

VIDEOJUEGO SERIO APLICADO EN LA TRANSFORMACIÓN DE GRAFICAS REPRESENTADAS EN R^2

SERIOUS VIDEO GAME APPLIED IN THE TRANSFORMATION OF GRAPHICS REPRESENTED IN R^2

Karla Liliana Puga Nathal, María Eugenia Puga Nathal, Erick Eduardo Gutiérrez de la Torre,
Natalia Cisneros Aguilar

Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Guzmán. (México)

karlalpn4@gmail.com, maria.pn@cdguzman.tecnm.mx, M19291007@cdguzman.tecnm.mx,
natalia.ca@cdguzman.tecnm.mx

Resumen:

Se presentan los resultados de un estudio cualitativo que consiste en la implementación de un videojuego serio creado para promover habilidades en estudiantes de nivel superior en la graficación de funciones mediante la técnica de transformaciones. La propuesta se fundamentó en la teoría de Representaciones Semióticas, enfatizando la conexión entre los registros geométrico y algebraico de funciones. Las etapas desarrollo e implementación progresaron de acuerdo con el Diseño Centrado en el Usuario. Un hallazgo importante en el estudio fue la motivación de los estudiantes adultos en el desarrollo de habilidades a través de escenarios lúdicos.

Palabras clave: videojuego serio, graficación, registros de representación

Abstract:

This paper presents the results of a qualitative study that consists of the implementation of a serious video game created to promote skills in university students in the graphing of functions through the technique of transformations. The proposal was based on the theory of Semiotic Representations, emphasizing the connection between the geometric and algebraic registers of the functions. The development and implementation stages progressed in accordance with User-Centered Design. An important finding in the study was the motivation of adult students in the development of skills through playful scenarios.

Keywords: serious video game, graphics, representation records

■ Introducción

El análisis de graficas es necesario no solo para entender el comportamiento de una función mediante su representación geométrica, sino también para la comprensión del comportamiento de una gran variedad de fenómeno físicos, sociales, económicos, entre otros. En las carreras universitarias, la graficación y análisis de gráficas son conocimientos esenciales para cursos como cálculo diferencia e integral, cálculo multivariable, cálculo vectorial, ecuaciones diferenciales, entre otros y para asignaturas especializadas en diversos campos de la ciencia.

Existen trabajos en los que destaca la importancia del estudio de funciones y sus gráficas en los niveles de educación media y superior, así como las dificultades que enfrentan los estudiantes cuando se trata de contextualizar un modelo o analizar un fenómeno, o simplemente interpretar una gráfica (Real, 2013; Bejarano, 2017; González y Morelos, 2020; Choco, 2019; Sandoval, 2017). Algunos resultados demuestran que el estudiante presenta deficiencias relacionadas con la interpretación de la expresión matemática que define a una función, no logran obtener la gráfica a partir de esta, se les dificulta la interpretación de las escalas en los ejes, no logra comprende la relación que existe entre las variables y su dependencia, carecen de técnicas de análisis del comportamiento de gráficas, deficiencias en el concepto de función.

Los estudiantes presentan deficiencias en la notación de expresiones y no logran conectar algunos registros de representación del concepto como son el algebraico, geométrico y numérico. Desafortunadamente el tiempo que se le pudo dedicar al estudio de las funciones y su grafica muchas veces no es suficiente para que el alumno adquiera habilidades e incluso logre un dominio del concepto. En ese tiempo se espera que el estudiante sea capaz de representar e interpretar una función en su forma numérica, gráfica y algebraica. Este problema provoca dificultades en el estudiante para la construcción de nuevos conceptos matemáticos y la incapacidad de interpretar fenómenos propios de determinada área del conocimiento, e interpretarlos a partir de su representación gráfica.

El primer acercamiento (y el más común) para la representación geométrica de una función a partir de su modelo matemático es el método *punto a punto*, que consiste en generar una serie de coordenadas (x, y) , ubicarlos en el plano cartesiano y unirlos mediante pequeños segmentos rectilíneos o curvos. Lo limitado de esta técnica es que los estudiantes no tienen claro cuántos puntos son los suficientes para trazar su gráfica, no identifican detalles como concavidad, crecimiento y continuidad de la función. Si el estudiante no visualiza la existencia de discontinuidades une todos los puntos trazados y obtiene resultados erróneos.

Identificar las coordenadas de los puntos de una gráfica es necesario para entender algunas condiciones de la función, pero como técnica de graficación es limitada, es necesario complementar estos procesos con otro tipo de análisis. Existen propuestas interesantes que plantean la graficación de funciones a partir de un conjunto base de funciones $f(x)$. Se trata de analizar el efecto que tienen los parámetros a , b y c en estas funciones base cuando aparecen modelos de la forma $y = a f(x-c) + b$. Puntualmente se analizan transformaciones a $f(x)$ como traslaciones (horizontales y verticales, expansión y compresión, así como de reflexión. Graficar a partir de un conjunto base de funciones resulta un método accesible para el estudiante, por tanto, puede estudiarlo de manera autogestiva.

Existe en el mercado una gran cantidad de software creado para el área de matemáticas, pero en ocasiones carecen de un diseño instruccional para su uso que permita que el estudiante se apropie por sí mismo de algún concepto. Por esto, es necesario elaborar estrategias que promuevan el aprendizaje autogestivo y permitan al estudiante de manera independiente interactuar con materiales que coadyuven a la construcción de conceptos y desarrollo de habilidades, en este caso en el trazo y análisis de una gráfica. En la presente investigación se plantea como alternativa un videojuego serio diseñado mediante una metodología centrada en el usuario, para promover habilidades en la interpretación geométrica de gráficas bidimensionales a partir de la transformación de funciones.

■ Marco teórico

La investigación se fundamenta desde dos vertientes. Primeramente, fue necesario entender los elementos teóricos que subyacen a la construcción del pensamiento matemático en estudiantes universitarios y por otro conocer la estructura teórica de los videojuegos serios.

Construcción del pensamiento matemático del individuo

La investigación epistemológicamente se fundamenta desde la de teoría de Representaciones Semióticas (Duval, 1993), que establece que los conceptos matemáticos, a diferencia de otros conceptos son tratados desde diversos registros de representación, ya que las diversas representaciones son las que permiten el acceso y la aplicación de los objetos matemáticos.

Particularmente en matemáticas, los signos corresponden a las diversas formas que existen de representar un mismo concepto, se destacan: la representación algebraica (modelo matemático), la representación geométrica (gráficas, figuras), la representación numérica (tablas, cantidades), la representación verbal (con palabras). En el caso de la propuesta, se incluyen dos registros de representación, el geométrico y el algebraico. El usuario transitará desde un registro a otro, lo cual permitirá observar la manera en que establece conexiones entre estas representaciones.

Duval hace referencia a la Semiosis como la actividad encargada de la producción de representaciones, la cual depende de los signos utilizados en el sistema que se desea representar y la Noesis que es la actividad que desarrolla el sujeto para obtener los conceptos y va acompañado de los métodos de aprendizaje y actividades que realizo (Hernández et al., 2017).

Según Duval, los sistemas semióticos deben permitir tres actividades cognitivas las cuales son:

- Encontrar las características de un objeto o concepto y de esta forma representarlo dentro de un sistema semiótico en concreto.
- Utilizar la representación del concepto u objeto y aplicar las reglas, funciones y leyes propias del sistema de representación semiótica, llevando a un aprendizaje más completo y profundo que solo la representación dentro del sistema.
- Utilizar la representación del concepto dentro del sistema y trasladarlo a una representación a otra correspondiente en otro sistema semiótico diferente.

En el caso del videojuego, como parte de la semiosis, el estudiante deberá caracterizar cada modelo matemático para asociarlos con la gráfica correspondiente y estudiar el comportamiento de las gráficas detalladamente para asociarlas con el modelo matemático que corresponda.

Marco de referencia para el diseño de un juego serio

Caillois (1986) define el juego como una actividad con las siguientes características:

1. Libre: en la que jugar no es obligatorio; si lo fuera, perdería todo su atractivo y calidad como diversión.
2. Independiente: limitada por límites de espacio y tiempo, definida y fijada con antelación.
3. Incierta: el curso de la cual no puede ser determinado, ni el resultado obtenido previamente, y deja espacio para innovación a la iniciativa del jugador.
4. Improductiva: no crea ni bienes, ni riqueza, ni nuevos elementos de ningún tipo; y, excepto por el intercambio de propiedad entre el jugador, termina en una situación idéntica a la que empezó.
5. Gobernado por reglas: bajo convenciones que suspenden las leyes ordinarias, y por el momento establece una nueva legislación.
6. Ficticio: Acompañada de una conciencia especial de una segunda realidad o de una irrealidad libre, en contraposición de la vida real.

Los juegos han constituido una poderosa herramienta de aprendizaje de conductas y actitudes necesarias para el eficiente desempeño sociocultural. Por otro lado, los videojuegos serios (Marcano, 2008) son aquellos que se usan

para entrenar, informar y educar a la población. Se fundamentan principalmente en principios pedagógicos de acuerdo con sector social al que van dirigidos. Su finalidad no es la diversión sino la instrucción.

En la actual sociedad digital los videojuegos proveen a los *videojugadores* de habilidades y destrezas propias de la época que facilitan el aprendizaje de procesos complejos con eficacia (Marcano, 2008). Zyda (2005) define el videojuego serio como una prueba mental, llevada a cabo frente a una computadora de acuerdo con unas reglas específicas, que usa la diversión como modo de formación, con objetivos en el ámbito de la educación, sanidad, política pública y comunicación estratégica. Por lo tanto, los juegos serios están hechos para proporcionar un contexto de entretenimiento y auto fortalecimiento con el que motivar, educar y entrenar a los jugadores (Chipia, 2014).

Para ser eficaces, los juegos serios deben incorporar principios cognitivos, de aprendizaje y pedagógicos en su diseño y estructura. (Greitze et al., 2010). Es importante enfatizar que, mientras los juegos serios son frecuentemente vistos como instruccionales “de facto”, la combinación de entretenimiento y adquisición de conocimiento está lejos de ser inmediata. Los juegos son fácilmente motivadores por sí mismos, sin embargo, el siguiente paso hacia la efectividad instruccional es más difícil de conseguir. (Prieto y Medina, 2015).

La teoría de carga cognitiva (Sweller, 2020) menciona que la instrucción está basada en los hechos, leyes, principios y teorías que conforman el contenido de una disciplina (Kirschner et al., 2010). Kolb (1984) define el aprendizaje como “el proceso en donde se crea conocimiento a través de la transformación de la experiencia”. Kolb define cuatro posibles estilos de aprendizaje: divergente (sentir y mirar), asimilativo (mirar y pensar), convergente (hacer y pensar) y acomodativo (hacer y sentir). Estos estilos están posiblemente interrelacionados y pueden resultar en cuatro diferentes resultados: experiencia concreta (sentir), observación reflectiva (mirar), conceptualización abstracta (pensar) y experimentación activa (hacer).

Al diseñar un videojuego serio, se deben de tomar en cuenta las características de aprendizaje de los alumnos para que logren aplicar sus conocimientos en escenarios de la vida real. Se identificaron seis tipos de patrones para tomar en cuenta al diseñar un videojuego serio (Kiili et al., 2014):

- Patrones de integración: describen soluciones que integran los elementos del juego y los objetivos de aprendizaje de forma pedagógicamente significativa.
- Patrones de cognición: tratan de obtener la atención del jugador para enfocarla en contenido relevante y motivan al jugador para que reflexione en las experiencias obtenidas, valide hipótesis y forme nuevas estrategias.
- Patrones de presentación: Buscan asegurar que el procesamiento de la información por parte del jugador sea efectivo. Los alumnos son retados a extraer información relevante del mundo del videojuego, escoger las partes correspondientes de la información e integrar dichos elementos de manera coherente.
- Patrones de enseñanza y patrones de interacción social: Ambos están interrelacionados con los patrones de cognición y describen formas de facilitar el aprendizaje o la enseñanza a través de actividades sociales y elementos de juego construidos socialmente. Se propone incluir en el juego herramientas que faciliten el diagnóstico del aprendizaje y comportamiento de los jugadores.
- Patrones de compromiso: intentan motivar a los jugadores para mejorar su desempeño en el juego, incrementando el tiempo de juego y facilitando el aprendizaje.

■ Metodología

Diseño del videojuego

El desarrollo del videojuego se sustenta en el Diseño Centrado en el Usuario. Esta metodología propone involucrar a usuarios potenciales en el proceso de diseño, por medio de pruebas y análisis. Se fundamenta en un conjunto de

métodos y técnicas que comparten un objetivo común: conocer y comprender las necesidades, limitaciones, comportamiento y características del usuario (Goodman & Kuniavsky, 2012).

Una de estas pruebas es *el test* de usuario, el cual consiste observar cómo un grupo de usuarios llevan a cabo una serie de tareas encomendadas por el evaluador, analizando los problemas de usabilidad con los que se encuentran durante el proceso. Es importante reclutar participantes que cumplan con el perfil que tendrán nuestros usuarios reales, para esto se propone seguir una secuencia de tres pasos propuesta por Goodman & Kuniavsky (2012): determinar la audiencia del sitio web a evaluar, localizar a miembros representativos de esa audiencia, y convencerles para participar.

De acuerdo con Nielsen (s.f.), realizar un total de tres pruebas espaciadas en tres etapas diferentes del desarrollo, con un aproximado de cinco participantes en cada una de ellas, logrará mejorar de forma iterativa la usabilidad de la aplicación. Dichas pruebas deben ser razonables, específicas, factibles, llevar a un objetivo mayor y tener una duración razonable. En la investigación, el diseño del videojuego se dividió en varias etapas, las actividades desarrolladas en cada una son las siguientes:

- Fase de planeación: En esta fase se elaboró la documentación necesaria y se diseñó la estructura general del juego, durante esta fase no se programó. Esta fase incluye las siguientes actividades:
 - Creación del documento de diseño: Se creó el documento de diseño en el que se describe el concepto general del videojuego, sus fundamentos y los aspectos técnicos del videojuego como los requisitos, plataformas compatibles, etc.
- Fase de prototipo: En esta fase se diseñan y programan las mecánicas básicas, evaluando cada una hasta encontrar las más adecuadas de acuerdo con el objetivo de aprendizaje planteados. Esta fase incluye las siguientes actividades:
 - Diseño de los fundamentos: Se diseñaron los fundamentos que sirvieron como base para el funcionamiento del juego.
 - Diseño y programación de las mecánicas básicas: Se probaron y diseñaron las mecánicas que se utilizaron en la creación de los diferentes desafíos del videojuego, llamados *niveles*.
- Fase Alfa: En esta fase se utilizaron las mecánicas junto con animaciones y sonidos temporales que fueron cambiados en las fases posteriores para crear una versión básica del videojuego.
 - Creación de la interfaz de la versión alfa: Se crearon los menús y las interfaces que verá el usuario, pero de una forma muy básica.
 - Creación de los gráficos y animaciones de la versión alfa: Se diseñaron las imágenes y animaciones de los personajes y fondos, así como las partículas y efectos gráficos, pero de una forma muy básica.
 - Creación del nivel cero: El nivel cero es el primer nivel que se crea en un juego y por lo general nunca aparece en la versión final. Este nivel sirve como un entorno de pruebas y permite al diseñador ver como interactúan las diferentes mecánicas entre sí.
- Primera fase de pruebas y corrección de errores: Se hicieron pruebas con usuarios que estudian la carrera de ingeniería en sistemas computacionales quienes evaluaron el prototipo. Además, profesores del área de matemáticas revisaron los contenidos y la estructura didáctica de la propuesta. En esta fase se corrigieron los errores encontrados y se modificó el videojuego de acuerdo con los resultados de la evaluación.
- Fase beta: En esta fase se mejoró el juego para que se vuelva lo más parecido posible al producto final.
 - Creación de la interfaz: Se crearon los menús y las interfaces que verá el usuario para reemplazar los de la versión alfa.
 - Creación de los gráficos y animaciones: Se diseñaron las imágenes y animaciones de los personajes y fondos, así como las partículas y efectos gráficos para reemplazar los de la versión alfa.
 - Creación y diseño de la música y sonido: Se diseñaron los efectos de sonido y la música de los niveles.
 - Diseño y programación de los niveles: Se diseñaron y crearon los niveles y la manera en la que progresará el usuario utilizando las interfaces, gráficos y animaciones de la versión beta.
- Segunda fase de pruebas y corrección de errores: Nuevamente se realiza una evaluación del videojuego. Las pruebas las realizan estudiantes de ingeniería quienes focalizan la dinámica del juego, así como la interfaz. Se

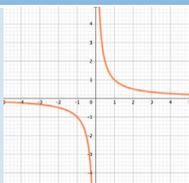
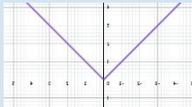
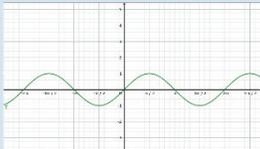
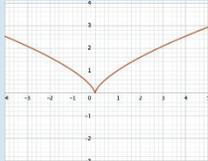
realizan las modificaciones pertinentes aunadas con la evaluación que nuevamente realiza el grupo de docentes del área de matemáticas.

Es importante resaltar que se realizó una tercera evaluación del videojuego, nuevos usuarios jugaron y profesores de matemáticas también participaron. En esta etapa se creó la versión adecuada para ser aplicada en estudiantes de ingeniería y así evaluar su impacto en el desarrollo de habilidades en la graficación de funciones. Esta versión, denominada *Beta*, consiste en un videojuego ambientado en una galaxia en donde mediante una nave espacial (piloteada por el usuario) se deben combatir invasores malignos que pretenden capturar a los habitantes de un planeta. El usuario puede transitar por 45 oleadas, que son los desafíos en el videojuego (niveles) y en la medida que progresan las oleadas aumenta el reto para el jugador.

Al videojuego se incorporan 14 familias de funciones denominadas $f(x)$, reconoce la representación canónica de cada una, aleatorizar las constantes a , b , c del modelo

$y = a f(x-b) + c$ y muestra al usuario el modelo matemático y éste deberá asociarlo con su gráfica y debe acertar para no ser derrotado. En la tabla 1 se muestran algunas funciones incorporadas.

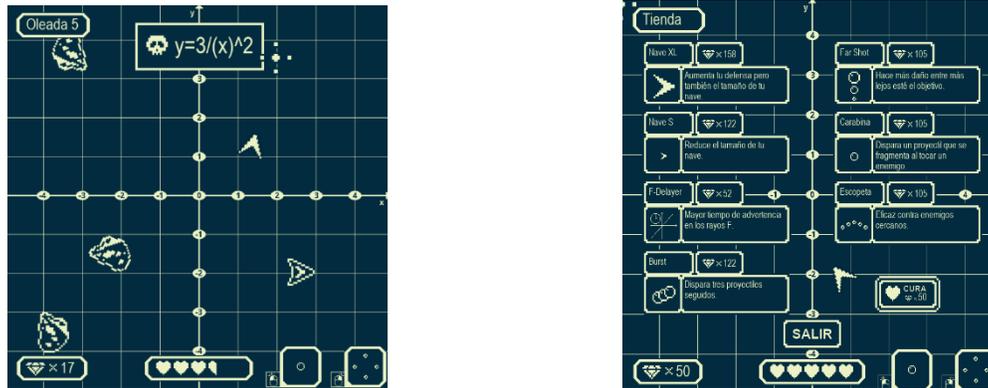
Tabla 1. Algunas funciones base.

Forma canónica	Gráfica básica
$f(x) = \frac{1}{x}$	
$f(x) = x $	
$f(x) = \sin(x)$	
$f(x) = (x)^{\frac{2}{3}}$	

Fuente: Gutiérrez (2021, p. 15).

En la figura 1 se muestra el ejemplo de un escenario del videojuego. Se incorporó un tutorial en donde se explica al usuario la técnica de graficación utilizada y otro apartado en el que se detalla la mecánica del juego.

Figura 1. Videojuego serio Graficalax.



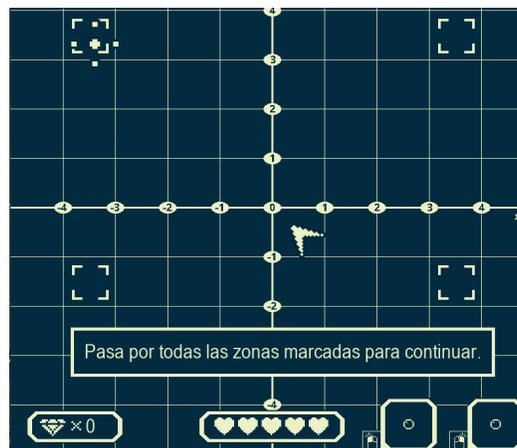
a) Señal de advertencia de los rayos F

b) Tienda para potenciar recursos del usuario

Fuente: Gutiérrez (2021, p. 33).

En la figura 2 se muestra la pantalla en la que el usuario es entrenado en la mecánica del juego. Esta etapa fue importante para la investigación ya que era menester asegurar que los usuarios comprendieran las reglas del juego y cómo jugar para que un mal manejo de este no afectara en la promoción de habilidades.

Figura 2. Tutorial para controlar la nave.



Fuente: Gutiérrez (2021, p. 34).

El trabajo de campo se realizó con 15 estudiantes universitarios de diferentes carreras de ingeniería. La muestra se conformó con voluntarios, el requisito de reclutamiento fue estar inscritos en el primer semestre de su carrera y que no conocieran la técnica de graficación abordada en la investigación. Se decidió esa cantidad de estudiantes debido a las condiciones de aislamiento social por la que atravesaba el país. La evaluación de la propuesta transitó a través de las siguientes etapas:

Etapa I.- Se aplicó un pretest a los estudiantes seleccionados, el cual consistió en preguntas relacionadas con el modelo $y = af(x - b) + c$ y construcción de gráficas.

Etapa II.- Se solicitó a los estudiantes que trabajaran con el videojuego y que previamente analizaran los tutoriales

Etapa III.- Se aplicó un post-test a los alumnos, el cual sigue el mismo formato que el pretest, pero con diferentes ecuaciones.

Etapa IV.- Se aplicó la prueba t-student para analizar los datos. El propósito de dicho análisis fue evaluar si la media del grupo experimental (estudiantes después de jugar con el videojuego *Graficalaxy*) es significativamente mayor a la media del grupo de control (estudiantes antes de jugar con *Graficalaxy*).

■ Resultados

Uno de los resultados relevantes en la investigación es la implementación del videojuego serio para computadora, ya que resulta versátil e intuitivo, fue evaluado por estudiantes universitarios de diferentes semestres y carreras y los resultados de esta evaluación son satisfactorios. Se demostró que los usuarios que jugaron mejoraron sus habilidades en la graficación de funciones, como se muestra en la figura 3.

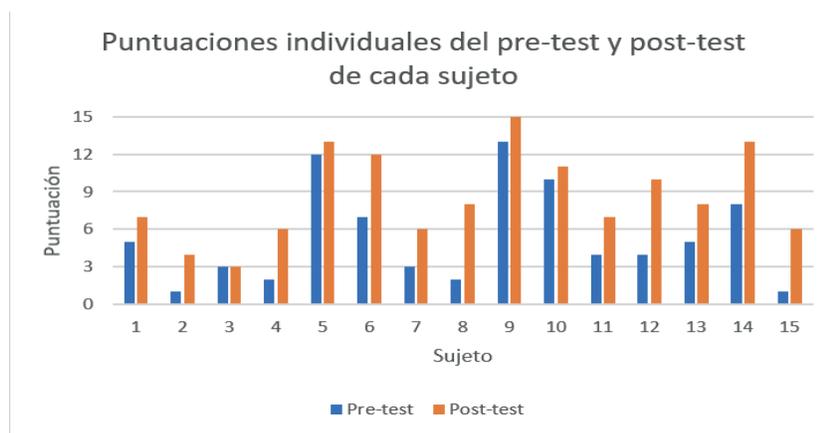
Se realizó una encuesta para conocer la experiencia de los estudiantes en el uso del videojuego. Se aplicó la escala de Linkert (Matas, 2018) ponderando de esta manera: Totalmente en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), De acuerdo (4) y Totalmente de acuerdo (5).

La encuesta consistió en las siguientes preguntas:

1. ¿Qué tan divertido te pareció el juego?
2. ¿Qué tan intuitivos eran los controles?
3. ¿Qué tan difícil fue el juego?
4. ¿Qué tan fácil era detectar los distintos elementos en pantalla?
5. ¿Qué tan claro era detectar el texto en pantalla?
6. ¿Qué tanto te gustó el estilo gráfico del juego?
7. ¿Qué tanto crees que aprendiste al jugarlo?
8. ¿Qué tan probable es que vuelvas a jugarlo?

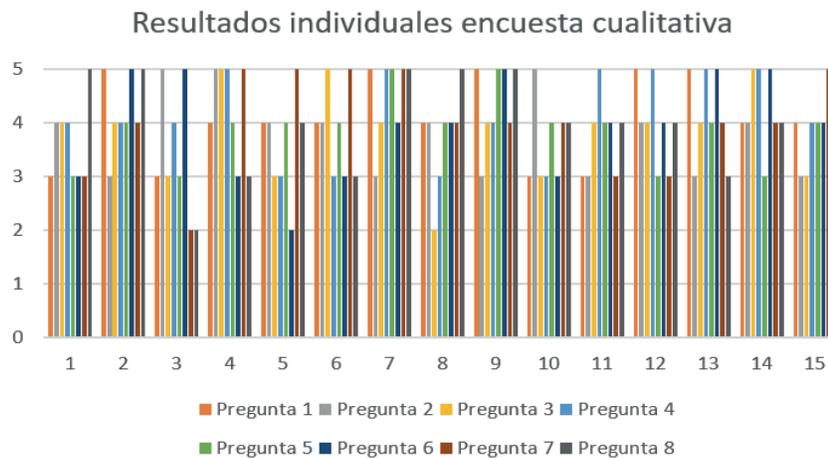
En la figura 4 se muestran los resultados de la encuesta. Se puede observar que los estudiantes se divirtieron con el videojuego, pese a que resultó todo un reto para la investigación seleccionar una temática. Esta se hizo con base a una encuesta, realizada previo a su diseño, que se aplicó a más de 100 estudiantes universitarios y la mayoría de las preferencias se inclinaron a juegos de estrategias, bélicos o espaciales, optándose por los primeros y terceros.

Figura 3. Puntuaciones del pretest y posttest.



Fuente: Gutiérrez (2021, p. 37).

Figura 4. Resultados de la evaluación del videojuego.



Fuente: Gutiérrez (2021, p. 39).

■ Conclusiones

Los resultados demuestran que las habilidades en la graficación de funciones de los usuarios mejoraron tras utilizar el videojuego serio bajo las condiciones en las que se aplicó. Se observó que el usuario interactúa con los distintos elementos del videojuego, asocia estos elementos con los conceptos que se quieren enseñar y, por medio de la repetición, desarrolla las habilidades en la graficación de funciones mediante la transformación de gráficas.

Una aportación importante de la investigación al campo de las matemáticas es la creación de una herramienta didáctica para la graficación de funciones, accesible para estudiantes de educación media y superior. Otra aportación que se destaca, de acuerdo con los resultados del estudio es la posibilidad de generar escenarios extracurriculares, diseñados metodológicamente y con una intención didáctica que enriquezcan los aprendizajes áulicos de manera autogestiva, que promuevan experiencias de aprendizaje y que sean atractivos.

El mayor reto al diseñar un videojuego dirigido estudiantes universitarios, es lograr el balance entre aprendizaje y entretenimiento, captar la atención de los estudiantes y dirigirla hacia los elementos didácticos del juego, así como motivarlo a seguir jugando por su cuenta. Encontrar los mecanismos para mostrar conceptos abstractos que comúnmente forman parte de la formación de los ingenieros y llevarlos como elementos centrales en un videojuego serio, es una de las mayores dificultades que se enfrentaron en la investigación al desarrollar un videojuego. Al respecto, el videojuego motivó a los estudiantes al estudio de las funciones y sus gráficas, su gamificación fue la adecuada para mantener la atención de los usuarios y de esta manera lograr el objetivo propuesto.

Como recomendación para quienes desean incursionar en la implementación de alternativas didácticas similares es tener presente que las mayores dificultades a las que se enfrentan los usuarios de videojuegos serios están en la curva de aprendizaje, encontrar la motivación para progresar y adaptarse a los controles y a la dificultad del videojuego. Esto se observó en todas las etapas de evaluación que se realizaron. Como trabajo futuro, se espera expandir el videojuego a diferentes plataformas para ampliar su alcance y crear opciones para multijugadores.

■ Referencias bibliográficas

Bejarano-Arias, M.E., & Ortiz-Bultrago, J. (2017). Modelización matemática y GeoGebra en el estudio de funciones. Una experiencia con estudiantes de ingeniería. *Revista de Ciencias de la Educación*, 50(27), 348-379.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7478886>

- Caillois, R. (1986). *Los juegos y los hombres, la máscara y el vértigo*. Fondo de Cultura Económica.
- Chipia-Lobo, J. F. (2014). Juegos serios: Alternativa innovadora. *Conocimiento libre y educación*, 2(2), 3-21. https://www.researchgate.net/profile/Joan-Chipia-Lobo/publication/280880572_Juegos_Serios_Alternativa_Innovadora/links/55ca0b7508aebc967dfbd749/Juegos-Serios-Alternativa-Innovadora.pdf
- Choco-Bonilla, A. F. (2019.). *Dificultades y errores de estudiantes de grado undécimo en torno al estudio de las funciones racionales* [Tesis de maestría, Universidad del Valle de Colombia]. Biblioteca Digital de la Universidad del Valle. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/20759/Dificultades-Errores-Estudiantes-Chocó-Andrés-3469-C545d.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Duval, R. (1993). Registros de representación sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Science Cognitives*. Consultado el 3 de diciembre de 2021. https://mathinfo.unistra.fr/websites/math-info/irem/Publications/Annales_didactique/vol_05/adsc5_1993-003.pdf
- González-Rodríguez, I., Zaldívar-Rojas, J. D. y Morelos-Escobar, S. C. (2020). Dificultades en la construcción e interpretación de gráficas de funciones en estudiantes de nivel superior. *Acta Latinoamericana de matemática Educativa*, 33(1), 40-47. https://www.clame.org.mx/documentos/alme33_1.pdf
- Gutiérrez, E. E. (2021). *Videojuego serio para el desarrollo de habilidades en el análisis de gráficas bidimensionales* [Tesis de maestría no publicada, Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Guzmán].
- Greitzer, E., Tan, C. and Graf, M. (2010). *Internal Flow: Concepts and Applications*. Cambridge University Press.
- Hernández, A., Cervantes, J., Ordoñez, J. y García, M. (2017). Teoría de Registros de Representaciones Semióticas. Consultado el 26 de diciembre de 2021. https://www.researchgate.net/publication/315814323_TEORIA_DE_REGISTROS_DE_REPRESENTACIONES_SEMIOTICA.
- Kiili, K., Lainema, T., De Freitas, S., & Arnab, S. (2014). Flow framework for analyzing the quality of educational games. *Entertainment Computing*, 5(4), 367-377. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2014.08.002>
- Kirschner, P., Sweller, J. & Clark, R. (2010). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86. http://dx.doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Kolb, D. (1984). *Experiential learning experiences as the source of learning development*. Prentice Hall.
- Goodman, E. & Kuniavsky, M. (2012). *Observing The User Experience: A Practitioner's Guide to User Research*. Elsevier.
- Marcano, B. (2008). Juegos serios y entretenimiento en la sociedad digital. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la información*, 3(9), 93-107. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=201017343006>
- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Linkert: un estado de la cuestión. *Revista electrónica de investigación educativa*, 20(1), 4-16. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-40412018000100038
- Nielsen, J. (s.f.). Why You Only Need to Test With 5 Users. UseIt.com Alertbox. <https://www.nngroup.com/articles/how-many-test-users/>
- Prieto, R. A. & Medina, N. (2015). Serious Game: Systematic Mapping and Taxonomies for Clasification. Consultado el 20 de febrero de 2022.

https://www.researchgate.net/publication/303924118_GAME_SYSTEMATIC_MAPPING_AND_TAXONOMIES_FOR_CLASIFICATION

- Real, M. A. (2013). Uso del ordenador como facilitador en el análisis y la graficación de funciones. SEMUR, Sociedad de Educación Matemática Uruguay, 1(1), 919-922.
<http://funes.uniandes.edu.co/18413/1/Real2013Uso.pdf>
- Sandoval, L. (2017). Guía Didáctica para el análisis e Interpretación de gráficas en los estudiantes del primer ciclo de ingeniería mecánica y eléctrica de la universidad Nacional de Jaén. Consultado el 12 de enero del 2022.
<https://hdl.handle.net/20.500.12893/6186>
- Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and the use of educational technology. Educational Technology. 68(1), 1-16. <http://dx.doi.org/10.1007/s11423-019-09701-3>.
- Zyda, Michael. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. Computer. 38 (9), 25-32.
<https://doi.org/10.1109/MC.2005.297>