards Automatically Defining the Difficulty of Maze-Based Programming Challenges," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 64211-64223, Apr. 2021. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3075027>
- [18] I. Kanellopoulou, P. Garaizar, and M. Guenaga, "What makes a maze-based programming challenge difficult?," *Learning Analytics Summer Institute Spain*, 2021. <https://www.semanticscholar.org/paper/What-makes-a-maze-based-programming-challenge-Kanellopoulou-Garaizar/c00caba523c16649eb5714acf5c2ce9be04a275>

- [19] D. Wang, T. Wang, and Z. Liu, "A Tangible Programming Tool for Children to Cultivate Computational Thinking," *Scient. World J.*, vol. 2014, no. 1, p. 428080, Feb. 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/428080>
- [20] X. Gong, W. Xu, S. Yu, J. Ma, and A. Qiao, "Enhancing computational thinking and spatial reasoning skills in gamification programming learning: A comparative study of tangible, block and paper-and-pencil tools," *Brit. J. Educ. Technol.*, vol. 56, no. 1, pp. 80-102, Jan. 2025. <https://doi.org/10.1111/bjet.13482>
- [21] F. C. Adochiei, S. N. Arghir, I. Raluca Adochiei, F. C. Argatu, G. Calin Seritan, and B. Alexandrescu, "The Power of Play: Strategies for Enhancing Development in Children with Autism Spectrum Disorders," *Sensors*, vol. 24, no. 20, p. 6720, Oct. 2024. <https://doi.org/10.3390/s24206720>
- [22] S. Baldassarri, L. Passerino, S. Ramis, I. Riquelme, and F. J. Perales, "Toward emotional interactive videogames for children with autism spectrum disorder," *Univ. Access Inf. Soc.*, vol. 20, no. 2, pp. 239-254, Jun. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10209-020-00725-8>
- [23] V. Dagiene, S. Sentance, and G. Stupuriene, "Developing a Two-Dimensional Categorization System for Educational Tasks in Informatics," *Informatica*, vol. 28, no. 1, pp. 23-44, Jan. 2017. <https://doi.org/10.15388/INFORMATICA.2017.119>
- [24] J. O. Thomas, Y. Rankin, R. Minor, and L. Sun, "Exploring the Difficulties African-American Middle School Girls Face Enacting Computational Algorithmic Thinking over three Years while Designing Games for Social Change," *Comput. Supported Coop. Work*, vol. 26, no. 4-6, pp. 389-421, Dec. 2017. <https://doi.org/10.1007/s10606-017-9292-y>
- [25] D. F. Pinzón Pérez, and E. V. González Palacio, "Incidencia de las habilidades de pensamiento algorítmico en las habilidades de resolución de problemas: una propuesta didáctica en el contexto de la educación básica secundaria," *Estud. Pedag. (Valdivia)*, vol. 48, no. 2, pp. 415-433, Apr. 2022. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052022000200415>
- [26] S. Gretter, and A. Yadav, "Computational Thinking and Media & Information Literacy: An Integrated Approach to Teaching Twenty-First Century Skills," *TechTrends*, vol. 60, no. 5, pp. 510-516, Sep. 2016. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0098-4>
- [27] R. Avello, J. Lavonem, and M. Zapata-Ros, "Codificación y robótica educativa y su relación con el pensamiento computacional y creativo. Una revisión comprensiva," *Rev. Educ. Dist. (RED)*, vol. 20, no. 63, Apr. 2020. <https://doi.org/10.6018/RED.413021>
- [28] M. Stephens, and D. M. Kadjevich, "Computational/Algorithmic Thinking," in *Encyclopedia of Mathematics Education*, S. Lerman, Ed., Cham, Swi: Springer, 2020, pp. 117-123. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_100044
- [29] M. E. Curi, A. Gerosa, M. Viera, and A. Carboni, "A review of computational thinking interventions in upper elementary education," *Comput. Educ. Open*, vol. 9, no. 3, p. 100252, Dec. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100252>
- [30] J. Shim, "A Study on the Level of Algorithmic Thinking of Students in Elementary and Secondary Schools," *J. Creat. Inf. Cult.*, vol. 5, no. 3, pp. 237-243, 2019. <https://doi.org/10.32823/JCIC.5.3.201912.237>
- [31] J. E. Beúnes Cañete, and A. Vargas Ricardo, "La introducción de la herramienta didáctica PSeInt en el proceso de enseñanza aprendizaje: una propuesta para Álgebra Lineal," *Transformación*, vol. 15, no. 1, pp. 147-157, Jan.-Apr. 2019. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-29552019000100147&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [32] D. F. Pinzón Pérez, M. Román González, and E. V. González Palacio, "Algorithmic Thinking as A Didactic Strategy for the Development of Problem-Solving Skills in the Context of Basic Secondary Education," *Rev. Educ. Dist. (RED)*, vol. 23, no. 73, Jan. 2023. <https://doi.org/10.6018/red.542111>
- [33] C. A. Palma Suárez, and R. E. Sarmiento Porras, "Estado del arte sobre experiencias de enseñanza de programación a niños y jóvenes para el mejoramiento de las competencias matemáticas en primaria," *Rev. Mex. Inv. Educ.*, vol. 20, no. 65, pp. 607-641, Jun. 2015. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662015000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [34] Fundación CENIDI Discapacidad Intelectual, "Fundación CENIDI Un mundo de amor, respeto y oportunidades para personas con discapacidad intelectual," funcenidi.edu. Accessed: Apr. 02, 2025. [Online]. Available: <https://funcenidi.edu.co/>
- [35] S. Dhandapani, "Integration of User Centered Design and Software Development Process," in *2016 IEEE 7th Annual Inf. Technol. Electr. Mobile Commun. Conf. (IEMCON)*, Vancouver, Canada, 2016, pp. 1-5. <https://doi.org/10.1109/IEMCON.2016.7746075>

- [36] M. C. Camargo, R. M. Barros, J. D. Brancher, V. T. O. Barros, and M. Santana, "Designing Gamified Interventions for Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review," in *Entertainment Computing and Serious Games. ICEC-JCSG 2019. Lecture Notes in Computer Science*, vol 11863, E. van der Spek, S. Göbel, E. L. Do, E. Clua, and J. Baalsrud Hauge, Eds., Cham, Swi: Springer; 2019, pp. 341-352. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34644-7_28
- [37] R. dos S. Ferreira, and H. C. de Castro, "Participatory and Inclusive Design Models from the Perspective of Universal Design for Children with Autism: A Systematic Review," *Educ. Sci.*, vol. 14, no. 6, p. 613, Jun. 2024. <https://doi.org/10.3390/educsci14060613>
- [38] G. E. Constain Moreno, C. A. Collazos, S. Bautista Blasco, and F. Moreira, "Software Design for Users with Autism Using Human-Centered Design and Design Thinking Techniques," *Sustainability*, vol. 15, no. 24, p. 16587, Dec. 2023. <https://doi.org/10.3390/su152416587>
- [39] R. Hunicke, M. Leblanc, and R. Zubek, "MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research," in *AAAI Workshop Papers 2004 - Challenges in Game AI*, Apr. 2004. <https://aaai.org/papers/ws04-04-001-mda-a-formal-approach-to-game-design-and-game-research/>
- [40] Unity Technologies, "Unity Manual: Unity 6 User Manual," unity3d.com. Accessed: Apr. 02, 2025. [Online]. Available: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>
- [41] Fundación Sadosky, "Aprendé a programar con Pilas Bloques," program.ar. Accessed: Mar. 12, 2025. [Online]. Available: <https://pilasbloques.program.ar/>
- [42] Z. Assainova, D. B. Abykenova, Z. T. Aubakirova, K. Mukhamediyeva, and K. A. Kozhageldinova, "Web Technologies in the Development of Computational Thinking of Students with Mental Disabilities," *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, vol. 18, no. 11, pp. 74-92, Jun. 2023. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i11.38653>
- [43] S. Bocconi, A. Chiocciariello, G. Dettori, A. Ferrari, and K. Engelhardt, *Developing computational thinking in compulsory education*. European Union. K. Panagiotis, and P. Yves, Eds., Luxembourg, Lux: Publications Office of the European Union, 2016. <https://doi.org/10.2791/792158>
- [44] K. Brennan, and M. Resnick, "Using artifact-based interviews to study the development of computational thinking in interactive media design," in *annual American Educational Research Association meeting*, Vancouver, Canada, 2012, pp. 1-25. <https://www.media.mit.edu/publications/new-frameworks-for-studying-and-assessing-the-development-of-computational-thinking/>
- [45] Y. A. Caballero-González, and A. García-Valcárcel, "Learning with robotics in primary education? A means of stimulating computational thinking," *Educ. Know. Soc.*, vol. 21, no. 10, pp. 1-15, Apr. 2020. <https://doi.org/10.14201/eks.21443>
- [46] P. M. Cossío Acosta "Computational thinking: associated skills and teaching resources," *Innov. Ed.*, vol. 23, no. esp., pp. 178-189, Oct. 2021. <https://doi.org/10.22458/ie.v23iespecial.3693>
- [47] J. D. Henao Santa, "El design thinking y el mapa de empatía con énfasis social en proyectos de ingeniería: proyectos de diseño en soluciones bajo metodologías ágiles de la Institución Universitaria Pascual Bravo," Tesis de maestría, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, 2021. <http://hdl.handle.net/10784/29578>
- [48] N. Honorato, A. Soltiyeva, W. Oliveira, S. E. Delabrida, J. Hamari, and M. Alimanova, "Gameful strategies in the education of autistic children: a systematic literature review, scientometric analysis, and future research roadmap," *Smart Learn. Environ.*, vol. 11, no. 1, pp. 1-25, Jun. 2024. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00309-6>
- [49] L. C. Rodríguez Timaná, J. F. Castillo García, T. Bastos Filho, A. A. Ocampo González, N. R. Hincapié Monsalve, and N. J. Valencia Jimenez, "Use of Serious Games in Interventions of Executive Functions in Neurodiverse Children: Systematic Review," *JMIR Serious Games*, vol. 12, no. 1, p. e59053, Dec. 2024. <https://doi.org/10.2196/59053>
- [50] J. Asbell-Clarke et al., "Including neurodiversity in computational thinking," *Front. Educ.*, vol. 9, p. 1358492, Apr. 2024. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1358492>
- [51] S. Rezayi, M. Tehrani-Doost, and L. Shahmoradi, "Features and effects of computer-based games on cognitive impairments in children with autism spectrum disorder: an evidence-based systematic literature review," *BMC Psychiatry*, vol. 23, no. 1, p. art. 2, pp. 1-32, Dec. 2023. <https://doi.org/10.1186/s12888-022-04501-1>
- [52] L. Cafarella, and L. Vasconcelos, "Computational thinking with game design: An action research study with middle school students," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 30, no. 5, pp. 5589-5633, Apr. 2024. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13010-5>
- [53] C. Tikva, M. Mousiou, and E. Tambouris, "Educational Games for Computational Thinking: Evaluation of the Scaffolded aMazeD Game," in *Generative Intelligence and Intelligent Tutoring Systems. ITS*

2024. *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 14799, A. Sifaleras, F. Lin, Eds., Cham, Swi: Springer; 2024, pp. 96-103. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63031-6_9
- [54] N. López-Bouzas, and M. E. del Moral-Pérez, "Gamified Environments and Serious Games for Students with Autistic Spectrum Disorder: Review of Research," *Rev. J. Autism Dev. Disord.*, vol. 12, no. 1, pp. 80-92, Mar. 2023. <https://doi.org/10.1007/s40489-023-00381-7>
- [55] T. Wang et al., "The use of gamified interventions to enhance social interaction and communication among people with autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis," *Int. J. Nurs. Stud.*, vol. 165, p. 105037, May. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2025.105037>
- [56] T. Y. Lee, M. L. Mauriello, J. Ahn, and B. B. Bederson, "CTArcade: Computational thinking with games in school age children," *Int. J. Child-Comput. Interact.*, vol. 2, no. 1, pp. 26-33, Jan. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2014.06.003>

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores manifiestan que no existe ningún conflicto de interés, ya sea financiero, profesional o personal, que pudiera surgir de la publicación del presente artículo.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Juan Carlos Neuta Montenegro: conceptualización del estudio, coordinación del diseño metodológico, redacción y orden del manuscrito.

William Caicedo Magin: diseño y desarrollo del prototipo, redacción del manuscrito, recolección y el análisis de datos

Cesar Collazos: contribución a la redacción, búsqueda literaria y realización de la revisión crítica del contenido.

Manuel Ortega: contribución a la redacción, búsqueda literaria y realización de la revisión crítica del contenido.

Todos los autores realizaron contribuciones sustanciales a la investigación y al manuscrito, y aprueban la versión final.

DECLARACIÓN DE USO DE IA

Durante la elaboración del manuscrito, se utilizó la herramienta ChatGPT para mejorar aspectos de ortografía, gramática y redacción. Posteriormente, los autores revisaron y editaron meticulosamente el contenido, asumiendo total responsabilidad por el mismo.