

# Development of a Cross-Platform Serious Game for Reviewing Content through Exercises Using an Artificial Intelligence Assessment System

Alicia López, Alfredo Romero

Published: 30 November 2024

## Abstract

Learning how to solve problems through mathematical processes is highly important in education and the professional field. Experts recommend the use of technological tools, such as serious games, to support and enhance this learning process. These applications can be used on websites or mobile devices, allowing users to practice efficiently and engagingly across different areas.

This work proposes developing a serious game with artificial intelligence to assess exercises designed by mathematics teachers, following a user-centered design approach. This involves analyzing requirements to create a use case model, which will enable the development of prototypes that students can evaluate in terms of usability, accessibility, and learning effectiveness.

## Keywords:

Serious Game, User-Centered Design, Higher Education, Artificial Intelligence.

## 1 Introducción

En muchas naciones (entre ellas México) establecen como objetivo principal el poder desarrollar las competencias matemáticas, esto es debido a que implican habilidades básicas para desarrollar procesos de razonamiento en los usuarios, para que sean capaces de resolver situaciones de forma creativa y no a través de un procedimiento rutinario, el cual resulta ser crucial para la formación de los estudiantes y/o profesionistas [1].

En 2022 se realizó la prueba PISA, en donde México es el tercer país peor evaluado en matemáticas, alcanzando un promedio de 407, encontrándose a 71 puntos debajo del promedio de la *Organisation for Economic Co-operation and Development*

(OECD), es decir solo dos de cada mil alumnos se encuentran en el nivel 5 (pueden resolver problemas complejos a través de varios procesos) y dos de cada 3 están por debajo del nivel 2 (pueden responder problemas en donde toda la información se encuentra ahí mismo) en matemáticas [2] [3].

Tan solo a nivel media superior, en 2018-2019 el abandono escolar se estimó en un 12.9% y en 2020-2021 en un 24.5% debido a la pandemia del Covid-19, así como también por la reprobación de distintas materias, en donde las principales son las relacionadas con las matemáticas [4].

Tomando como base la problemática mencionada anteriormente, Grisales y Vega mencionan que se requieren nuevas tácticas y tecnologías para motivar a los estudiantes en el proceso de aprendizaje, logrado así establecer una gran comprensión de los temas a través de una mejor interacción del contenido visto en dicho semestre o incluso en semestres previos [5] [6].

En 2022, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) menciona que en México el 97% de los usuarios arriba de los 6 años utilizan los teléfonos inteligentes y el 37% una computadora (escritorio o portátil), en donde se estima que el 36.9% y el 65.4% lo emplean para jugar a través de aplicaciones respectivamente [7].

El objetivo de este trabajo es diseñar y desarrollar un juego serio para diferentes dispositivos electrónicos (tableta, teléfono inteligente y computadora) con el propósito de que los estudiantes de nivel superior de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME) repasen los temas de matemáticas a través de ejercicios establecidos por los docentes, para posteriormente ser evaluados con apoyo de un sistema experto y un sistema de inferencia difusa (FIS, *Fuzzy Inference System*).

Objetivos específicos:

- Analizar los requerimientos del juego serio con base las especificaciones y/o necesidades de los docentes y los estudiantes.
- Recopilar los ejercicios que conforma el juego serio con apoyo de los profesores que imparten la materia de matemáticas.
- Desarrollar el juego serio a través de la metodología Diseño Centrado en el Usuario (DCU)
- Desarrollar e implementar un sistema experto y un sistema de inferencia difusa para el proceso de evaluación de los problemas del juego serio.

---

López A., Romero A.  
 Universidad Autónoma de Nuevo León  
 San Nicolás de los Garza, México  
 Email: {alicia.lopezsn, aromerob}@uanl.edu.mx

- Evaluar la usabilidad del juego con apoyo de los estudiantes y los profesores.

## 2 Juegos Serios

Los juegos serios son herramientas educativas e interesantes para los usuarios, ya que han demostrado poder cambiar su actitud hacia distintas áreas, un ejemplo es para la prevención y detección del acoso y ciberacoso en estudiantes de 6 a 16 años [8] o incluso para aprender diferentes técnicas de primeros auxilios como el juego de *First-Aid Game*, el cual se puede apreciar en la Figura 1 en donde consiste en enseñar maniobras básicas como dolor en el pecho, pérdida de conocimiento o asfixia a estudiantes entre 12 y 16 años [9].



Figura 1. Juego serio para aprender primeros auxilios (*First-Aid Game*) [9].

También existen juegos para aprender ciencias (incluyendo las matemáticas), ya sea para resolver problemas de cálculo a través de operaciones (suma, resta, multiplicación y división) que van aumentando su nivel de complejidad conocido como *Mental Math Master* [10] o incluso para incrementar el coeficiente intelectual a través de acertijos y rompecabezas de lógica como *Math | Acertijos* y *Puzzles* [11].

Con el propósito de fomentar el aprendizaje autónomo en los juegos serios, se han implementado sistemas de inteligencia artificial (IA), como el caso de *ALEKS*, el cual es una plataforma personalizada para enseñar matemáticas a nivel primaria y media superior a través de Big Data e IA para organizar sistemas de crecimiento continuo con base en los conocimientos de los estudiantes [12] o para fortalecer el razonamiento lógico matemático a través de un FIS para el proceso de evaluación en estudiantes conocido como *MathLogic - La historia de YuZhen* [13], como se puede apreciar en la Figura 2 la interfaz de problemas para el razonamiento estadístico y probabilístico.

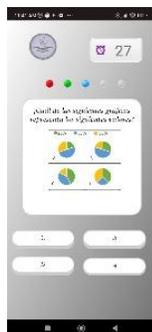


Figura 2. Interfaz de los problemas para fortalecer el razonamiento estadístico y probabilístico [13].

## 3 Metodología

Para el desarrollo del juego serio se utilizará la metodología DCU, como se puede observar a continuación, así como también la participación de los profesores que imparten las materias de matemáticas, estudiantes de diferentes semestres y carreras de FIME, dos expertos en matemáticas, un desarrollador *full stack* y un líder de pruebas de calidad y usabilidad (QA, *Quality Assurance*).

### 3.1 Análisis

Para esta etapa se realizaron dos cuestionarios de 18 preguntas para cada uno, en donde uno es para los profesores que imparten las materias de matemáticas y el otro para los estudiantes de la FIME, en donde se obtuvo la participación de un 91% en el primer grupo (32 docentes) y el segundo se tomó un tamaño de muestra con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 9.3% (110 estudiantes).

### 3.2 Diseño

Se diseñó un diagrama de arquitectura del producto, así como también un modelo de caso de uso, como se puede apreciar en la Figura 3, con el propósito de establecer la estructura de las diferentes interfaces y también de definir el comportamiento del juego con base en las acciones realizadas por parte del estudiante respectivamente.

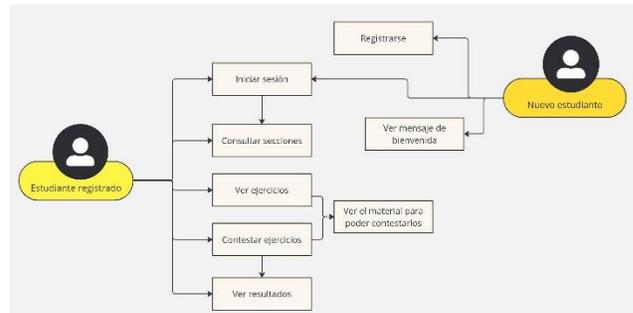


Figura 3. Modelo de caso de uso por parte del estudiante.

### 3.3 Prototipo

En esta etapa se desarrolló un prototipo de baja fidelidad a través de la herramienta de lápiz y papel, en donde se dibujaron las interfaces para posteriormente ser evaluadas por 3 docentes, dos estudiantes y el experto en desarrollo a través del método de pensando en voz alta.

Asimismo, para el prototipo de software se está utilizando el *framework* de angular con un diseño en *bootstrap* y *angular materials* a través de visual studio code para el caso de las interfaces del usuario y para la funcionalidad del sistema se encuentra estructurado en una aplicación web MVC de C# con *Entity Framework* en visual studio.

#### 3.3.1 Sistema de IA

Para el primero (sistema experto) se considera utilizar un sistema basado en reglas (RBO, *Rule Based Reasoning*), en donde los profesores establecerán si el estudiante se queda igual, avanza o retrocede de nivel con base en un tiempo mínimo y máximo de respuesta (establecido por ellos mismos) a través de las reglas

difusas del FIS, las cuales se establecen como variables de entrada el tiempo y los aciertos obtenidos por parte del estudiante.

### 3.4 Evaluar

Para esta etapa se considera evaluar a través del método de pensando en voz alta, aplicado en los estudiantes, profesores y expertos en matemáticas para conocer lo que piensan (y si se les dificulta) sobre el juego serio, así como también observación de campo, en donde se contempla implementarlo a un grupo de alumnos para posteriormente ver su avance y si existe una mejora en las calificaciones de las materias relacionadas a los ejercicios.

## 4 Resultados actuales

Debido a que esta investigación aún sigue en desarrollo, en la siguiente sección se puede apreciar lo que actualmente se ha desarrollado con ayuda de los estudiantes, profesores y expertos mencionados anteriormente.

### 4.1 Análisis

Para la primera evaluación, se encontró que el 59% de los profesores saben que los estudiantes tienen dificultades en los temas ya que se ven reflejado en las evaluaciones, por lo que el 93.8% considera factible una aplicación para que los estudiantes practiquen los ejercicios de los temas vistos en clase.

En el caso de la segunda prueba, el 37.5% de los estudiantes consideran que debe haber más ejercicios y el 58.7% más ejemplos a través de un juego serio ya sea para la computadora o en dispositivos móviles (95.3%), así como también el 85.2% menciona que se debe de agregar la información de los temas vistos en clase y el 32.4% una manera de contactar al profesor (o un experto) por si necesitan apoyo.

Con base en los resultados mencionados anteriormente se determinó desarrollar un juego serio multiplataforma con el propósito de que los estudiantes repasen a través de ejercicios establecidos por el profesor, por lo que se definieron los siguientes requerimientos:

- Todos los ejercicios son desarrollados por los profesores que imparten la materia.
- El juego serio debe ser entretenido para los estudiantes.
- Debe estar dividido por los capítulos que conforma el temario (8 en total) y con tres niveles de complejidad (bajo, medio y alto).
- Solo los estudiantes que se encuentren cursando la materia pueden ingresar.
- Los ejercicios se mostrarán en el juego serio con sus respectivas respuestas posicionadas de manera aleatoria para ambos casos.

### 4.2 Prototipo

Para el contenido del juego serio, se realizó un sitio web para los docentes, esto con la finalidad de que los profesores puedan cargar los ejercicios con sus respectivas respuestas, asimismo podrán establecer el tiempo mínimo y máximo que consideran que se debe tener para contestar dicho problema, como se puede apreciar en la Figura 4.

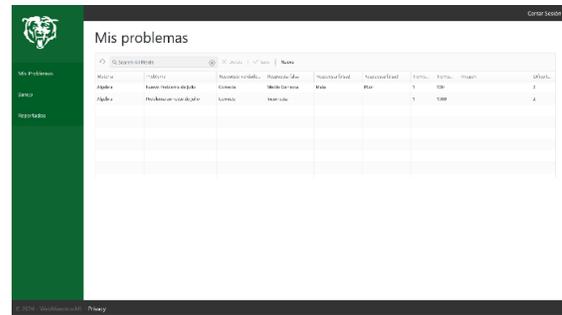


Figura 4. Interfaz donde se almacenan los ejercicios por parte del profesor.

De la misma forma, los docentes pueden observar el avance del estudiante con respecto al uso del juego serio, como se muestra en la Figura 5, esto con el propósito de conocer si se les complica en algún tema, subtema o incluso nivel, logrando así establecer una forma de apoyarlos a mejorar en dicha sección.

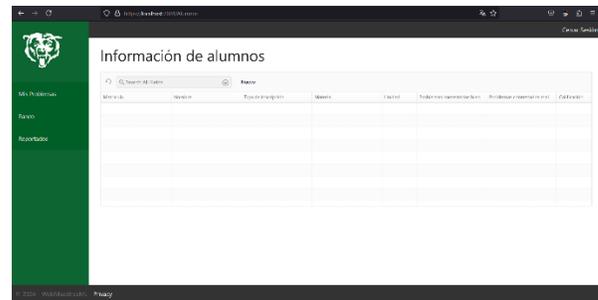


Figura 5. Interfaz para observar el avance del estudiante.

Tomando como base las respuestas de la etapa de análisis, también se determinó crear una sección en donde los docentes pueden observar todos los problemas de otros profesores y en caso de ser necesario reportar si consideran que un problema se encuentra mal estructurado o el tiempo de respuesta no es conveniente, debido a que todos los ejercicios estarán disponibles para los estudiantes en el juego serio.

### 4.3 Prototipo de baja fidelidad

Para el prototipo de baja fidelidad se utilizó la herramienta de lápiz y papel, en donde se desarrollaron los bocetos tanto para el uso en dispositivos móviles y en computadora como se muestra en la Figura 6, la cual se encuentra la estructura de cada uno de los temas con sus respectivos niveles.

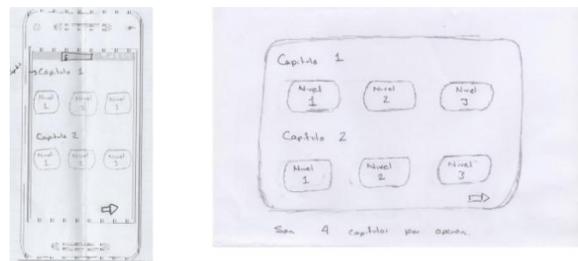


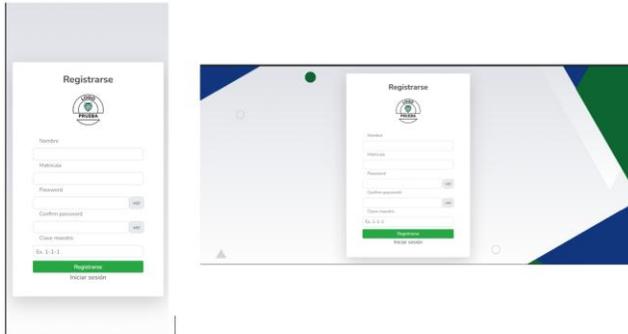
Figura 6. Prototipo de lápiz y papel del contenido de los capítulos con su respectivo nivel.

Se realizó la prueba de pensando en voz alta de los prototipos a dos docentes de matemáticas, el desarrollador y el QA, por lo que los expertos consideraron cambiar el diseño al momento de entrar a los problemas en el sitio web había mucho espacio vacío y los profesores les gustaría que antes de iniciar con los problemas informaran al estudiante el material que necesitan (lápiz, papel y/o calculadora) para lograr contestar los ejercicios.

Una vez realizados los cambios, se realizó otra evaluación, obteniendo resultados muy favorables sobre la estructura de los prototipos tanto para dispositivos móviles como para la computadora.

#### 4.4 Prototipo de software

Con base en el prototipo de baja fidelidad, el siguiente paso es comenzar con el desarrollo del prototipo de software, por lo que actualmente se encuentra desarrollando cada una de las interfaces del sistema, como se puede apreciar en la Figura 7, el registro para los estudiantes que utilizarán por primera vez el juego serio en la computadora o dispositivos móviles.



**Figura 7. Prototipo de software para la interfaz de registro de los estudiantes.**

Como se puede apreciar en la Figura 7, el desarrollo de cada una de las interfaces que conforma el sistema se encuentran contempladas para ser multiplataforma, por lo que una vez terminado se implementará el FIS y RBO para el proceso de evaluación de los ejercicios, con el propósito de determinar si el estudiante puede avanzar, retroceder o quedarse en el mismo nivel de complejidad para cada uno de los temas que conforma el juego serio.

#### 5 Conclusión

En este trabajo se puede apreciar el nivel que se encuentra actualmente México para el área de matemáticas y como ayudar a mejorar a través del uso de tecnologías de la información para la educación, entre ellos los juegos serios.

Los juegos serios han ido en aumento con el propósito de aprender desde conceptos aplicados en la vida diaria (primeros auxilios o detección de ciberacoso) hasta ciencias exactas (como las matemáticas) con el apoyo de la IA para su proceso de decisión y/o evaluación con base en la interacción de los usuarios.

A través del uso del diseño centrado en el usuario, en este estudio se contempla desarrollar un juego serio multiplataforma con el propósito de que los estudiantes de nivel superior mejoren en las materias relacionadas con las matemáticas a través de ejercicios

implementados por los maestros que imparten dicha materia en la FIME.

A través de una encuesta (análisis), los profesores y estudiantes consideran necesario una aplicación web y/o móvil para practicar los ejercicios de los temas vistos en clase (93.8% y 95.3% respectivamente), por lo que con base en este y otros resultados se estableció un diagrama de arquitectura y modelo de caso de uso (diseño) para conocer lo que pueden o no hacer los alumnos en el juego serio, para posteriormente generar un prototipo de lápiz y papel para ser evaluado por parte de los estudiantes, profesores y expertos obteniendo cambios significativos.

Una vez que se determinó el prototipo de baja fidelidad completo, el siguiente paso es desarrollar el prototipo de software, el cual se encuentra trabajando actualmente, para posteriormente implementarse dos sistemas de IA para su proceso de evaluación con base en las decisiones del estudiante y finalmente realizar pruebas de usabilidad y aprendizaje del sistema completo.

Asimismo, se espera que el juego serio para el caso de los estudiantes ayude a mejorar de una forma divertida, mejorando en su experiencia de aprendizaje en la institución y para los profesores puedan analizar la información del avance del alumno a través de una plataforma intuitiva con el propósito de conocer los temas o niveles que necesitan volver a repasar.

#### 6 Discusión

Para el desarrollo del sistema experto se espera que los profesores (en este caso de matemáticas) determinen los tiempos de respuesta de cada problema generado, logrando así ser almacenados en una base de datos (BD), esto que con la finalidad de que una vez que el estudiante utilice el juego, el FIS tomará como variables de entrada el tiempo que lo contestó y su respuesta, para generar como variable de salida el resultado con base en las reglas difusas y la información de la BD.

Se espera que las variables de entrada del FIS se autogeneren con ayuda de la información de la BD, esto es debido a que cada problema de cada capítulo en cada nivel de complejidad es diferente y solo los expertos pueden considerar los tiempos para responderlos, considerando que no lo busquen en internet, se lo copien o lo tengan memorizado.

Aunque el desarrollo del juego serio se encuentra relacionado al área de matemáticas, (ya que se les solicitó el apoyo a los profesores de dicha área), se espera que pueda ser utilizado para que los estudiantes aprendan el contenido de otras áreas, tal es el caso de la Interacción Humano Computadora (IHC), la cual es impartida en materias como Interfases IO Hombre Maquina e IHC para las carreras de Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería en Tecnología de Software de la FIME respectivamente.

Esto es debido a que el contenido del juego serio se puede desarrollar con base en los conocimientos de profesores y/o expertos (incluyendo de las materias mencionadas anteriormente o de IHC), los cuales crearán y guardarán los ejercicios en el sitio web de la Figura 4 y 5, para después con base en el tiempo mínimo y máximo que ellos establezcan para cada problema, el FIS determine si se requiere desde volver a repasar los conceptos (nivel 1) básicos hasta ya resolver problemas aplicados a una problemática real (nivel 3).

## 7 Referencias

- [1] N. Larrazolo, E. Backhoff y F. Tirado, «Habilidades de razonamiento matemático de estudiantes de educación media superior en México,» *Revista mexicana de investigación educativa*, vol. 18, n° 59, pp. 1137-1163, 2013.
- [2] OECD, «PISA 2022 Results (Volume I and II) - Country Notes: Mexico,» 5 Diciembre 2023. [En línea]. Available: [https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes\\_ed6fbcc5-en/mexico\\_519eaf88-en.html#chapter-d1e11](https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/mexico_519eaf88-en.html#chapter-d1e11). [Último acceso: 3 Agosto 2024].
- [3] L. Piscocoya Hermoza, «Pruebas PISA: Niveles de desempeño y construcción de preguntas,» *Educación*, vol. 1, n° 2, pp. 21-34, 2004.
- [4] K. Díaz López y C. Osuna Lever, «Incidencia de las prácticas de enseñanza, perfil profesional y formación continua de docentes de matemáticas, en el abandono escolar en Educación Media Superior,» *Diálogos sobre educación. Temas actuales en investigación educativa*, vol. 14, n° 26, pp. 1-20, 2023.
- [5] A. Grisales, «Uso de recursos TIC en la enseñanza de las matemáticas: retos y perspectivas,» *Entramado*, vol. 14, n° 2, pp. 198-214, 2018.
- [6] J. Vega, N. D. y Y. Cárdena, «Enseñanza de las matemáticas básicas en un entorno e-Learning: un estudio,» *Escuela de Administración de Negocios*, vol. 79, pp. 172-185, 2015.
- [7] INEGI, «ENCUESTA NACIONAL SOBRE DISPONIBILIDAD Y USO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN EN LOS HOGARES (ENDUTIH) 2022,» Instituto Federal de Telecomunicaciones - IFT, 19 Junio 2023. [En línea]. Available: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/ENDUTIH/ENDUTIH\\_22.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/ENDUTIH/ENDUTIH_22.pdf). [Último acceso: 06 Agosto 2024].
- [8] A. Calvo, C. Alonso, M. Freire, I. Martínez y B. Fernández, «Serious games to prevent and detect bullying and cyberbullying: A systematic serious games and literature review,» *Computers & Education*, vol. 157, 2020.
- [9] C. Alonso, I. Martínez, R. Caballero, M. Freire y B. Fernández, «Predicting students' knowledge after playing a serious game based on learning analytics data: A case study,» *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 36, n° 3, pp. 350-358, 2019.
- [1] 5daysweekend, «Mental Math Master,» Google Play, 14 Octubre 2023. [En línea]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fivedaysweekend.math&hl=es>. [Último acceso: 5 Agosto 2024].
- [1] Black Games, «Math | Acertijos y Puzzles,» Google Play, 11 Marzo 2024. [En línea]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.BlackGames.MathRiddles>. [Último acceso: 5 Agosto 2024].
- [12] G. Bentancor, L. Velázquez y P. Noguera, «Inteligencia Artificial para personalizar el aprendizaje de Matemática. Una mirada a un curso de ALEKS para docentes de Educación Media de Uruguay,» *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, n° 37, pp. 223-236, 2024.
- [1] A. López y A. González, «Desarrollo de un juego serio para fortalecer el razonamiento lógico matemático con implementación de un sistema basado en lógica difusa,» *RIIT*, vol. 10, n° 55, pp. 79-99, 2022.



© 2024 by the authors. This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.