



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencias de la Administración

Carrera de Ingeniería de Sistemas y Telemática

**SOFTWARE LÚDICO DE APOYO
PEDAGÓGICO PARA LA ENSEÑANZA DE
LAS MATEMÁTICAS DEL BLOQUE DE
ÁLGEBRA Y FUNCIONES DIRIGIDO A
NOVENO DE EDUCACIÓN GENERAL
BÁSICA**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Ingeniero de Sistemas y Telemática

Autor:

Juan Enrique Vera Coronel.

Director:

Patricia Margarita Ortega Chasi.

**Cuenca – Ecuador
2020**

DEDICATORIA

A mi madre, por todo el apoyo, amor, motivación y
consejos que me brinda cada día.

A mi hermana por todo su apoyo, consejos y por
estar conmigo en todo momento.

A mi padre por darme la oportunidad de estudiar en
una universidad para tener un mejor futuro.

AGRADECIMIENTO

A mi directora por ayudar y aportar con sus experiencias y conocimientos en esta tesis.

A todos los docentes que compartieron sus conocimientos a lo largo de estos años de estudio.

A Raúl Barrera, por su generosidad y apoyo a nuestra familia por tantos años.

ÍNDICE

Índice de contenido

RESUMEN.....	V
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Estado del arte	2
1.2 Fundamentación teórica	4
1.2.1 Ludificación	4
1.2.2 Elementos de juegos	4
1.2.3 Métricas.....	5
1.2.4 Terminología de juegos.....	6
2 MÉTODO.....	7
2.1 Requerimientos	7
2.2 Herramientas.....	8
2.2.1 Diseño.....	8
2.2.2 Programación	8
2.3 Narrativa.....	9
2.3.1 Narrativa simplificada	9
2.3.2 Narrativa detallada.....	9
2.4 Evaluación del Software	10
3 RESULTADOS	11
3.1 Mecánicas y Dinámicas	11
3.2 Aplicación web	12
3.2.1 Estructura	13
3.2.2 Base de datos	15
3.3 Análisis de datos extraídos del juego	17
3.4 Encuestas.....	17
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	20
5 BIBLIOGRAFÍA.....	21
6 ANEXOS	23

Índice de tablas y figuras

Tablas

Tabla 1 Personajes principales	9
--------------------------------------	---

Figuras

Figura 1 Menú principal	13
Figura 2 Interfaz del juego.....	14
Figura 3 Interfaz del ejercicio.....	14
Figura 4 Diagrama de la base de datos	16
Figura 5 Aciertos y errores de los tres primeros niveles	17
Figura 6 Preguntas cerradas de dos opciones	18
Figura 7 Preguntas cerradas de tres opciones.....	19

Índice de anexos

Anexo 1 Preguntas de la encuesta	23
Anexo 2 Guion del juego.....	24

RESUMEN:

El aprendizaje de la Matemática causa dificultades a un gran número de estudiantes, esto presenta una oportunidad para explorar la aplicación de los conceptos de ludificación en su aprendizaje. En este trabajo de tesis se adapta la ludificación a la Matemática en la creación de un juego para facilitar el aprendizaje de los temas de productos notables y factorización. Este juego fue creado considerando aspectos de dinámicas y mecánicas de ludificación revisadas en la literatura orientadas a motivar el aprendizaje y facilitar la enseñanza del álgebra. Como resultado se obtuvo una aplicación web que permite motivar a los estudiantes a practicar y evaluar su aprendizaje a través de un juego. Además, esta aplicación sirve como una herramienta para los docentes que les permite analizar el rendimiento de sus estudiantes, el tiempo que tardan en resolver los ejercicios y cuales ejercicios causan mayor dificultad a los estudiantes.

Palabras clave: ludificación, matemáticas, álgebra, juego.

PLAYFUL EDUCATIONAL SUPPORT SOFTWARE FOR THE TEACHING OF MATHEMATICS IN THE ALGEBRA AND FUNCTIONS BLOCK, AIMED AT THE NINTH GRADE OF BASIC GENERAL EDUCATION

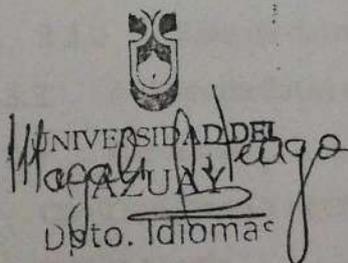
Abstract

Mathematics learning causes difficulties for a large number of students. This represents an opportunity to explore the application of the concepts of gamification in the learning process. In this thesis work, gamification was adapted to Mathematics in the creation of a game to facilitate the learning of remarkable products and factorization. This game was created considering aspects of dynamics and mechanics of gamification reviewed in the literature, aimed at motivating learning and facilitating the teaching of algebra. A web application was obtained as a result to allow the motivation of students to practice and evaluate their learning through a game. In addition, this application serves as a tool for teachers to analyze the performance of their students, the time it takes to solve the exercises and which exercises cause students more difficulty.

Keywords: gamification, math, algebra, game.

Patricia Ortega Chasi

Thesis Director



Translated by
Ing. Paúl Arpi

1 INTRODUCCIÓN

La Matemática es una materia que forma parte del currículo de un estudiante en el transcurso de escuela, colegio y universidad. Permite a los estudiantes desarrollar sus capacidades de razonamiento. Sin embargo, esta materia causa gran dificultad a los estudiantes. Por ello es importante buscar formas de ayudarlos para que puedan cumplir sus actividades académicas. La enseñanza de la Matemática es compleja. Los estudiantes en su mayoría suelen tener problemas para entender esta asignatura, se aburren y pierden interés lo que empeora su desempeño (Ponce, 2015). Con la finalidad de motivar el interés de los estudiantes, este trabajo plantea cambiar el ambiente de estudio. Para ello se propone el uso de las técnicas de ludificación (gamification), las cuales combinan características de juegos con temas ajenos a juegos (Ponce, 2015).

Puesto que la Matemática es una materia compleja de enseñar (Davis & Sengupta, 2018), se han creado algunos productos de software como: Maple, Derive, entre otros, para apoyar la enseñanza de la Matemática (Kumar & Kumaresan, 2012). Sin embargo, estos productos no están enfocados a explicar paso a paso lo que se realiza, solo muestran resultados. Los estudiantes no se preocupan en validar los resultados obtenidos, utilizan el software como una calculadora y se rehúsan a aprender (Kumar & Kumaresan, 2012).

En este trabajo se propone desarrollar un software lúdico de apoyo pedagógico para la enseñanza de las Matemáticas enfocado a los temas productos notables y factorización. Para ello se han planteado los siguientes objetivos: Realizar una revisión bibliográfica para conocer métodos y técnicas de ludificación. Definir métricas de ludificación para evaluar el software. Desarrollar el software lúdico de apoyo pedagógico para su posterior evaluación con un grupo de estudiantes.

En esta sección se ha planteado el problema y la justificación para abordarlo, así como los objetivos de la presente tesis. Lo que resta de este documento está organizado de la siguiente manera, en la sección Estado del Arte se describe la revisión de la literatura sobre los trabajos realizados de aplicación de la ludificación al área de Matemáticas. La sección Fundamentación Teórica detalla la definición de ludificación, sus mecánicas y las dinámicas, métricas, y la terminología usada en ludificación. La sección Metodología describe el proceso de construcción del juego objeto de esta tesis, en ella se describen los requerimientos, las herramientas usadas para el desarrollo del juego, su narrativa y su evaluación. En la sección de resultados se presentan los resultados de la construcción del

juego, así como los resultados obtenidos en la evaluación del juego a través de una encuesta aplicada a estudiantes de la carrera de Educación Básica que se preparan para enseñar los temas de Matemática considerados en este juego. En la sección final, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

1.1 Estado del arte

La literatura muestra que el aprendizaje basado en juegos proporciona un incremento en la motivación del estudiante, mejora la interacción con otros y aumenta la creatividad. Estos beneficios se obtienen mediante elementos de juego como: metas y objetivos, interactividad, resultados y retroalimentación, competencias y desafíos (Vandercruysse, Vandewaetere, & Clarebout, 2012). Los elementos de juegos tienen el potencial de motivar a los estudiantes a aprender (Roy & Zaman, 2018). La inclusión de puntos, experiencia y niveles resultan agradables para los estudiantes, esto les permite disfrutar de las clases (Goehle & Wagaman, 2015).

En los últimos años se han realizado varios proyectos de ludificación. Una revisión sistemática determinó que dichos proyectos lúdicos incrementan la motivación del estudiante por aprender (Hamari, Koivisto, & Sarsa, 2014). La ludificación puede ser utilizada en distintas áreas de aprendizaje. Por ejemplo, en el estudio llevado a cabo por Jaguš, Botički, & So (2018) se aplicó ludificación para analizar el aprendizaje basado en juegos usando un software lúdico en temas de Matemática básica. En este estudio, se compararon tres perspectivas: adaptado, competitivo y colaborativo. El enfoque adaptado fue el más significativo en la mejora de aprendizaje. Este estudio señala además que los mejores resultados se dan cuando el estudiante es desafiado a resolver problemas que estén a su nivel. Sin embargo, si estos problemas resultan más complejos el estudiante se frustrará y su desempeño disminuirá (Jaguš, Botički, & So, 2018). Udjaja, Guizot, & Chandra, (2018) desarrollaron una herramienta lúdica que se enfoca en la Matemática elemental. Para este estudio, se trabajó con un grupo de estudiantes con el objetivo de evaluar la interfaz de usuario, experiencia de juego y contenidos. Los resultados obtenidos fueron positivos, los estudiantes afirmaron que la herramienta les ayudó a entender mejor los temas, fue fácil e intuitiva de usar y mostraron un mayor interés por la materia (Udjaja, Guizot, & Chandra, 2018). En el proyecto de titulación realizado por Brito & Ponce (2014) se desarrolló un software lúdico para enseñar las operaciones básicas de la Matemática. Se seleccionó a un grupo de estudiantes para que usen el software y luego aplicaron encuestas para conocer sus opiniones sobre los temas presentados, facilidad de

uso, entre otros. Los estudiantes mostraron mayor interés por aprender con el software y especificaron que preferían aprender con juegos en lugar de libros (Brito & Ponce, 2014). En otro estudio se utilizó un software llamado MathDungeon, este software está orientado a la enseñanza de las ecuaciones cuadráticas de forma lúdica. Ofrece distintos niveles de dificultad y usa entornos de juegos. Cada nivel es intuitivo para que el estudiante no se confunda. Este estudio muestra una comparación entre estudiantes que usaron MathDungeon y los que no lo usaron. Los resultados fueron favorables para los que utilizaron el software. Estos resultados demostraron que los estudiantes podían recordar fácilmente la ecuación cuadrática, incluso después de una semana (Faghihi et al., 2014).

La enseñanza basada en juegos representa una gran oportunidad para explorar sus posibilidades en la enseñanza de las Matemáticas. La literatura muestra que un sistema ludificado, como un procedimiento combinado de aprendizaje, tiene efectos positivos en los estudiantes y aumenta su interés por aprender (Yildirim, 2017). Sin embargo, a pesar de que la ludificación tiene sus puntos fuertes en la educación esto no quiere decir que todos los proyectos lleguen a ser exitosos. La ludificación debe ser analizada y diseñada cuidadosamente o no tendrá los resultados esperados (Lee & Hammer, 2011). Hamari (2014) muestra que efectivamente la ludificación funciona, pero existen algunos aspectos a tener en cuenta: el tema o contexto que es ludificado y las cualidades de los estudiantes (Hamari et al., 2014).

En esta sección se ha presentado una revisión exhaustiva de la literatura sobre los estudios realizados referentes a ludificación aplicada al área de la Matemática y los resultados obtenidos. Estos resultados indican que la aplicación de la ludificación al área de la Matemática ha sido positiva. Sin embargo, advierte de la necesidad de considerar aspectos importantes en la aplicación de la ludificación. Estos aspectos, además de las técnicas, elementos de diseño, mecánicas y dinámicas de juegos serán considerados en el desarrollo del presente proyecto. En la siguiente sección se abordará los elementos teóricos en los que se fundamenta este trabajo.

1.2 Fundamentación teórica

1.2.1 Ludificación

La ludificación, del inglés gamification, consiste en el uso de técnicas y elementos de juegos aplicados a contextos ajenos a juegos. El propósito de la ludificación es motivar el aprendizaje para mejorar el desempeño de los estudiantes (Zichermann & Cunningham, 2011; Deterding, Dixon, Khaled, & Nacke, 2011). Existen dos elementos principales de juegos, estos son mecánicas y dinámicas (Herranz, 2013), las cuales se explican en las subsiguientes secciones.

1.2.2 Elementos de juegos

Mecánicas: Estos elementos corresponden al conjunto de reglas que establecen el comportamiento de una actividad definida. Algunas mecánicas de juego son:

- Coleccionables: Los objetos coleccionables son parte importante de la mayoría de juegos modernos. En la educación estos pueden asemejarse a medallas, trofeos, insignias que los estudiantes obtienen al alcanzar un logro.
- Realimentación o feedback: Son los elementos visuales y/o auditivos que indican si una acción realizada fue correcta o incorrecta.
- Puntuación: Hace referencia a los puntos adquiridos por el estudiante al completar un objetivo. Son un indicador de que tan bien o mal se está realizando una actividad proporcionando un nivel adicional de feedback al estudiante y permite además una visualización externa de su progreso.
- Recompensas: Las recompensas son elementos que se obtienen al completar varios objetivos o alcanzar una determinada puntuación.
- Avatares: La posibilidad de elegir personajes y personalizar ciertos rasgos del mismo permite al estudiante identificarse de manera más intrínseca al tener una manifestación visual del personaje dentro del juego, contrario a ver un texto que representa su nombre.
- Enemigos: Los enemigos o adversarios son elementos que motivan el entrenamiento y la competición dentro del juego. Éstos pueden ser recurrentes en el juego y por lo general existe un enemigo principal al final de juego.
- Tiempo: Las restricciones de tiempo son un componente importante de la ludificación, estos pueden ser cronómetros y temporizadores. Es un concepto importante porque estimula el pensamiento creativo, ya que con un tiempo limitado

se tiene la oportunidad de construir más ideas sin el sesgo natural que puede tener el estudiante (Goethe, 2019).

- Sistema de combate: Hace referencia al tipo de interacción entre el estudiante con los enemigos. Se establece como los enemigos atacan y como el estudiante contraataca.
- Niveles de experiencia: Los niveles de experiencia constituyen un elemento importante en la ludificación y están relacionados con la puntuación y los coleccionables. Estos son elementos importantes porque a los seres humanos nos gusta ver el progreso inmediato de nuestras acciones. Después de cada acción o misión terminada, el estudiante recibe un trofeo, recibe puntos o gana experiencia que le permite subir de nivel.

Dinámicas: Por otro lado, las dinámicas aportan a la motivación mediante la interacción entre el estudiante y el juego. Algunas dinámicas de juego son:

- Restricciones: Se establecen ciertos problemas a secciones específicas del juego con la finalidad de mantener un flujo comprensible para el estudiante.
- Narrativa: Este elemento es fundamental para la ludificación. Aquí se establece la historia y los personajes principales. La historia desempeña un papel importante en la motivación del jugador, pues el estudiante resuelve problemas para avanzar en la historia y conocer el desenlace. Esto beneficia el proceso aprendizaje.
- Progresión: Es importante que el estudiante sienta que existe un avance en la narrativa y un aumento en la dificultad del juego. Caso contrario sentiría que sus acciones no tienen ningún efecto.
- Logros: Hace referencia a todos los elementos que se pueden adquirir que son esenciales para el desarrollo de la narrativa.
- Competencia: La capacidad de competir con otros estudiantes los motiva a aprender para obtener reconocimiento entre otros estudiantes.
- Tabla de clasificación: Es una tabla que muestra las puntuaciones más altas de los participantes. Esto los motiva a aprender para alcanzar la primera posición.
- Trabajo en equipo: Colaboración con otros estudiantes. Motiva el aprendizaje y la interacción con otros estudiantes.

1.2.3 Métricas

El proyecto en cuestión puede ser modificado para adaptarse a nuevas necesidades que requieran nuevas mecánicas y dinámicas pero que cumplan con el objetivo de motivar al estudiante. Las métricas permiten establecer si el juego educativo cumple con su

propósito. Algunas métricas consideran aspectos como la novedad de las temáticas e ideas (reciente); la frecuencia, definida como el tiempo en el que el estudiante participa; la duración, considerada como el tiempo de toda la historia si se juega continuamente, y el reconocimiento a través de la clasificación por puntuación, medallas, y otros.

1.2.4 Terminología de juegos

A continuación se definen algunos términos de ludificación utilizados a lo largo de este documento.

- Avatar: Es el personaje que es elegido antes de comenzar el juego para representar al estudiante.
- Nivel: Es un escenario que contiene plataformas, elementos decorativos, objetos de interacción, enemigos, el avatar, etc.
- Experiencia: Corresponde al valor acumulativo que permite mejorar las habilidades del avatar.
- Nivel de experiencia: Es un número que simplifica el valor de experiencia, por ejemplo: el nivel 1 de experiencia tiene un valor de experiencia de 0 a 100.
- Multiplicador de puntaje: Es un valor que se multiplica con cada puntaje conseguido. Este valor aumenta si no se cometen errores, por ejemplo: si consigue 10 puntos y el multiplicador es 2 se agregan 20 puntos a la puntuación total.
- Salud: También conocido como barra de vida, es un valor que indica el estado actual del avatar. Si un enemigo ataca al avatar su salud disminuye.
- Escudo: Es un valor adicional que protege la salud del avatar. Si el avatar posee un escudo y un enemigo lo ataca, primero se disminuye el escudo hasta que el valor del escudo sea 0, entonces se procede a disminuir la salud.
- Poción: Es un objeto consumible que permite restaurar parcialmente la salud o el escudo del avatar.

En esta sección se ha revisado la definición de gamificación, los elementos de juego que se deben considerar al aplicar ludificación, algunas de las métricas usadas para evaluar la ludificación y un número de términos usados en esta área. En la siguiente sección se describe la metodología usada para construir el juego objeto de esta tesis.

2 MÉTODO

Al tratarse de un proyecto multidisciplinario que involucra a un estudiante de la carrera Ingeniería de Sistemas y Telemática (IST) y una estudiante de la carrera de Educación Básica y Especial, los requerimientos del software referentes a los temas de Matemáticas fueron establecidos por la contraparte educativa. Los temas seleccionados fueron productos notables y factorización de la reforma curricular 2016 (bloque álgebra y funciones). La decisión de incluir estos temas está respaldada por las encuestas de la contraparte educativa realizadas a un grupo de docentes, quienes afirmaron que dichos temas son los que causan mayor dificultad a los estudiantes. A su vez, cada tema se divide en subtemas que se detallan en el siguiente apartado. La temática para los escenarios y personajes también fueron definidos por la contraparte educativa. El software fue desarrollado para ejecutarse en un ambiente web. En esta aplicación web se implementaron elementos de ludificación, así que se hará referencia a la aplicación como juego de aquí en adelante.

2.1 Requerimientos

En cuanto a los requerimientos asociados a los temas de Álgebra se tienen los siguientes. Como primera parte se requiere una sección introductoria sobre reconocimiento o identificación de monomios y polinomios. Una segunda parte de productos notables y una tercera parte de factorización. Estas partes serán utilizadas en el juego, la cual en consecuencia consta de tres escenarios principales. Cada escenario contiene dos niveles y está enfocado a un tema de Matemáticas del bloque álgebra y funciones como se muestra a continuación:

Escenario 1 - Introducción: El primer nivel permite al usuario practicar la identificación de monomios colocando adicionalmente varios polinomios como distractores. El segundo nivel le presenta varios ejercicios (monomios, binomios, trinomios y polinomios) y el usuario debe identificar el tipo correspondiente de cada uno.

Escenario 2 - Productos notables: En el tercer y cuarto nivel el usuario debe resolver varios ejercicios ingresando la respuesta en un campo de texto. Los subtemas incluidos en el tercer nivel son: Producto de monomio por polinomio, Producto de polinomios y Cuadrado de un binomio. Los subtemas incluidos en el cuarto nivel son: Producto de la suma por la diferencia de dos términos, Producto de la forma $(x + a)(x + b)$ y Producto de la forma $(ax + b)(cx + d)$. El objetivo de aprendizaje de estos dos niveles es que

resuelva los ejercicios aplicando la propiedad distributiva, reduciendo términos semejantes y refuerce sus conocimientos de ley de signos y ley de exponentes.

Escenario 3 - Factorización: En el quinto nivel el usuario también debe ingresar la respuesta. El subtema incluido es: Diferencia de cuadrados. En este nivel el usuario también refuerza sus conocimientos de ley de signos y ley de exponentes.

2.2 Herramientas

2.2.1 Diseño

Para la creación de interfaces, menús, escenarios, imágenes vectoriales, objetos de interacción y animación de personajes se utilizó Animate CC 2019. Para la construcción de imágenes, elementos decorativos y personajes se utilizó Piskel. Animate permite exportar los recursos utilizados (imágenes, sonido), y los diseños creados a un archivo JavaScript que luego puede ejecutarse en un navegador web. Dicho archivo utiliza el elemento canvas de HTML para visualizar su contenido. Animate permite configurar el canvas para que se adapte al tamaño de la pantalla.

2.2.2 Programación

Los lenguajes de programación utilizados para desarrollar el juego fueron JavaScript y PHP, y para gestionar la base de datos se utilizó MySQL. Para la programación del juego se utilizaron las librerías: CreateJs (de Animate), AlgebraJs y jQuery. Adicionalmente se crearon funciones que permiten generar ejercicios de manera aleatoria de los temas: identificación de monomios y polinomios, monomio por polinomio, polinomio por polinomio, cuadrado de un binomio, suma por la diferencia, producto de la forma $(x+a)(x+b)$, producto de la forma $(ax+b)(cx+d)$ y diferencia de cuadrados.

Puesto que el elemento canvas no permite el ingreso de texto fue necesario programar un objeto que funcione de forma similar al campo de texto para que el usuario pueda ingresar su respuesta en cada ejercicio. De esta forma, el campo de texto es parte del canvas y se redimensiona automáticamente como cualquier otro elemento en el canvas, el cual a su vez se ajusta al tamaño de la pantalla.

Para la comunicación con la base de datos, en casos como: inicio de sesión, registro de usuario, guardar progreso, consultar la tabla de clasificación, entre otros, se utilizaron funciones asíncronas, también conocidas en JavaScript como promesas, las cuales devuelven un resultado cuando la operación se completa con o sin éxito.

2.3 Narrativa

La narrativa es una de las dinámicas de juegos más significativas pues contribuye con la motivación de usuario para su aprendizaje. Aquí se establece la historia o guion del juego y los personajes principales. Cautiva el interés del usuario y lo motiva a resolver ejercicios para avanzar en la historia y conocer el desenlace. En el siguiente apartado se describe la historia creada para guiar al usuario a lo largo del juego.

2.3.1 Narrativa simplificada

El mundo se encuentra envuelto en caos y destrucción luego de que Varud consiguió robar un poderoso amuleto del templo Yafar. Nio, jefe de la Organización Mundial de Seguridad y Defensa, tendrá que contactar con un héroe que sea capaz de enfrentar este enemigo. Para ello el héroe tendrá que recorrer distintas zonas del mundo resolviendo problemas para recolectar los tres amuletos que le permitirán derrotar al enemigo.

Tabla 1
Personajes principales

Personajes	Descripción
Nio	Jefe de la Organización Mundial de Seguridad y Defensa (OMSD)
Varud	Enemigo principal, roba el amuleto del templo Yafar
Raneb Seti	Faraón del templo de Khepri. Ayuda al usuario en su búsqueda de los amuletos
Sacerdotes	Un grupo de sacerdotes que entregan el amuleto tras ser rescatados por el usuario
Héroes	Existen dos héroes (avatares) disponibles, que se pueden elegir en el juego

2.3.2 Narrativa detallada

Varud se ha convertido en un peligroso enemigo luego de atacar el templo Yafar para robar el amuleto de Baldor y su único objetivo es causar caos y destrucción. Esto llama la atención de Nio, jefe de la OMSD, quien contacta un héroe capaz de enfrentar este enemigo. Nio envía al héroe a una misión para recolectar tres amuletos que le permitirán derrotar al enemigo. Para recuperar el primer amuleto Nio lo envía al templo

de Khepri. Al llegar, el héroe se encuentra con un faraón rodeado de enemigos que atacaban el templo. El héroe lo ayuda y el faraón en agradecimiento le indica que el amuleto está ubicado en la pirámide de Kefrén y le explica que los enemigos también atacaron ese lugar. Cuando llega a la pirámide, unos sacerdotes le piden ayuda para restaurar la protección de la pirámide devolviendo cada reliquia a su lugar respectivo. Luego de ayudarlos, los sacerdotes le entregan el amuleto de la protección. Este amuleto le otorga un escudo protector. Nio contacta con el héroe para decirle que el siguiente amuleto se encuentra en las cavernas de la Isla Calavera, pero para llegar a la isla debe cruzar un mar repleto de monstruos gigantes. Cuando está viajando en barco se encuentra con un pulpo gigante que lo ataca. El héroe contraataca utilizando el cañón del barco y consigue alejar al monstruo. Al llegar a la isla el héroe debe buscar una forma de entrar a la caverna pues está cerrada y rodeada de enemigos. Al entrar en la caverna el héroe tiene que activar unos tótems para crear un puente mágico y así poder llegar al fondo de la caverna y conseguir el amuleto de la fuerza. Este amuleto aumenta la resistencia del héroe. Por último, Nio lo envía a las montañas nevadas del norte para conseguir el último amuleto. Aquí se encuentra con más enemigos que fueron enviados por Varud para intentar detenerlo. Pero el héroe, que ahora es más fuerte, logra derrotar a esos enemigos y consigue el amuleto del valor. Este amuleto aumenta considerablemente su resistencia y su escudo protector. Con el poder combinado de los tres amuletos el héroe está listo para enfrentarse a Varud, recuperar el amuleto robado y devolver la paz y tranquilidad al mundo.

2.4 Evaluación del Software

Para la evaluación del juego se realizaron pruebas unitarias y de integración de software, y una evaluación a nivel de usuario a través de una encuesta aplicada a un grupo de 13 estudiantes de la carrera de Educación Básica, este grupo está conformado por 8 estudiantes de género femenino y 5 estudiantes de género masculino, cuyas edades están entre los 19 y 21 años de edad. Se trata de una muestra de conveniencia. Se eligió este grupo de estudiantes porque en su carrera se encontraban estudiando los temas de álgebra de productos notables y factorización. Las preguntas de la encuesta aplicada se encuentran en los anexos.

3 RESULTADOS

3.1 Mecánicas y Dinámicas

Las mecánicas y dinámicas implementadas son las siguientes:

Mecánicas:

- Coleccionables: Cuando el usuario completa un nivel se le otorga insignias con forma de estrella. Puede obtener desde una hasta tres estrellas dependiendo de su desempeño. Si no comete ningún error obtiene tres, si comete entre uno a tres errores obtiene dos, y si comete cuatro o más errores obtiene solo una.
- Realimentación o feedback: Si el usuario resuelve un ejercicio correctamente o incorrectamente se escucha un sonido apropiado para cada caso. Esto le permite al usuario saber si acertó o se equivocó. Además, si el usuario comete un error se muestra en pantalla un mensaje de ayuda que le permite entender cuál fue su error.
- Puntuación: El usuario obtiene puntos por cada ejercicio que resuelve y cada enemigo que derrota. Esos puntos se multiplican por el multiplicador de puntaje y luego se suma al valor total de puntuación. Sin embargo, los ejercicios son los únicos que aumentan el multiplicador de puntaje. El multiplicador aumenta por cada tres ejercicios que el usuario resuelva sin cometer errores.
- Recompensas y Niveles de experiencia: Una vez finalizado un nivel el usuario obtiene experiencia que le permite subir su nivel de experiencia. Por cada nivel de experiencia que aumenta también aumentan los valores de salud y escudo del avatar.
- Avatares: El usuario puede elegir el avatar de su preferencia cuando accede por primera vez al juego. Además, el usuario puede cambiar de avatar en cualquier momento accediendo a la configuración en el menú principal.
- Enemigos: Durante el transcurso del juego aparecen varios enemigos. Conforme avanza en la historia los enemigos son más resistentes. Cuando el usuario consigue todos los amuletos puede enfrentarse al enemigo principal.
- Tiempo: El juego guarda el tiempo que tarda el usuario en resolver un ejercicio y en completar todo un nivel. Pero estos valores no se muestran en pantalla para no distraer al usuario. Los tiempos guardados se utilizan para analizar el rendimiento de los estudiantes.

Dinámicas:

- Restricciones: Cada nivel contiene varias secciones. Cuando resuelve los ejercicios de una sección se desbloquea la siguiente. Así se evita combinar los tipos de ejercicios y se consigue un entorno fácil de entender.
- Narrativa: El usuario se familiariza con la historia desde el primer nivel. Puede observar lo que dice cada personaje principal con su nombre e icono respectivo. Los diálogos se muestran al iniciar y al finalizar un nivel.
- Progresión: Conforme el usuario avanza en la historia los enemigos se hacen más fuertes y resistentes. El avatar aumenta su salud y escudo protector. Puede conseguir pociones al resolver ejercicios que le restauran la salud y el escudo. Además, la dificultad de los ejercicios aumenta.
- Logros: Durante la historia el usuario obtiene amuletos que le otorgan distintos beneficios. Puede acceder a sus logros obtenidos desde el menú principal. Los amuletos son cruciales para el avance de la historia. Cuando consigue tres amuletos se enfrenta al enemigo principal.
- Tabla de clasificación: Aquí se muestra los cinco primeros usuarios que tengan la más alta puntuación. Motiva al usuario a aprender más y conseguir la primera posición entre todos los participantes. Esta tabla contiene: Nombre de usuario, puntuación total, número de insignias (estrellas), valor de experiencia.

3.2 Aplicación Web

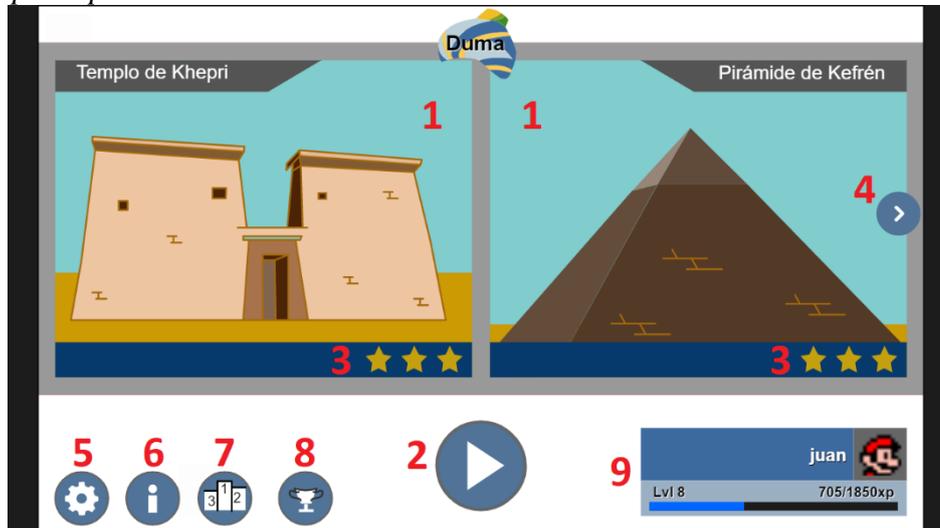
El resultado final es una aplicación web ubicada en el servidor de la universidad. Cuando el usuario accede al juego se encuentra con una interfaz de inicio de sesión, en caso de ser la primera vez, debe crear una cuenta para poder continuar. Luego el usuario debe escoger el avatar de su preferencia para continuar al menú principal (Figura 1).

Interfaz menú principal:

Desde aquí el usuario puede: (1) Elegir un nivel; (2) Jugar el nivel seleccionado; (3) Ver su puntuación representada con insignias (estrellas); (4) Ir al siguiente escenario; (5) Acceder a la configuración, permite cambiar de avatar y activar o desactivar el sonido o el modo pantalla completa; (6) Ver información del juego y los temas de Matemáticas incluidos; (7) Acceder a la tabla de clasificaciones; (8) Ver los logros obtenidos. (9) Ver

su perfil que incluye: nombre de usuario, icono de avatar, nivel de experiencia y cantidad de experiencia.

Figura 1
Menú principal



3.2.1 Estructura

El juego consta de tres escenarios principales. Cada escenario tiene dos niveles. A su vez cada nivel está dividido en varias secciones que contienen un tipo de ejercicio.

El tema del primer escenario es: identificación de monomios y polinomios. En el primer nivel tienen que identificar únicamente monomios. En el segundo nivel identificar monomios, binomios, trinomios y polinomios.

El tema del segundo escenario es: productos notables. El tercer nivel contiene tres secciones con los temas: producto de monomio por polinomio, polinomio por polinomio y cuadrado de un binomio. El cuarto nivel contiene tres secciones con los temas: producto de la suma por la diferencia de dos términos, producto de la forma $(x + a)(x + b)$ y producto de la forma $(ax + b)(cx + d)$.

En el tercer escenario, el quinto nivel contiene el tema de factorización con los ejercicios de: diferencia de cuadrados. El sexto nivel únicamente contiene la batalla entre el héroe y el enemigo principal. Cuando el usuario accede a un nivel se le presenta la interfaz de juego (Figura 2).

Interfaz de juego:

El contenido es el siguiente: (1) Icono de avatar; (2) Barra de salud en verde y barra de escudo protector en azul; (3) Objetivo principal, que puede minimizar o maximizar; (4) Puntuación total y multiplicador de puntaje; (5) Enemigos; (6) Avatar controlado por el usuario; (7) Objetos de interacción; (8) Inventario, aquí se almacenan pociones y amuletos recolectados por el usuario.

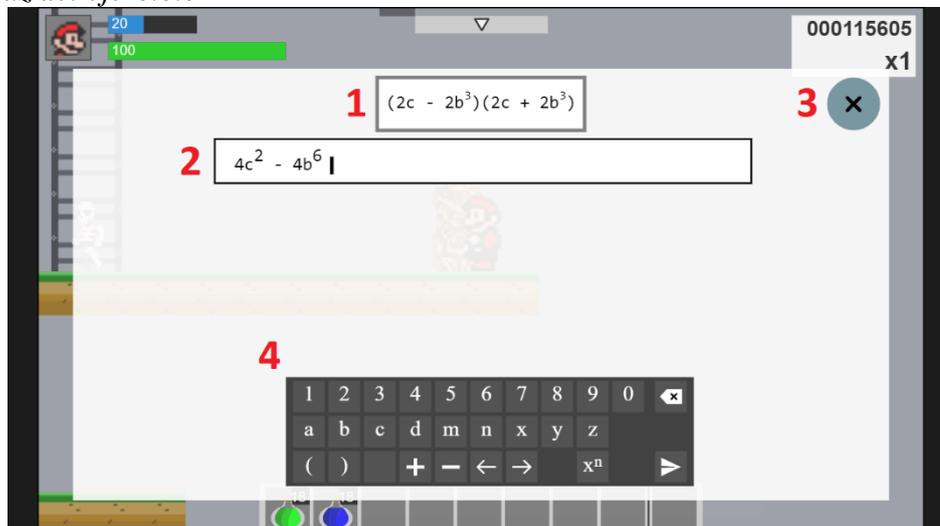
Figura 2
Interfaz del juego



Interfaz de ejercicios:

Se posiciona por delante de la interfaz de juego y mantiene al juego en pausa. El contenido es el siguiente: (1) Ejercicio a resolver; (2) Campo de texto para ingresar la respuesta; (3) Botón para cerrar el ejercicio; (4) Teclado en pantalla.

Figura 3
Interfaz del ejercicio



Salud y escudo protector:

En el juego el avatar posee una barra de salud con valor inicial de 100. Indirectamente la salud representa los intentos disponibles que tiene el usuario. Por cada error que comete pierde 20 de salud. Cada vez que el usuario completa un nivel se desbloquea el siguiente nivel y aumenta su valor de experiencia, que a su vez aumenta su nivel de experiencia (mecánicas de juegos). Cuando el usuario completa el segundo nivel obtiene un escudo con valor inicial de 50. Si consigue un nivel de experiencia puede aumentar alternadamente su salud o su escudo. El valor de la salud aumenta hasta un máximo de 200 y el escudo aumenta hasta un máximo de 150. Conforme aumenta la dificultad también aumenta el número de intentos. Esto le otorga al usuario una sensación de progreso (dinámicas de juegos).

Control de jugabilidad:

El usuario puede controlar al avatar a través del teclado. Para desplazarse a la izquierda o derecha se usan las teclas (A) y (D) respectivamente. Para trepar por escaleras la tecla (W). Para agacharse la tecla (S). Manteniendo presionada la tecla (Shift) puede correr. Para saltar usar la (Barra espaciadora). Para interactuar con los objetos en el escenario se usa la tecla (E). Para pausar el juego la tecla escape (ESC).

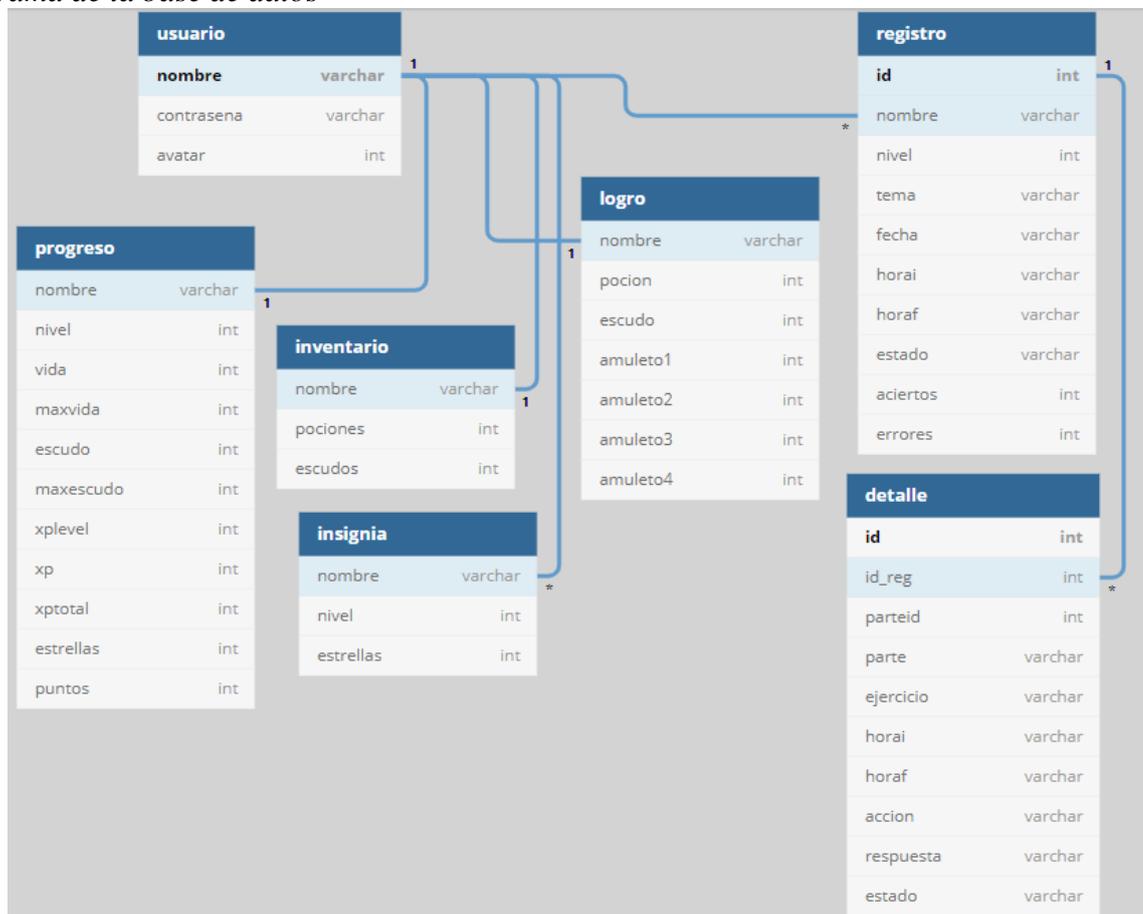
3.2.2 Base de datos

Para gestionar la información de los usuarios se crearon siete tablas en la base de datos (usuario, progreso, logro, inventario, insignia, registro, detalle). Las tablas registro y detalle almacenan datos relevantes para el análisis del rendimiento de los usuarios. A continuación, el contenido detallado de cada tabla.

- Usuario: Nombre y contraseña del usuario, y un valor que indica el avatar que eligió
- Progreso: El último nivel desbloqueado. El nivel de experiencia que permite aumentar el valor máximo de salud y escudo, se relaciona con las mecánicas y dinámicas de juego pues proporciona una sensación de progreso. Las cantidades de: experiencia total, insignias conseguidas y puntuación total que forman la tabla de clasificación (dinámica de juego)
- Logro: El estado conseguido o no conseguido de los elementos (poción, escudo y amuletos) que permiten el desarrollo de la historia (dinámica de juego)
- Inventario: La cantidad de pociones de salud y de escudo que tiene el usuario

- Insignia: Cantidad de insignias (estrellas) que tiene un usuario en cada nivel completado (dinámicas de juego)
- Registro: Tema de Matemáticas del nivel. Hora en la que inicia y hora en la que finaliza el nivel. El estado del nivel (completado o sale del nivel). Cantidad de aciertos y errores.
- Detalle: Los ejercicios que se le presentan al usuario, sus respuestas, tiempo que tarda, estado de la respuesta (acierto o error)

Figura 4
Diagrama de la base de datos

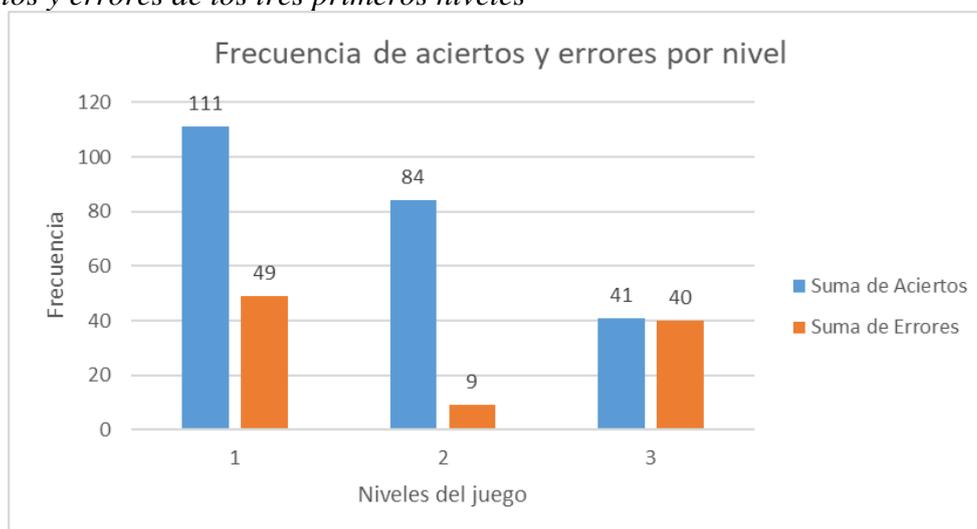


3.3 Análisis de datos extraídos del juego

Durante el proceso de pruebas se recolectaron datos de cada usuario que fueron almacenados en la base de datos. Los datos recolectados se exportaron a un archivo plano separado por comas (CSV) y se utilizó la funcionalidad *tabla dinámica* de Excel para explorar dichos datos.

Al comparar los valores de aciertos y errores de los usuarios en cada nivel se apreció un menor grado de complejidad para los estudiantes en los primeros niveles de identificación de polinomios. A diferencia del tercer nivel referente a productos notables, en el que los usuarios tienen mayor dificultad al resolver los ejercicios, como se puede ver en la siguiente figura.

Figura 5
Aciertos y errores de los tres primeros niveles



3.4 Encuestas

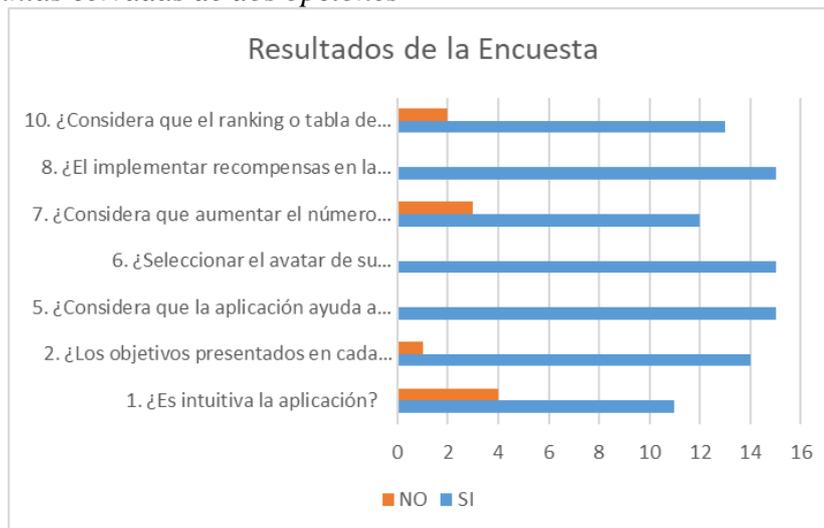
Las encuestas fueron aplicadas a un grupo de 13 estudiantes de la carrera de Educación Básica. El grupo de estudiantes constaba de 5 hombres y 8 mujeres con edades aproximadas de 20 años. El análisis de estas encuestas mostró los siguientes resultados:

Preguntas cerradas de dos opciones:

El 73% de los participantes indicaron que el juego es intuitivo. Es un resultado mayormente positivo, pero se considerará agregar más indicaciones en un futuro. El 93% estuvo de acuerdo en que los objetivos presentados eran fáciles de entender. El 100% afirmó que el juego ayuda a reforzar los conocimientos de productos notables y factorización. El 100% indicó que poder elegir al avatar de su preferencia los animaba y

motivaba a usar el juego. Razón por la cual sugirieron aumentar la cantidad de avatares en la sección de sugerencias. El 80% consideró que aumentar demasiado la salud del avatar, que a su vez representa el número de intentos disponibles, reducía la complejidad del juego. El 100% afirmó que las recompensas utilizadas si incentivan a los participantes a utilizar el juego. El 86% opina que la tabla de clasificaciones motiva a los usuarios a resolver más ejercicios para así alcanzar la primera posición en la tabla y tener reconocimiento.

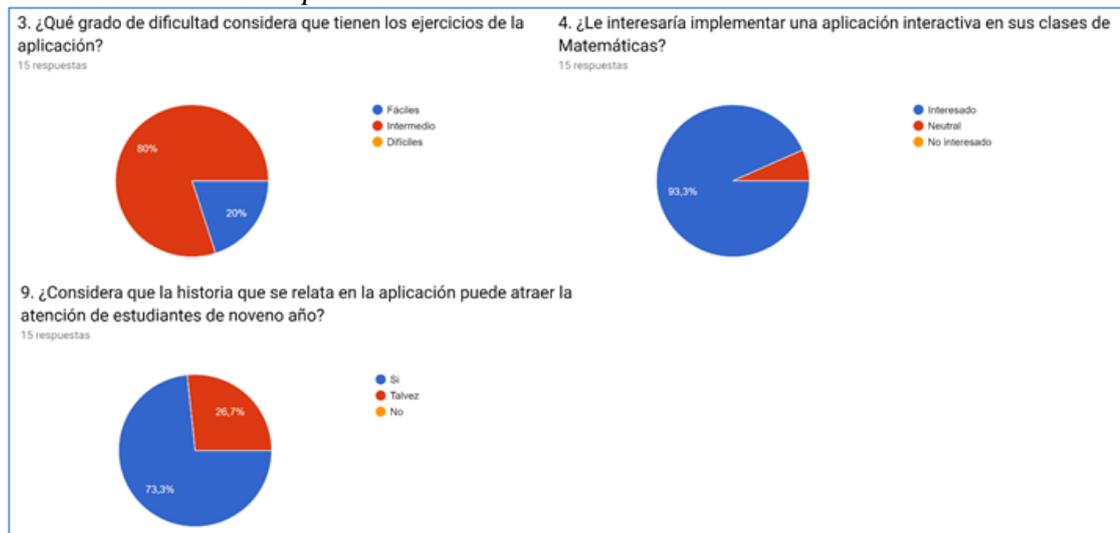
Figura 6
Preguntas cerradas de dos opciones



Preguntas cerradas de tres opciones:

El 80% consideró que la dificultad general de los ejercicios era intermedia y los demás consideraron que eran fáciles. El 90% mostró interés en implementar este juego para complementar sus clases de Matemáticas. El 73% indicó que la narrativa creada para el juego si es interesante y es del agrado de los participantes.

Figura 7
Preguntas cerradas de tres opciones



Preguntas abiertas, sugerencias:

En la encuesta, el 38% de los usuarios dejaron sugerencias: más avatares para elegir, más obstáculos en el escenario y música. Por cuestiones de tiempo no se realizó una melodía para los niveles, pero se tomará en cuenta para futuras versiones.

Durante el proceso de pruebas los participantes no reportaron ningún error. Sin embargo, al momento de consultar los resultados en la base de datos se identificó que faltaban los datos de un usuario en el primer nivel. Para los participantes los errores de la base de datos son transparentes. El error surgía cuando se creaba el objeto JSON en el lado del cliente y no se guardaba correctamente el identificador del nivel que se estaba jugando. Para solucionar esto se agregó una verificación adicional en el lado del servidor. Para el análisis arriba expuesto, estos datos fueron descartados.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proyecto se logró determinar y aplicar algunas de las mecánicas y dinámicas más importantes (mecánicas: avatares, recompensas, realimentación y puntuación; dinámicas: la narrativa, progresión, tabla de clasificación), que permitieron crear un software lúdico y también pedagógico con soporte de la contraparte educativa. El resultado fue una aplicación web que puede ser implementada en las clases de Matemáticas como una forma de reforzar y complementar el aprendizaje de los estudiantes. Además, la aplicación funciona como una herramienta para guiar a los docentes en la toma de decisiones, ya que permite recolectar datos relevantes de cada ejercicio resuelto como el tiempo que tardan en resolverlo, el número de aciertos y errores, entre otros. Estos datos pueden exportarse a un archivo CVS y ser analizados usando tablas dinámicas de Excel, de manera similar el ejemplo mostrado en la figura 5. El detalle de los datos recolectados permite analizar incluso ejercicio por ejercicio a nivel de usuario para analizar su progreso a través de explorar sus aciertos, errores, tiempo utilizado en resolver los ejercicios, e incluso realizar comparaciones entre estudiantes.

Para futuras ampliaciones de este proyecto, se considera importante crear una melodía para los niveles. La razón por la que no se incluyó música en esta primera versión fue debido a asuntos de cronograma y la complejidad que implica crear una melodía para cada nivel que sea agradable de escuchar. Además, durante el proceso de pruebas algunos participantes mostraron una leve frustración al tener que repetir el nivel desde el inicio cada vez que perdían todos los intentos. Una forma de solucionar este inconveniente es implementar puntos de control o checkpoints para cada sección de los niveles, de esta manera los usuarios podrían volver al último punto que lograron alcanzar para continuar desde allí nuevamente. Los resultados de la encuesta realizada en base a las métricas de ludificación con un grupo de estudiantes indicaron que las mecánicas y dinámicas elegidas para esta aplicación tuvieron el impacto esperado en la mayoría de los estudiantes.

5 BIBLIOGRAFÍA

Brito, S., & Ponce, D. (2014). La multimedia en el proceso del aprendizaje lúdico de las operaciones básicas de las matemáticas.

Davis, B., & Sengupta, P. (2018). Complexity in Mathematics Education, 1–9. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1805.07609>

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification,” 9–15. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>

Faghihi, U., Brautigam, A., Jorgenson, K., Martin, D., Brown, A., Measures, E., & Maldonado-Bouchard, S. (2014). How gamification applies for educational purpose specially with college algebra. In *Procedia Computer Science* (Vol. 41, pp. 182–187). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.11.102>

Goehle, G., & Wagaman, J. (2015). The Impact of Gamification in Web Based Homework, 1970(March). <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1122690>

Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? - A literature review of empirical studies on gamification. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 3025–3034. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>

Jagušt, T., Botički, I., & So, H.-J. (2018). Examining competitive, collaborative and adaptive gamification in young learners’ math learning. *Computers and Education*, 125, 444–457. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.022>

Kumar, A., & Kumaresan, S. (2012). Use of Mathematical Software for Teaching and Learning Mathematics. *The International Congress on Mathematical Education (ICME) 11*, 373–388. Retrieved from http://www.mathunion.org/fileadmin/ICMI/files/About_ICMI/Publications_about_ICM/ICME_11/Kumar_Kumaresan.pdf

Lee, J., & Hammer, J. (2011). Gamification in Education : What , How , Why Bother ?

Ponce, E. (2015). Gamification como estrategia para aumentar el student engagement en estudiantes de secundaria y preparatoria, 1–8.

Roy, R. Van, & Zaman, B. (2018). Need-supporting gamification in education: An assessment of motivational effects over time, 127(August), 283–297. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.08.018>

Udjaja, Y., Guizot, V. S., & Chandra, N. (2018). Gamification for elementary mathematics learning in Indonesia. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 8(5), 3859–3865. <https://doi.org/10.11591/ijece.v8i5.pp3859-3865>

Vandercruysse, S., Vandewaetere, M., & Clarebout, G. (2012). Game-based learning: A Review on the Effectiveness of Educational Games. *Handbook of Research on Educational Communications and Technology: Fourth Edition*, (February), 628–647. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_38

Yildirim, I. (2017). The effects of gamification-based teaching practices on student achievement and students' attitudes toward lessons. *Internet and Higher Education*, 33, 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2017.02.002>

Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps*. (I. O'Reilly Media, Ed.).

Herranz, E. (2013). *Gamification*, Feria Informática (2013), Universidad Carlos III Madrid España.

Goethe, O. (2019). Timings in Games and Gamification. In *Gamification Mindset* (pp. 93-105). Springer, Cham.

6 ANEXOS

Anexo 1 Preguntas de la encuesta

1. ¿Es intuitiva la aplicación?
2. ¿Los objetivos presentados en cada nivel son fáciles de entender?
3. ¿Qué grado de dificultad considera que tienen los ejercicios de la aplicación?
4. ¿Le interesaría implementar una aplicación interactiva en sus clases de Matemáticas?
5. ¿Considera que la aplicación ayuda a reforzar los conocimientos de productos notables y descomposición factorial?
6. ¿Seleccionar el avatar de su preferencia motiva a utilizar la aplicación?
7. ¿Considera que aumentar el número de intentos a través del nivel de experiencia reducirá la complejidad de los ejercicios propuestos en la aplicación?
8. ¿El implementar recompensas en la aplicación incentiva su uso?
9. ¿Considera que la historia que se relata en la aplicación puede atraer la atención de estudiantes de noveno año?
10. ¿Considera que el ranking o tabla de posiciones motiva a resolver más ejercicios para alcanzar el primer puesto en la clasificación?

Anexo 2 Guion del juego

Nivel 1: Templo de Khepri

Usuario: He llegado Nio, ¿Qué sucede?

Nio: Alguien ha robado un antiguo y poderoso amuleto del templo Yafar

Nio: Está usando el amuleto para provocar destrucción y caos...

Nio: El enemigo fue visto por última vez cerca de las ruinas del castillo Rismi al norte en las montañas

Nio: Para poder enfrentarte a él tendrás que conseguir los amuletos de la protección, fuerza y valor.

Nio: Solo con el poder combinado de los tres amuletos podrás detenerlo

Nio: Tu primera misión será en Egipto. Encuentra el amuleto de la protección

Transición

Faraón: Saludos viajero me ayudarías a recuperar mis tesoros

Usuario: Lo siento, pero no puedo. Estoy buscando el amuleto de la protección

Faraón: ¿De la protección?... Yo sé dónde está. Te lo diré si me ayudas. Este templo está lleno de súbditos de Anubis

Usuario: De acuerdo, te ayudaré. ¿Qué debo hacer?

Faraón: Recupera los tesoros que tengan la marca de Khepri

Transición

Usuario: Dime dónde se encuentra el amuleto. Aquí tienes lo que querías

Faraón: Gracias viajero. No me he presentado... soy Raneb Seti

Faraón: El amuleto que buscas está en la pirámide del este. Pero ten cuidado, los súbditos de Anubis también atacaron el lugar hace unos días

Faraón: Toma estas pociones te servirán en tu viaje

Nivel 2: Pirámide de Kefrén

Sacerdote: Ayúdanos estamos atrapados. Los súbditos de Anubis atacaron el templo

Sacerdote: Devuelve cada reliquia a su lugar correspondiente para restaurar la protección de la pirámide

Transición

Sacerdote: Gracias por salvarnos viajero

Usuario: Estoy buscando el amuleto de la protección

Sacerdote: Has venido al lugar correcto. Te lo entregaré por haber restaurado la protección de la pirámide

Obtiene amuleto de Protección

Sacerdote: Toma, estas pociones te permitirán restaurar la energía del amuleto cuando se desgaste.

Nivel 3: Isla Calavera

Nio: Tu siguiente misión es en la isla calavera

Nio: Según la leyenda el amuleto de la fuerza fue visto por última vez en esta isla

Nio: Mantente alerta y no bajas la guardia, este mar es peligroso

Tiembla el barco

Nio: Parece que tienes compañía...

Nio: Rápido, recolecta las balas de cañón y dispara al monstruo

Nio: Está funcionando el monstruo retrocede... continúa haciéndolo

Transición

Nio: Buen trabajo, has llegado a la isla

Nio: Parece que la puerta está cerrada. Debe haber una forma de abrirla

Nio: Busca una llave en los cofres de esta isla

Consigue la llave en el tercer cofre y abre la puerta

Nivel 4: Caverna

Nio: Debe haber una forma de cruzar

Nio: Tal vez si interactúas con esos tótems puedas activar un puente

Nio: Parece que los tótems activan un camino. Continúa activando los demás

Obtiene amuleto de Fuerza

Nivel 5: Montaña nevada

Nio: El amuleto del valor se encuentra en estas montañas

Nio: Consigue el último amuleto y podrás enfrentarlo

Nio: Activa esos tótems para poder avanzar

Obtiene amuleto de Valor

Nio: Ha llegado el momento... Con el poder combinado de los amuletos podrás enfrentarlo

Nivel 6: Castillo Rismi

Nio: Con el poder de los amuletos tu resistencia ha aumentado

Nio: Ahora puedes enfrentarlo y recuperar el amuleto del poder

Varud: ¿Piensas que puedes detenerme?

Varud: No te interpongas en mis planes o lo lamentarás

Transición

Nio: Lo has conseguido. Cumpliste tu misión y recuperaste el amuleto

Obtiene amuleto de Baldor