Prototipo de videojuego adaptativo para potenciar habilidades matemáticas en educación básica.

Adaptive video game prototype to enhance math skills in basic education.

Sergio Juárez Vázquez* (1).
Departamento de Ingeniería en Computación. Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec. Oaxaca, México.
sjuarez@unistmo.edu.mx.

Abdiel Pérez Méndez (2). Departamento de Ingeniería en Computación. Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec. Oaxaca, México, abdielpmoficia@gmail.com.

Ricardo Carreño Aguilera (3), Departamento de Ingeniería en Computación. Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec. Oaxaca, México, carrenoricardo04@gmail.com.

Efraín Dueñas Reyes (4), Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec. Oaxaca, México, eduenas@sandunga.unistmo.edu.mx.

Francisco Javier Sol SamPedro (5), Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec. Oaxaca, México, franciscosol@sandunga.unistmo.edu.mx.

Nicolas Hernández Ruíz (6), Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec. Oaxaca, México, nicolas@sandunga.unistmo.edu.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en septiembre 05, 2025; aceptado en octubre 15, 2025.

Resumen.

Este estudio se centra en la tecnología educativa, en particular en el aprendizaje adaptativo basado en juegos para la educación en matemáticas en escuelas primarias. Esta área cobra cada vez mayor importancia a medida que las herramientas digitales adaptativas han demostrado su potencial para personalizar el aprendizaje, impulsar la motivación y mejorar la equidad educativa. El propósito principal de este estudio fue diseñar, desarrollar y evaluar un prototipo funcional de un videojuego adaptativo destinado a fortalecer las habilidades matemáticas fundamentales de estudiantes de segundo y tercer grado, fomentando a la vez la motivación y la participación. La investigación siguió la metodología Design Thinking, aplicando sus cinco etapas: empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar. El juego se desarrolló en Unity, integrando funciones de gamificación, herramientas de evaluación integradas y mecanismos adaptativos basados en algoritmos contextuales. Se realizaron pruebas de usabilidad con un pequeño grupo piloto de estudiantes y un docente. La prueba de usabilidad reveló un alto nivel de aceptación (M = 4.54/5), lo que indica que el prototipo era intuitivo, atractivo y alineado con los objetivos curriculares. Tanto los estudiantes como el profesor destacaron la capacidad del juego para motivar y fomentar el aprendizaje. Los resultados resaltan la viabilidad de combinar la adaptabilidad, la gamificación y la metodología Design Thinking en el diseño y desarrollo de juegos educativos.

Palabras claves: Aprendizaje fomentado con tecnología, compromiso, gamificación adaptativa, motivación, pruebas

con niños.

Abstract.

This study focuses on educational technology, specifically adaptive game-based learning for mathematics education in elementary schools. This area is gaining increasing importance as adaptive digital tools have demonstrated their potential to personalize learning, boost motivation, and improve educational equity. The primary purpose of this study was to design, develop, and evaluate a working prototype of an adaptive video game intended to strengthen the fundamental mathematics skills of second and third-grade students while fostering motivation and engagement. The research followed the Design Thinking methodology, applying its five stages: empathize, define, ideate, prototype, and evaluate. The game was developed in Unity, integrating gamification features, built-in assessment tools, and adaptive mechanisms based on contextual algorithms. Usability testing was conducted with a small pilot group of students and one teacher. The usability test revealed a high level of acceptance (M = 4.54/5), indicating that the $prototype was intuitive, engaging, and aligned with curricular objectives. Both students and the teacher emphasized the game's ability to motivate and foster learning. The results highlight the feasibility of combining adaptability, gamification, and the Design Thinking methodology in the design and development of educational games.

Keywords: Adaptive gamification, engagement, motivation, technology enhanced learning, testing with children.

1. Introducción.

La educación matemática en la educación primaria enfrenta con frecuencia el desafío de adaptarse a los distintos ritmos de aprendizaje de los estudiantes. Esto provoca que muchos se sientan desconectados y desatendidos, lo cual afecta negativamente su motivación y desempeño académico. Para abordar este problema, este estudio propone el diseño y desarrollo de un prototipo de videojuego educativo adaptativo que se ajusta en tiempo real al rendimiento individual, transformando la práctica aritmética rutinaria en una experiencia dinámica y motivadora. Este enfoque busca mitigar las desigualdades educativas, especialmente en contextos con recursos limitados o donde los métodos tradicionales resultan poco motivadores.

El desarrollo de este prototipo se basa en el potencial del aprendizaje basado en juegos digitales (DGBL), que ha demostrado su capacidad para hacer que las matemáticas sean más atractivas y efectivas. Investigaciones anteriores confirman que los juegos educativos adaptativos pueden fomentar el aprendizaje personalizado. Por ejemplo, estudios como el de Hooshyar et al. (2020) resaltan el éxito de AutoThinking, un videojuego que mejora el pensamiento computacional y el interés de los estudiantes. De manera similar, una revisión sistemática sobre el aprendizaje de matemáticas a través de juegos en línea enfatiza la importancia de alinear el diseño de los juegos con las características de los estudiantes, como los de la Generación Z, lo que refleja las diversas necesidades educativas en las aulas modernas (Hidayat et al., 2024). Además de la adaptación generacional, los metaanálisis confirman que los juegos digitales bien diseñados pueden aumentar la motivación y el rendimiento académico al crear entornos de aprendizaje interactivos y estimulantes (Byun y Joung, 2018).

Las estrategias de gamificación, como la integración de puntos, niveles y recompensas, han demostrado ser eficaces para mejorar la comprensión conceptual de las matemáticas (Lee et al., 2023). Adicionalmente, la evaluación dentro del juego ofrece oportunidades de aprendizaje y valoración en tiempo real, lo que permite monitorear el progreso de los estudiantes. La evidencia sugiere que los juegos digitales pueden superar a los métodos tradicionales para mejorar el desempeño y el disfrute de las matemáticas (Fokides, 2017). Por último, los juegos de rol basados en micromundos demuestran cómo los estudiantes pueden aplicar conocimientos matemáticos en contextos de resolución de problemas, lo que impulsa tanto la motivación como el rendimiento (Wang et al., 2017).

Otra consideración crucial es la equidad. Las brechas de aprendizaje en matemáticas suelen ampliarse en la educación temprana debido a las diferencias en conocimientos previos, recursos y ritmo de aprendizaje. Los videojuegos adaptativos, con ajuste personalizado de dificultad y retroalimentación inmediata, ofrecen una estrategia escalable para

apoyar a los estudiantes con dificultades en las aulas tradicionales. Esto no solo promueve la inclusividad, sino que también se alinea con las políticas educativas globales que buscan la equidad y la calidad en la educación básica (OCDE, 2022).
Los recientes avances en analítica de aprendizaje amplían las posibilidades del diseño de juegos adaptativos. Al recopilar y analizar datos dentro del juego, los desarrolladores pueden crear sistemas que respondan dinámicamente al comportamiento, las ideas erróneas y el progreso de los estudiantes. La adaptabilidad basada en datos también ofrece a los docentes información valiosa sobre el aprendizaje estudiantil, complementando la instrucción en el aula con apoyo individualizado. Esta integración de pedagogía y entretenimiento crea entornos híbridos que combinan diversión, desafío y mejora medible, posicionando a los videojuegos adaptativos a la vanguardia de la tecnología educativa para la enseñanza de las matemáticas (Romero y Ventura, 2020).

A pesar de estos prometedores hallazgos, la eficacia de los juegos educativos adaptativos depende, en última instancia, de su alineamiento pedagógico y de su capacidad para equilibrar el aprendizaje con el disfrute. El diseño de estos juegos requiere una cuidadosa integración de la adaptabilidad, la gamificación y la evaluación integrada para crear experiencias de aprendizaje sostenibles y motivadoras.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es diseñar y desarrollar un prototipo de videojuego adaptativo que fortalezca la fluidez matemática en estudiantes de segundo y tercer grado de primaria. El juego propuesto busca no solo mejorar el rendimiento, sino también fomentar la motivación, la inclusión y actitudes positivas a largo plazo hacia las matemáticas.

2. Métodos.

La investigación se clasifica como aplicada, dada su orientación hacia la solución de un reto educativo específico: el desarrollo de materiales didácticos que fortalezcan las habilidades matemáticas en niños de educación básica. En este caso, el material toma la forma de un videojuego adaptativo diseñado para que el aprendizaje de las matemáticas sea más atractivo y efectivo. El estudio se guió por los principios de la metodología Design Thinking, que, según Tim Brown, inspira los procesos de innovación con un enfoque centrado en el ser humano (Azahara, 2021). Esta metodología enfatiza la resolución creativa de problemas y el refinamiento iterativo a través de cinco etapas clave: empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar. Para este proyecto, estas etapas estructuraron el proceso de desarrollo al comprender primero las necesidades de los estudiantes y los docentes, luego definir los objetivos educativos, generar ideas para funciones adaptativas y gamificadas, desarrollar un prototipo y, finalmente, realizar evaluaciones de usabilidad. Este enfoque estructurado garantizó que el prototipo del videojuego se mantuviera alineado con los objetivos curriculares y las necesidades motivacionales de los estudiantes, al tiempo que permitía la mejora continua a través de la iteración (Izquierdo-Izquierdo *et al*., 2023). La metodología consta de cinco fases: empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar, que se muestran en detalle en la figura 1.

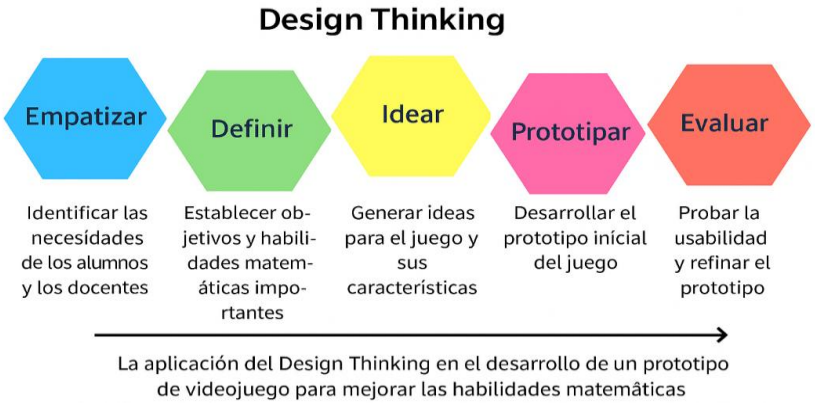


Figura 1. Metodología Design Thinking. (Adapatada de Flores *et al*. 2019).

A continuación, se presentan las etapas fundamentales de la metodología Design Thinking.

- **Etapa Empatizar**. La primera etapa se enfoca en comprender las necesidades, desafíos y motivaciones de estudiantes y docentes mediante entrevistas, observaciones en el aula y encuestas. Esto permitió identificar dificultades en matemáticas para segundo y tercer grado, así como recoger las perspectivas del profesorado sobre la alineación curricular. Esta fase asegura que el prototipo del videojuego se diseñe basado en un conocimiento real del contexto de aprendizaje y mantenga la motivación estudiantil.

- **Etapa Definir.** La información recopilada durante la fase de empatía permitió definir los problemas y objetivos educativos del proyecto. El principal reto identificado fue la necesidad de herramientas adaptativas que apoyen los ritmos individuales de aprendizaje y refuercen las habilidades matemáticas fundamentales. En esta etapa se establecieron los requisitos clave del diseño, como la adaptabilidad, la integración de evaluaciones, los desafíos apropiados para la edad y la alineación con los estándares curriculares.

- **Etapa Idear**. La etapa de ideación consistió en realizar una lluvia de ideas y explorar soluciones creativas para el prototipo del videojuego. Se propusieron diversas mecánicas de juego, niveles de dificultad y sistemas de recompensas para asegurar que la experiencia fuera tanto educativa como atractiva. Se prestó especial atención a los mecanismos adaptativos que se ajustan al desempeño de cada alumno, así como a los elementos de gamificación que fomentan la motivación y la perseverancia. Durante esta etapa, se esbozaron, discutieron y evaluaron colaborativamente múltiples ideas para seleccionar las estrategias más prometedoras a incluir en el prototipo.

- **Etapa Prototipo**. Esta etapa consistió en desarrollar una versión inicial del videojuego que integró las ideas más relevantes de la fase anterior. El prototipo incluye actividades interactivas para practicar habilidades matemáticas, niveles de dificultad ajustables y herramientas de evaluación integradas para monitorear el progreso. El diseño prioriza la usabilidad y elementos visuales adecuados para la edad del niño, garantizando así la accesibilidad para los estudiantes más jóvenes.

- **Etapa Prueba**. En la etapa final, el prototipo se evaluó mediante pruebas de usabilidad con un grupo reducido de estudiantes y profesores. El objetivo fue valorar la claridad en la interacción, la participación, la adaptabilidad y el rendimiento técnico del juego. La retroalimentación obtenida durante las pruebas permitió identificar áreas de mejora, tales como el diseño de la interfaz de usuario, los niveles de dificultad y las respuestas adaptativas. Esta evaluación iterativa aseguró que el prototipo se convierta en una herramienta educativa más refinada, preparada para su futura implementación en el aula y para la evaluación de su impacto

Participantes.

El prototipo fue diseñado para estudiantes de segundo y tercer grado de primaria de 7 a 9 años. Se realizarán pruebas iniciales de usabilidad con un grupo reducido de estudiantes y docente para evaluar la experiencia del usuario, la claridad de la interfaz, la navegación, los patrones de interacción y el rendimiento técnico.

Instrumento de validación de la Usabilidad.

La Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) original es un cuestionario de 10 ítems ampliamente utilizado, diseñado para usuarios adultos. Sin embargo, no es adecuado para niños de primaria de 7 a 9 años debido a su lenguaje complejo, su alta carga cognitiva y sus formatos de respuesta abstractos como escalas numéricas de Likert, negaciones y preguntas de doble filo.

En respuesta a este desafío, Putnam et al. (2020) adaptaron los ítems de la SUS para niños. Simplificaron el lenguaje, eliminaron estructuras gramaticales complejas y reemplazaron las escalas numéricas con respuestas iconográficas, como emojis. Este cambio visual, representado en la Figura 4, facilita que los niños expresen sus percepciones de manera más intuitiva. La escala se basa en una Likert de 5 puntos, donde 1 equivale a “en total desacuerdo" y 5 a "totalmente de acuerdo", con emojis que corresponden a cada nivel para mejorar la accesibilidad. Su prueba piloto

demostró que la mayoría de los ítems eran comprensibles para los niños, aunque algunos mostraron una validez de constructo limitada, lo que enfatiza la necesidad de una validación cuidadosa en cada nuevo contexto.

Figura 4. Representación visual de la escala Likert, adaptado de Putnam et al. (2020).

Las adaptaciones principales incluyeron la simplificación lingüística para usar vocabulario adecuado a su desarrollo cognitivo de niños, la reducción de la carga cognitiva mediante la reformulación de ítems complejos en afirmaciones simples y concretas, la implementación de un soporte visual integrado con escalas pictográficas de emojis para facilitar la expresión de percepciones, y una contextualización lúdica que enmarca las preguntas en el contexto del juego.

A continuación, se presentan los ítems de esta escala adaptada:

1. Me gustaría jugar este videojuego mucho más
2. El videojuego fue difícil de jugar
3. El juego fue fácil de usar
4. Necesité ayuda para jugar
5. Sabía qué hacer después cuando jugué
6. Algunas cosas del videojuego no tenían sentido
7. Sería fácil de aprender para mis amigos
8. Para jugar tuve que hacer algunas cosas raras
9. Estaba orgulloso de cómo jugaba
10. Tuve que aprender mucho para jugar
11. Jugar fue divertido.
12. Si tuviéramos más tiempo, seguiría jugando
13. Planeo contarles a mis amigos sobre el videojuego

Este instrumento permite capturar percepciones de usabilidad auténticas mediante un formato que respeta las capacidades cognitivas y preferencias comunicativas de niños, estableciendo un nuevo estándar para la evaluación de tecnologías educativas infantiles.

3. Desarrollo.

Plataforma y Herramientas.

El desarrollo del prototipo de videojuego se llevó a cabo utilizando el motor de juego Unity, elegido por su versatilidad, capacidades multiplataforma y amplia comunidad de desarrolladores. Con Unity se tiene la oportunidad de realizar integración de mecanismos adaptativos, elementos de gamificación y herramientas de evaluación integradas en un único entorno, lo que proporciona eficiencia técnica y flexibilidad de diseño. El prototipo está programado en C#, el lenguaje de scripting nativo de Unity, que permite la creación de código escalable y modular.

En cuanto a la compatibilidad, Unity permite su implementación en múltiples plataformas, lo que garantiza una amplia accesibilidad. El prototipo está diseñado para ejecutarse en dispositivos móviles Android, computadoras personales (Windows) y la web. Este enfoque multiplataforma aumenta la usabilidad del juego en diversos contextos educativos,

permitiendo a los estudiantes interactuar con el prototipo desde las aulas, los laboratorios de cómputo o el hogar. Al aprovechar la implementación multiplataforma de Unity, el proyecto garantiza que el videojuego adaptativo pueda llegar a un amplio público de estudiantes, promoviendo tanto la flexibilidad de uso como la escalabilidad para futuras evaluaciones en el aula.

La arquitectura del juego se organiza en una estructura jerárquica de niveles que progresa desde operaciones matemáticas básicas hasta conceptos más avanzados, alineados con el currículo de educación primaria. La Figura 2 ilustra esta estructura de niveles del juego, la cual se compone de módulos temáticos interconectados. El nivel inicial se centra en sumas y restas simples, representadas como escenarios introductorios para familiarizar al usuario con la interfaz. Posteriormente, se avanzan a multiplicaciones y divisiones en niveles intermedios, incorporando desafíos progresivos que integran revisión de conceptos previos. Finalmente, los niveles avanzados combinan operaciones con diferente cantidad de cifras y decimales, fomentando la aplicación integrada de habilidades matemáticas. Esta estructura modular permite un flujo secuencial adaptativo, donde el almacenamiento de datos (mediante bases de datos locales en Unity) registra el progreso del usuario, incluyendo métricas como precisión, tiempo de respuesta y tasas de completitud, para informar ajustes dinámicos en la dificultad.

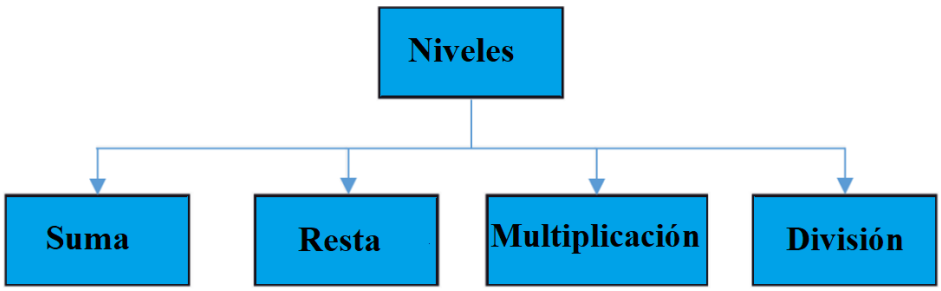


Figura 2. Estructura de niveles del juego.

Interfaz de Usuario.

La interfaz de usuario (UI) fue diseñada priorizando la accesibilidad y una interacción intuitiva adaptada a niños de 7 a 9 años, con elementos visuales coloridos, iconos grandes y navegación simplificada para minimizar la curva de aprendizaje. La Figura 3 presenta capturas de pantalla representativas de la interfaz del videojuego educativo:

a) ***Menú de inicio*****:** Muestra una pantalla de bienvenida con el título Math Game y botones principales como Jugar, Créditos y Salir. Este menú incorpora un diseño visual colorido y botones grandes para facilitar la navegación y captar la atención del usuario.

b) ***Menú de niveles***: Presenta una selección de escenarios temáticos, como Sumas, con un mapa interactivo que representa progresión geográfica (un pueblo con edificios que simbolizan niveles). Incluye indicadores de lo que se va a realizar y botones para navegar entre operaciones, promoviendo una exploración autónoma.

c) ***Escena para sumas y restas:*** Ilustra un aula virtual con un pizarrón que muestra ecuación simple, un personaje estudiante y un temporizador. El diseño enfatiza la interacción táctil o con ratón para ingresar respuestas, con retroalimentación visual inmediata para reforzar el aprendizaje.

d) ***Escena para multiplicaciones y divisiones***: Similar a la anterior, pero con operaciones más complejas en un entorno de aula, incluyendo múltiples opciones de respuesta. Incorpora elementos gamificados como puntuación visible y un personaje guía para asistir en la resolución.

e) ***Retroalimentación por error***: El pizarrón que muestra las operaciones también muestra el resultado correcto en caso de que el usuario haya contestado de forma incorrecta. Esto proporciona retroalimentación cuando el usuario comete un error, con el fin de orientar y motivar al estudiante.

f) ***Panel de ayuda al cometer 3 errores***: Activa un asistente virtual (un personaje animado) que ofrece pistas o explicaciones paso a paso (Necesitas un poco de ayuda...). Este mecanismo de soporte se activa tras umbrales de error predefinidos, asegurando que el jugador no se frustre y continúe progresando.

a) b)

c) d)

e) f)

Figura 3. a) Menú de inicio, b) Menú de niveles, c) Escena para sumas y restas, d) Escena para multiplicaciones y divisiones, e) Puntaje y retroalimentación por error y f) Panel de ayuda al cometer 3 errores

Características adaptativas.

El componente adaptativo se basa en algoritmos de bandidos contextuales, un enfoque de aprendizaje por refuerzo que utiliza información contextual del estado del estudiante para seleccionar acciones óptimas. Estos algoritmos ajustan dinámicamente los desafíos según el rendimiento y patrones de respuesta del alumno, reduciendo la frustración y el aburrimiento al adaptarse al ritmo individual. Esto mejora la participación y la eficacia del aprendizaje, alineándose con principios de instrucción diferenciada (Hooshyar et al., 2020).

En un contexto de bandido, el sistema opera en rondas repetidas. En cada ronda t:

El alumno proporciona un vector de contexto, que incluye precisión acumulada P_t, tiempo de respuesta normalizado RT_t y el historial de interacción H_t:

$$x_t = (P_t, RT_t, H_t)$$

El sistema selecciona una acción del espacio de acciones disponibles:

$$A = \{aumentar\ la\ dificultad, mantener\ la\ dificultad, disminuir\ la\ dificultad\}$$

1. El alumno recibe una recompensa que depende de factores de ponderación y compromiso $\beta_1, \beta_2, \beta_3$, medidos por la persistencia o tiempo de interacción:

$$r_t = \beta_1 \cdot Correcto_t + \beta_2 \cdot F(RT_t) + \beta_3 \cdot Compromiso_t$$

El algoritmo actualiza su política $\pi(x)$, es decir, la probabilidad de seleccionar una acción a dado el contexto x, para maximizar la recompensa acumulada esperada:

$$\pi^* = arg\ arg\ E\left[\sum_{t=1}^{T} r_t\right]$$

El ajuste de la dificultad se expresa como una política aprendida que equilibra la exploración (intentar tareas de dificultad variable) y la explotación (mantener tareas consideradas óptimas), en lugar de basarse en umbrales estáticos. Se puede expresar como:

$$D_{t+1} = \{D_t + 1, \quad si\ \pi(x_t)\ es\ el\ másalto\ D_t, \quad si\ \pi(x_t)\ es\ el\ másalto\ D_t - 1, \quad si\ \pi\ (a = disminuir\ |\ x_t)\ es\ el\ más\ alto$$

Esto permite que el sistema adapte dinámicamente el nivel de dificultad en función de los datos y el comportamiento del alumno, optimizando el proceso de aprendizaje.

Pseudocódigo.

```
Entradas:
  - Conjunto de acciones posibles (por ejemplo: disminuir, mantener, aumentar dificultad)
  - Función que extrae características del estado del estudiante y acción
  - Parámetro alpha para controlar la exploración

Inicializar para cada acción:
  - Matriz A como identidad
  - Vector b como cero

Para cada ronda:
  1. Observar el estado actual del estudiante (precisión, tiempo de respuesta, historial, etc.)
  2. Para cada acción:
     - Calcular vector de características combinado con el estado
     - Estimar valor esperado de recompensa considerando exploración y explotación
  3. Elegir la acción con el mayor valor estimado
  4. Presentar la tarea correspondiente al estudiante
  5. Observar la respuesta y calcular la recompensa (basada en precisión, tiempo y compromiso)
  6. Actualizar matrices A y b para la acción elegida en función del contexto y recompensa.
Fin del ciclo
```

Elementos de gamificación.

Para fomentar la participación y el compromiso del estudiante, el prototipo incorpora diversos **elementos de gamificación**, entre los que destacan:

- **Puntos**: Se otorgan por cada respuesta correcta, incentivando el esfuerzo y la precisión.
- **Niveles**: El progreso se estructura en niveles de dificultad creciente, lo que permite al estudiante avanzar a medida que domina los conceptos.
- **Recompensas**: Se incluyen estímulos visuales y sonoros, como estrellas, medallas o mensajes de felicitación, que refuerzan el logro académico.
- **Mecanismos de retroalimentación**: Se proporciona retroalimentación inmediata tras cada respuesta, ya sea positiva o correctiva, con el objetivo de guiar el aprendizaje y reducir la frustración.

Estos elementos están integrados de manera coherente con los objetivos pedagógicos, buscando no solo entretenimiento, sino también un aprendizaje significativo y una experiencia educativa enriquecedora.

Resultados.

La siguiente sección presenta el análisis de los datos recopilados mediante este instrumento, centrándose en los resultados de las pruebas iterativas de usabilidad realizadas con el prototipo. Las evaluaciones se realizaron con un grupo piloto compuesto por nueve estudiantes de tercer grado y un maestro de primaria. Cada participante interactuó con el juego individualmente durante aproximadamente 10 a 15 minutos. La recopilación de datos combinó tres fuentes: el cuestionario de usabilidad adaptado, observaciones en el aula y análisis de registros del juego.

La Tabla 1 presenta las puntuaciones medias y las desviaciones estándar para los tres constructos principales evaluados: f,Diseño técnico-estético y valor pedagógico . El prototipo obtuvo una puntuación general de usabilidad de M = 4.54 (DE = 0.59), lo que indica una gran aceptación entre los participantes.

Tabla 1. Resultados de la encuesta de usabilidad.

Constructos	Item	Puntuación Media (M)	Desviación Estándar (DE)
funcionalidad	2	1.56	± 0.53
	3	4.33	± 0.71
	5	4.44	± 0.50
	7	4.78	± 0.44
técnicos-estéticos	6	1.22	± 0.44
	8	1.44	± 0.53
	11	4.56	± 0.73
	13	4.56	± 0.73
pedagógico	1	4.67	± 0.71
	4	1.56	± 0.53
	9	4.67	± 0.50
	10	1.33	± 0.50
	12	4.67	± 0.50
	Global	**4.54**	**± 0.59**

En cuanto a los aspectos funcionales, los ítems relacionados muestran altos niveles de claridad y facilidad de uso, con puntuaciones medias que oscilan entre 4.33 y 4.78. Estas puntuaciones indican que los estudiantes encontraron el juego fácil de jugar, comprendieron la secuencia de tareas y percibieron que sus compañeros también podrían aprender a usarlo sin dificultad. El profesor, por su parte, considera el videojuego una excelente herramienta pedagógica que potencia la motivación del alumnado durante el proceso de adquisición de conocimientos. Destaca que este medio enriquece el aprendizaje al combinar contenido y conceptos con elementos lúdicos y didácticos.

Respecto al aspecto técnico-estético, reveló percepciones positivas, con valores medios ajustados que oscilaron entre 4.44 y 4.78. Los estudiantes destacaron la intuición de la interfaz, la lógica de las actividades y el atractivo visual del diseño. Los ítems relacionados con la diversión (media = 4.56) y la intención de compartir la experiencia con amigos (media = 4.56) indican que los elementos de diseño audiovisual y estructural no solo favorecieron la usabilidad, sino que también contribuyeron a la motivación y la participación. Las características estéticas y los sonidos sirvieron como factores de motivacionales. Además, el profesor observó que las características de la interfaz, como su variedad de colores e imágenes diversas, captan la atención de los estudiantes y fomentan su interacción con los temas o conceptos presentados.

Finalmente, en el ámbito pedagógico, los resultados también fueron favorables, con puntuaciones medias entre 4.22 y 4.67. Los estudiantes indicaron que podían jugar con mínima ayuda, expresaron orgullo por su rendimiento y mostraron disposición a seguir jugando si se les daba más tiempo. El profesor señaló que el uso de la tecnología como herramienta pedagógica ofrece numerosos beneficios para el desarrollo de los estudiantes. En este caso concreto, fomentar el pensamiento lógico sirve de base para el aprendizaje futuro, lo que convierte al videojuego en un recurso valioso y esencial en el contexto educativo actual. Además, las actividades incluidas en el juego se consideran apropiadas para el nivel de habilidad del alumnado.

Conclusiones.

Este estudio presentó el diseño, desarrollo y evaluación inicial de un prototipo de videojuego adaptativo para fortalecer las habilidades matemáticas en educación básica. Las conclusiones derivadas de este trabajo se resumen a continuación.

En primer lugar, se logró con éxito el objetivo principal de la investigación: la creación de un prototipo funcional y multiplataforma, desarrollado en Unity, que integra de manera coherente mecanismos de adaptabilidad basados en algoritmos de bandidos contextuales, elementos de gamificación y evaluación embebida. Este resultado demuestra la viabilidad técnica de combinar estos componentes en una herramienta educativa dirigida a niños de primeros años de primaria.

En segundo lugar, la metodología *Design Thinking* se mostró como un marco adecuado para este tipo de desarrollo. Las etapas de empatía y definición aseguraron que el diseño estuviera alineado con las necesidades reales del aula y el currículo, mientras que las fases iterativas de prototipado y prueba permitieron refinar continuamente la usabilidad y la experiencia del usuario. Los resultados de las pruebas de usabilidad confirmaron esta aceptación preliminar, indicando que el prototipo es intuitivo, atractivo y capaz de mantener el compromiso de los estudiantes durante sesiones prolongadas. Además, se verificó el correcto funcionamiento del núcleo adaptativo, observándose que el sistema ajusta la dificultad de manera contextual y provee asistencia oportuna, fundamentales para evitar la frustración y promover un aprendizaje personalizado.

Es importante señalar las limitaciones de esta fase de la investigación. El estudio se centró en la viabilidad y usabilidad del prototipo con una muestra reducida y en un entorno controlado. Por lo tanto, si bien los indicios son positivos, no es posible aún extraer conclusiones definitivas sobre su eficacia en la mejora del rendimiento académico en matemáticas.

El impacto potencial de este trabajo reside en sentar las bases para una herramienta educativa escalable que puede contribuir a abordar problemáticas como la diversificación de ritmos de aprendizaje y la falta de motivación hacia las matemáticas, promoviendo una educación más inclusiva y equitativa.

Con base en estos resultados, el trabajo futuro se dirigirá principalmente a la realización de un estudio cuasi-experimental a mayor escala en entornos escolares reales, con grupos de control, para evaluar rigurosamente la eficacia del videojuego en los resultados de aprendizaje. Esto se complementará con la implementación de analíticas de aprendizaje para refinar los modelos adaptativos. Además, se explorarán nuevas funciones, como la participación basada en narrativas y los paneles de control para docentes, para mejorar la personalización y la integración en el aula.

En conclusión, este prototipo contribuye al creciente campo de las tecnologías educativas adaptativas al ofrecer una base validada para la usabilidad y la participación. Su continuidad podría contribuir significativamente a la mejora de la enseñanza de las matemáticas en educación básica, promoviendo tanto la equidad como la calidad en el aprendizaje.

Créditos.

Los autores expresan su sincero agradecimiento a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el financiamiento otorgado a este proyecto. Este trabajo contó con el apoyo de la SECIHTI en 2025.

Referencias bibliográficas.

Azahara, G. P. (2021). *# DIenlínea UNIA: guía para una docencia innovadora en red*. SEVILLA, ANADALUCIA, ESPAÑA: Universidad Internacional de Andalucía. https://dx.doi.org/10.56451/10334/6113

Byun, J., & Joung, E. (2018). *Digital game-based learning for K–12 mathematics education: A meta-analysis*. School Science and Mathematics, 118(3–4), 113–126. https://doi.org/10.1111/ssm.12271

Flores, H. A., Guerrero, J. J., & Luna, L. G. (2019*). Innovación educativa en el aula mediante Design Thinking y Game Thinking.* Hamut ay, 6(1), 82-95. http://dx.doi.org/10.21503/hamu.v6i1.1576

Fokides, E. (2017). *Digital educational games and mathematics. Results of a case study in primary school settings*. Education and Information Technologies, 23(2), 851–867. https://doi.org/10.1007/s10639-017-9639-5

Hidayat, R., Qi, T. Y., Chin, L. M., Nasir, N., Ning, J. L. X., Hadzri, M. H. B. M., & Ariffin, P. N. B. T. (2024). *Online game-based learning in mathematics education among Generation Z: A systematic review*. International Electronic Journal of Mathematics Education, 19(1), em0763. https://doi.org/10.29333/iejme/14024

Hooshyar, D., Yang, Y., Delev, D., Hwang, G.-J., Wang, M., Lim, H., Malva, L., & Pedaste, M. (2020*). From Gaming to Computational Thinking: An Adaptive Educational Computer Game-Based Learning Approach.* Journal of Educational Computing Research, 59(3), 383–409. https://doi.org/10.1177/0735633120965919

Izquierdo-Izquierdo, M., Gómez-Calero, C., & García-Lázaro, D. (2023). *Design Thinking, una metodología para fomentar el aprendizaje significativo*. https://doi.org/10.22320/S07179103/2022.01

Lee, J. Y., Pyon, C. U., & Woo, J. (2023). *Digital Twin for Math Education: A Study on the Utilization of Games and Gamification for University Mathematics Education*. Electronics, 12(15), 3207. https://doi.org/10.3390/electronics12153207

OECD (2023). *Equity and Inclusion in Education: Finding Strength through Diversity*. OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/e9072e21-en.

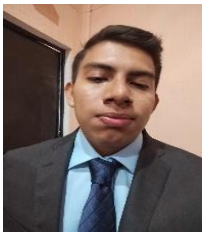
Putnam, C., Puthenmadom, M., Cuerdo, M. A., Wang, W., & Paul, N. (2020). *Adaptation of the system usability scale for user testing with children*. In Extended abstracts of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems (pp. 1-7). https://doi.org/10.1145/3334480.3382840

Romero, C., & Ventura, S. (2020). *Educational data mining and learning analytics: An updated survey*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 10(3), e1355. https://doi.org/10.1002/widm.1355

Wang, S.-Y., Chang, S.-C., Hwang, G.-J., & Chen, P.-Y. (2017). *A microworld-based role-playing game development approach to engaging students in interactive, enjoyable, and effective mathematics learning*. Interactive Learning Environments, 26(3), 411–423. https://doi.org/10.1080/10494820.2017.1337038

Información de los autores.

Sergio Juárez Vázquez es Doctor en Desarrollo Tecnológico y profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería en Computación en la Universidad del Istmo, Oaxaca, México. Cuenta con la distinción de Perfil Deseable otorgada por PRODEP. Su línea de investigación abarca el Reconocimiento de patrones, el Internet de las cosas y la Tecnología Educativa. Ha participado en proyectos financiados por SECIHTI, anteriormente CONACYT.



Abdiel Pérez Méndez es egresado de la carrera de Ingeniería en Computación de la Universidad del Istmo, actualmente realiza su proceso de titulación mediante la modalidad de tesis.

Ricardo Carreño Aguilera es ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, egresado de la ESIME Zacatenco del INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. Realizó una maestría en administración en la Universidad Autónoma de Querétaro y obtuvo su doctorado en Ingeniería de Sistemas en la SEPI ESIME, campus Zacatenco, dentro de la sección de posgrado. En el ámbito de la investigación, el Dr. Carreño llevó a cabo una estancia postdoctoral en el CINVESTAV, campus Zacatenco, en la Ciudad de México, donde se enfocó en el estudio de "redes neuronales no convencionales". Actualmente, se desempeña como profesor investigador en el campo de la inteligencia artificial en la Universidad del Istmo, campus Tehuantepec, en la carrera de Ingeniería en Computación.

Efraín Dueñas-Reyes se graduó de Ingeniero en Electrónica con especialidad en Control Automático por el Instituto Tecnológico de Orizaba en 2006. Continuó sus estudios y obtuvo la Maestría en Ingeniería Electrónica con especialidad en Electrónica de Potencia en 2009, otorgada por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET). Actualmente, es candidato a Doctor en Ingeniería con especialidad en Energía por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Desde 2015, trabaja en la Universidad del Istmo, donde se especializa en la confiabilidad y el control de convertidores electrónicos de potencia utilizados en aplicaciones de energía eólica y solar.

Francisco Javier Sol SamPedro es Maestro en Ciencias en Aprovechamiento y conservación de recursos naturales por el IPN, actualmente cursa el tercer año del Doctorado en Materiales y sistemas energéticos renovables. Profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Industrial en la Universidad del Istmo, Oaxaca, México. Su línea de investigación se desarrolla Arquitectura e Ingeniería Sustentable. Ha participado en proyectos financiados por SECIHTI, anteriormente CONACYT.

Nicolas Hernández Ruíz es Maestro en ciencias en conservación y aprovechamiento de recurso naturales, profesor de tiempo completo en el área de ingeniería industrial en la Universidad del Istmo, Oaxaca, México.