

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

**SOFTWARE EDUCATIVO DE EJERCITACIÓN  
MATEMÁTICA "APRENDIENDO CON MACONDO"**

**SEBASTIÁN IGNACIO MENARES MEZA**

**RAMIRO ALEJANDRO TAPIA GAETE**

PROYECTO DE TÍTULO  
PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE EJECUCIÓN EN INFORMÁTICA

NOVIEMBRE, 2017

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

**SOFTWARE EDUCATIVO DE EJERCITACIÓN  
MATEMÁTICA "APRENDIENDO CON MACONDO"**

**SEBASTIÁN IGNACIO MENARES MEZA**

**RAMIRO ALEJANDRO TAPIA GAETE**

Profesor Guía: **Claudio Cubillos Figueroa**

Profesor Co-referente: **Silvana Roncagliolo de la Horra**

Carrera: **Ingeniería de Ejecución en Informática**

NOVIEMBRE, 2017

# Índice

<b>Abstract</b>	<b>IV</b>
<b>Resumen</b>	<b>V</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>VI</b>
<b>Lista de Tablas</b>	<b>VII</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2 Capítulo I: Marco general del proyecto</b>	<b>2</b>
2.1 Objetivos	2
2.1.1 General	2
2.1.2 Específicos	2
2.2 Metodología	3
2.3 Plan de trabajo	4
2.4 Factibilidad económica, operacional y legal	5
2.4.1 Factibilidad económica	5
2.4.2 Factibilidad operacional	5
2.4.3 Factibilidad legal	5
<b>3 Capítulo II: Tecnologías</b>	<b>6</b>
3.1 Back-end y Front-end	6
3.1.1 MongoDB	6
3.1.2 NodeJS	6
3.1.3 Express	7
3.1.4 Angular	7
3.2 Phaser	8
<b>4 Capítulo III: Área de estudio</b>	<b>10</b>
4.1 Situación actual de la educación chilena	10
4.1.1 Desempeño de los estudiantes chilenos en matemáticas	11
4.2 Contenidos y programas educativos	12
4.2.1 Programa educativo en matemáticas para enseñanza básica	12
4.3 Herramientas educativas actuales	13
4.4 Propuesta educativa	15
<b>5 Capítulo IV: Diseño y desarrollo</b>	<b>16</b>
5.1 Identificación de requerimientos	16
5.2 Base de datos	17
5.3 Pantallas principales	18
5.3.1 Pantalla inicio aplicación web	18
5.3.2 Pantalla ver cursos del profesor en la aplicación web	18
5.3.3 Pantalla inicio juego	18

5.3.4	Pantalla selección de niveles en el juego . . . . .	18
5.3.5	Pantalla dentro del juego . . . . .	18
<b>6</b>	<b>Capítulo V: Experimento . . . . .</b>	<b>19</b>
6.1	Explicación de la experimentación . . . . .	19
6.1.1	Comparativa entre el software con y sin retroalimentación . . . . .	19
6.2	Contexto del grupo de estudio . . . . .	20
6.3	Primera prueba a quinto año básico . . . . .	21
6.3.1	Datos obtenidos del primer experimento . . . . .	21
6.3.2	Cambios en el software . . . . .	22
6.4	Pruebas a tercero y cuarto año básico . . . . .	23
6.4.1	Comparación general de resultados . . . . .	24
6.4.1.1	Análisis general tercero básico . . . . .	25
6.4.1.2	Análisis general cuarto básico . . . . .	26
6.4.2	Comparación de resultados software con y sin retroalimentación . . . . .	27
6.4.2.1	Análisis retroalimentación tercero básico . . . . .	28
6.4.2.2	Análisis retroalimentación cuarto básico . . . . .	29
6.4.2.3	Nivel de avance en el juego . . . . .	30
6.4.3	Comparación de resultados por género . . . . .	31
6.4.4	Comparación de resultados por rendimiento académico . . . . .	32
6.4.4.1	Análisis respecto al promedio académico en tercero básico . . . . .	32
6.4.4.2	Análisis respecto al promedio académico en cuarto básico . . . . .	33
6.5	Encuestas post test . . . . .	34
<b>7</b>	<b>Conclusión . . . . .</b>	<b>35</b>
<b>A</b>	<b>Anexo tecnologías . . . . .</b>	<b>36</b>
<b>B</b>	<b>Anexo área de estudio . . . . .</b>	<b>37</b>
<b>C</b>	<b>Anexo requerimientos del sistema . . . . .</b>	<b>38</b>
C.1	Requerimientos generales . . . . .	39
C.2	Requerimientos del Administrador . . . . .	40
C.3	Requerimientos del Profesor . . . . .	41
C.4	Requerimientos del Alumno . . . . .	42
<b>D</b>	<b>Anexo casos de uso . . . . .</b>	<b>42</b>
D.1	Casos de uso del administrador . . . . .	43
D.2	Casos de uso del profesor . . . . .	44
D.3	Casos de uso del alumno . . . . .	45
<b>E</b>	<b>Anexo pantallas del software . . . . .</b>	<b>46</b>
<b>F</b>	<b>Anexo borrado lógico . . . . .</b>	<b>49</b>
	<b>Referencias . . . . .</b>	<b>50</b>

# Abstract

Nowadays, Chilean education presents a huge gap between students of high socio-economic groups (GSE in Spanish) and middle and low GSE students. This is due, among other things, in that the students of the medium and low GSEs show demotivation in their educational stages. That is why the incorporation of new tools that help the development of mathematical skills, through the exercise of multiplication in this case, can allow a higher level of interest on the part of these.

That is why we intend to develop a web application based on platform games that exercise multiplication. This software will focus on exercising mental calculation skills in elementary school students, for this you will be asked selection questions where you must choose the correct alternative in a time limit.

In this way it is intended to exercise mathematical skills in the area of multiplications, the impact that this tool will have on users and the influence generated by the software by applying feedback on incorrect answers and out of time. This will capture the data of the answers given by the students while they play in order to analyze them and be able to deliver trends in the exercise.

*Keywords: education, educational software, platform games, gamification, non-relational database, feedback.*

## Resumen

Hoy en día la educación chilena presenta una brecha enorme entre los alumnos de grupos socio económicos(GSE) altos y alumnos de GSE medios y bajos. Esto se debe, entre otras cosas, en que los alumnos de los GSE medios y bajos presentan desmotivación en sus etapas educativas. Es por esto que la incorporación de nuevas herramientas que ayuden al desarrollo de las habilidades matemáticas, mediante la ejercitación de las multiplicaciones en este caso, pueden permitir un mayor nivel de interés por parte de estos.

Es por esto que se pretende desarrollar una aplicación web basada en juegos de plataforma que ejerciten las multiplicaciones. Este software estará enfocado en ejercitar las habilidades en cálculos mentales en alumnos de cuarto año básico, para esto se le realizarán preguntas de selección donde este deberá escoger la alternativa correcta en un límite de tiempo.

De esta manera se pretende ejercitar las habilidades matemáticas en el área de las multiplicaciones y el impacto que tendrá esta herramienta en los usuarios. Para esto se capturarán los datos de las respuestas que den los alumnos mientras jueguen, además de obtener retroalimentación, por medio de encuestas, sobre el software; ya sea por los alumnos como por los profesores.

*Palabras-claves: educación, software educativo, juegos de plataforma, gamificación, base de datos no-relacional.*

## Lista de Figuras

2.1	Diagrama de proceso de desarrollo de software Prototipal. . . . .	3
4.1	Resultados Simce cuarto básico en matemáticas, tendencia según GSE. . .	11
4.2	Juego Mates Primero Primaria. . . . .	13
4.3	Juegos educativos para niños: Sumas Restas Tablas. . . . .	14
5.1	Modelo relacional. . . . .	17
6.1	Pregunta con retroalimentación. . . . .	20
6.2	Gráfico general porcentual de quinto año básico. . . . .	22
6.3	Gráfico general porcentual de tercero y cuarto año básico. . . . .	24
6.4	Gráfico general porcentual de tercer año básico. . . . .	25
6.5	Gráfico general porcentual de cuarto año básico. . . . .	26
6.6	Gráfico comparativo de resultados de alumnos con y sin retroalimentación.	27
6.7	Gráfico comparativo de resultados de alumnos tercero básico con y sin re- troalimentación. . . . .	28
6.8	Gráfico comparativo de resultados de alumnos cuarto básico con y sin re- troalimentación. . . . .	29
6.9	Gráfico de avance de alumnos con y sin feedback. . . . .	30
6.10	Gráfico comparativo de rendimientos por género. . . . .	31
6.11	Gráfico comparativo tercero básico de rendimientos respecto al promedio. .	32
6.12	Gráfico comparativo cuarto básico de rendimientos respecto al promedio. .	33
A.1	Hello World en NodeJS. . . . .	36
A.2	Hello World en Express. . . . .	36
B.1	Pisa matemáticas 2006-2012. . . . .	37
B.2	Resultados Simce cuarto básico en matemáticas desde el 2005 al 2016. . . .	37
B.3	Resultados Simce cuarto básico en matemáticas, tendencia según género. .	38
B.4	Rendimiento puntajes Simce 4 año básico colegio Dr. Adriano Machado Pardo. . . . .	38
D.1	Diagrama de Casos de Uso del administrador. . . . .	43
D.2	Diagrama de Casos de Uso del profesor. . . . .	44
D.3	Diagrama de Casos de Uso del alumno. . . . .	45
E.1	Pantalla de inicio de la aplicación. . . . .	46
E.2	Pantalla de profesor. Ver estadísticas del curso. . . . .	46
E.3	Pantalla de inicio del juego. . . . .	47
E.4	Pantalla de selección de niveles del juego. . . . .	47
E.5	Pantalla dentro del juego. . . . .	48
F.1	Ejemplo 1 borrado lógico. . . . .	49
F.2	Ejemplo 2 borrado lógico. . . . .	49

## Lista de Tablas

2.1	Carta Gantt de hitos. . . . .	4
C.1	Tabla de requerimientos generales. . . . .	39
C.2	Tabla de requerimientos del Administrador. . . . .	40
C.3	Tabla de requerimientos del Profesor. Parte 1. . . . .	41
C.4	Tabla de requerimientos del Alumno. . . . .	42



# 1. Introducción

Uno de los problemas más importantes que enfrenta nuestro país a mediano y largo plazo es el bajo nivel de calidad de la educación chilena. Las herramientas existentes que están destinadas a ayudar a los alumnos a mejorar sus habilidades en su mayoría son poco atractivas y poco interactivas para alumnos que no superan los 10 años de edad; más que alumnos se trata de niños que atraviesan una etapa en la cual el jugar es una de sus prioridades, por lo tanto el otorgar juegos interactivos que entretengan a los alumnos y que a su vez los ayude a ejercitar específicamente en este caso sus habilidades matemáticas se torna una solución atractiva para este problema.

El proyecto a realizar será una aplicación web que tiene el fin de evaluar los conocimientos matemáticos para alumnos de cuarto básico enfocado en los el área de las multiplicaciones. Para esto se desarrollará un juego, llamado 'Macondo y sus amigos', del tipo 'endless runners' con el fin de realizar preguntas sobre el área en cuestión. Finalmente, mediante una plataforma web, se podrá visualizar los datos obtenidos mediante un dashboard de control.

Para esto se probó el software en el colegio Dr. Adriano Machado Pardo para obtener un feedback que permita pulir el sistema. Para la validación de los resultados del software propuesto se realizarán encuestas anónimas a los alumnos antes de ocuparlo en donde se les consultará acerca de los contenidos que abarca; para así tener un diagnóstico previo del nivel de conocimiento del curso. Luego de finalizar la etapa de prueba del software por parte de los alumnos, estos deberán responder una segunda encuesta cuyos resultados se cruzaran con la retroalimentación del profesor para así poder medir el avance de los alumnos luego de usar el software.

## **2. Capítulo I: Marco general del proyecto**

A continuación se presentarán los objetivos, la metodología y el plan de trabajo.

### **2.1. Objetivos**

A continuación se detallan el objetivo general y los objetivos específicos.

#### **2.1.1. General**

Desarrollar una aplicación web para ejercitar a alumnos de cuarto año básico en el área de las multiplicaciones basado en un juego de plataforma.

#### **2.1.2. Específicos**

Los objetivos específicos son:

- Estudiar el contenido de multiplicaciones en matemáticas, metodologías de aprendizaje y diferentes soluciones de software existentes en la materia.
- Implementar un juego de plataformas utilizando herramientas web.
- Validar el software mediante pruebas experimentales y encuestas, para conocer el nivel de conocimientos y el impacto del programa en los usuarios.

## 2.2. Metodología

La metodología a utilizar es fundamental ya que indica la forma en que se desarrollará el software la cual es específica para cada producto en particular. Es por esto que, según las consideraciones que se presentarán a continuación, el proceso de desarrollo de software a utilizar será el Prototipado.

Una de las principales cualidades del proceso de desarrollo Prototipado, según Pressman [16], es el hecho de que durante la elaboración del software se van realizando prototipos, los cuales deben ser creados en poco tiempo y pocos recursos. Todo esto con el fin de obtener feedback necesario para realizar un siguiente prototipo con los cambios necesarios con el fin de llegar al óptimo deseado.

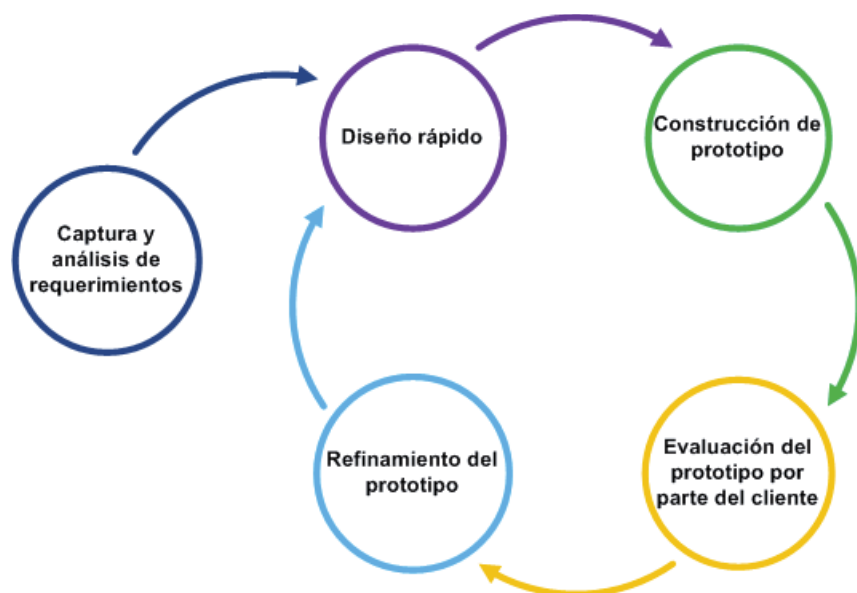


Figura 2.1: Diagrama de proceso de desarrollo de software Prototipal.

Como se aprecia en la figura 2.1 (Fuente Pressman [16]) podemos observar que luego de la captura de requerimientos comienza un ciclo en el cual se crean prototipos, los cuales rápidamente son evaluados por el cliente. De esto se desprende el refinamiento del prototipo, ya sea desechando el existente y creando uno nuevo o la modificación de elementos puntuales en este.

Principalmente la elección de dicho proceso de desarrollo recae en el hecho de desconocer la eficacia que pueda tener en los usuarios el formato propuesto para ejercitar los conocimientos matemáticos.

Señalar que la evaluación del prototipo por parte del cliente será de los usuarios; ya que son estos los que reflejarán, mediante la data obtenida y encuestas, el nivel de aceptación que puede llevar a tener el software.

## 2.3. Plan de trabajo

A continuación se presentará la Carta Gantt simplificada del desarrollo del software "Aprendiendo con Macondo", la cual presentará los hitos principales del desarrollo del software.

Tabla 2.1: Carta Gantt de hitos.

Tarea	Duración	Inicio	Final
<b>Proyecto</b>	<b>91 days</b>	<b>Mon 24/07/17</b>	<b>Mon 27/11/17</b>
Inscripción del proyecto	1 day	Mon 24/07/17	Mon 24/07/17
Captura y análisis de requerimientos	3 days	Tue 25/07/17	Thu 27/07/17
<b>Prototipo 1</b>	<b>37 days</b>	<b>Fri 28/07/17</b>	<b>Mon 18/09/17</b>
Desarrollo del back-end	10 days	Wed 02/08/17	Tue 15/08/17
Desarrollo del front-end	21 days	Wed 16/08/17	Wed 13/09/17
Desarrollo del juego	31 days	Wed 02/08/17	Wed 13/09/17
Pruebas experimentales quinto básico	1 day	Fri 15/09/17	Fri 15/09/17
<b>Prototipo 2</b>	<b>21 days</b>	<b>Tue 19/09/17</b>	<b>Tue 17/10/17</b>
Análisis del feedback de las pruebas experimentales	4 days	Tue 19/09/17	Fri 22/09/17
Refinamiento del prototipo	14 days	Mon 25/09/17	Thu 12/10/17
Pruebas experimentales tercero y cuarto básicos	3 days	Fri 13/10/17	Tue 17/10/17
<b>Prototipo final</b>	<b>25 days</b>	<b>Wed 18/10/17</b>	<b>Tue 21/11/17</b>
Análisis del feedback de las pruebas experimentales	4 days	Wed 18/10/17	Mon 23/10/17
Encuestas post experimento	1 day	Thu 02/11/17	Thu 02/11/17
Refinamiento del prototipo	14 days	Tue 24/10/17	Fri 10/11/17
Análisis final	4 days	Thu 16/11/17	Tue 21/11/17
Revisión de software	1 day	Tue 21/11/17	Tue 21/11/17
Presentación final	1 day	Mon 27/11/17	Mon 27/11/17

## 2.4. Factibilidad económica, operacional y legal

A continuación se presentará la factibilidad económica, operacional y legal, las cuales permitirán señalar que tan posible es la realización del proyecto; ya sea en su desarrollo como en su implementación.

### 2.4.1. Factibilidad económica

Respecto a la factibilidad económica, si bien se usan softwares de uso libre, los sprites y audios utilizados, como se señala en la Sección 2.4.3, deben ser adquiridos para un software a comercializar. A pesar de esto, es posible utilizarlos sin problemas para el uso de testing que se les pretende dar. Finalmente el costo asociado a desarrolladores debe considerarse en dos personas por un período de 3 meses, como se señala en la sección 2.3, por lo que el costo asociado a eso queda impuesto alrededor de los \$ 700 mil pesos por persona aproximadamente( debido a que [www.mifuturo.cl](http://www.mifuturo.cl) [11] entrega una cifra superior para ingresos promedio al cuarto año).

### 2.4.2. Factibilidad operacional

Respecto a la factibilidad operacional se puede señalar que, mediante pruebas preliminares con un par de niños de cuarto básico, estos tuvieron una buena aceptación del software; ya sea en los contenidos y la utilización de este.

Se escogió principalmente alumnos de cuarto año básico por el motivo de que según el plan educativo [12] estos ya tienen dominio de las tablas de multiplicar hasta la del 10. Además de que un niño de dicho nivel se esperan ciertas habilidades, como seguir ordenes y aprender de forma rápida, que ayuden a las pruebas iniciales del software.

### 2.4.3. Factibilidad legal

Respecto a la factibilidad legal que puede presentar el proyecto se ve directamente influenciada por la ley LEY N° 17.336 de Propiedad Intelectual y Derechos de Autor [9]. Esta ley en su capítulo 1 artículo 3 podemos apreciar un listado de los elementos señalados como de propiedad que deben ser protegidos tanto física como intelectualmente, por lo que todos los sprites y audios utilizados son incluidos como propiedad intelectual. Si bien este proyecto se basa en la utilización de elementos de uso gratuito, es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- La utilización de sprites y audios son gratuitos solamente para uso de testing( según lo señalado en su página de origen), en caso de generar un producto comerciable se deberían adquirir los derechos de estos.
- Las herramientas de desarrollo, en cambio, son gratuitas y de uso libre para productos finales.

## 3. Capítulo II: Tecnologías

A continuación se presentarán las diferentes tecnologías que se utilizarán durante el desarrollo del software. Principalmente para el back-end como para el front-end, además de la herramienta para el desarrollo del juego en si.

### 3.1. Back-end y Front-end

Para la realización del back-end y el front-end se utilizará MEAN (acrónimo de MongoDB [13], Express [19], Angular [6] y NodeJS [8]) que es una colección de herramientas que trabajan sobre JavaScript, lo que permite su integración de forma exitosa.

- El desarrollo del back-end se verá centrado en NodeJS que es un entorno multiplataforma para JavaScript con la integración de Express como framework minimalista, ya que simplifica el desarrollo y facilita la escritura de aplicaciones seguras, modulares y rápidas. También cuenta con una manipulación simple para las bases de datos en este caso MongoDB.
- El desarrollo del front-end se utilizara Angular que es un framework Modelo Vista Controlador (MVC), pero para una integración limpia y rápida se decidió utilizar Angular CLI [7] que es un generador de aplicaciones, ya que facilitará el inicio del proyecto brindado la creación del esqueleto.

#### 3.1.1. MongoDB

MongoDB es una base de datos NoSQL orientada a documentos. Estos documentos son almacenados en formato BSON el cual es la representación binaria de JSON. En la práctica nunca se interactuará con el formato BSON por lo que siempre se utilizará JSON para consultar y almacenar datos.

#### 3.1.2. NodeJS

NodeJS es el entorno en tiempo de ejecución multiplataforma de JavaScript de código abierto. NodeJS está diseñado para construir aplicaciones en red escalables, el cual utiliza un modelo de evaluación de un único hilo de ejecución, esto hace que puedan ejecutarse concurrentemente un número de input y output (I/O) asíncronos hasta cientos de miles sin incurrir en costos asociados al cambio de contexto. Además este entorno está orientado a eventos, que lo hace liviano y eficiente.

Este entorno fue construido basado en el motor V8 de Google Chrome que proporciona un entorno de ejecución del lado del servidor que compila y ejecuta JavaScript a gran velocidad y es similar en su propósito a Twisted [26] de Python o EventMachine [21] de Ruby.

Una de las capacidades destacadas es el uso del ecosistema más grande de librerías de código abierto del mundo llamado node package manager [23] (npm), el que permite tener cualquier librería disponible con una línea de código. También ayudará a administrar los

módulos, distribuir paquetes y agregar dependencias de una forma sencilla.

El siguiente código de ejemplo llamado "Hello world" de la figura A.1 en el Anexo A (Fuente: NodeJS [8]) tiene como objetivo mostrar de forma macro una introducción a la forma de escritura de este entorno. Se empieza cargando el módulo de http creando un http server, luego este se debe configurar para responder con el texto "Hello world" a todas las solicitudes. Finalmente se debe asignar un puerto para escuchar las conexiones.

### 3.1.3. Express

Express es un framework minimalista y flexible para NodeJS que proporciona un conjunto sólido de características para el desarrollo de aplicaciones web y móviles, también cuenta con métodos de utilidad HTTP y middleware para la creación de una interfaz de programación de aplicaciones (API) rápida y sencilla. Esta infraestructura de aplicaciones se puede instalar via npm, lo que facilita su obtención.

El siguiente código de ejemplo llamado "Hello world" de la figura A.2 en el Anexo A (Fuente: Express [19]) tiene como objetivo mostrar la simplicidad del uso de este framework en conjunto al entorno NodeJS. Inicialmente se debe cargar el módulo express y luego inicializar la aplicación, finalmente a indicar el Uniform Resource Locator (URL) y también el puerto de acceso con los métodos correspondientes.

### 3.1.4. Angular

Angular es un framework MVC para aplicaciones web de código abierto que utiliza TypeScript y es mantenido por Google. Entre sus principales características están:

- Multi plataforma:
  - Aplicaciones web progresivas: Permite utilizar las capacidades modernas de las aplicaciones sobre plataformas web para ofrecer experiencias similares a aplicaciones de escritorio. Ofrece una instalación rápida, en pocos pasos y sin necesitar una conexión a internet.
  - Aplicaciones Nativas: Es posible construir aplicaciones móviles utilizando Ionic Framework [22], NativeScript [4] y React Native [14].
  - Escritorio: Permite crear aplicaciones instalables en Mac, Windows y Linux utilizando los mismos métodos de Angular empleados para desarrollar sobre plataformas web, además posee la capacidad de acceder a las APIs nativas del sistema operativo (OS).
- Velocidad y rendimiento:
  - Generación de código: Convierte las plantillas en código altamente optimizado para máquinas virtuales de JavaScript modernas, ofreciendo todas las ventajas del código escrito a mano con la productividad de un framework.

- Universal: Ejecuta la primera vista de la aplicación en NodeJS, .NET, PHP y otros servidores de renderizado casi instantáneamente obteniendo solo HTML y CSS. También abre posibilidades para la optimización de motores de búsqueda del sitio.
  - División de código: Las aplicaciones de Angular se cargan rápidamente gracias al enrutador de componentes. Éste ofrece una división automática de códigos para los usuarios sólo carguen lo necesario para procesar la vista que solicitan.
- Productividad:
    - Plantillas: Permite crear rápidamente vistas de interfaz de usuario con una sintaxis de plantilla simple y potente.
    - Angular CLI: Las herramientas en línea de comandos permiten desarrollar rápidamente, añadir componentes y realizar pruebas, y previsualizar de forma instantánea la aplicación.
    - Entorno de desarrollo interactivo (IDE): Se obtiene sugerencias de código inteligente, detección de errores y otros comentarios en la mayoría de los editores populares e IDEs.
  - Historia Completa del desarrollo:
    - Testing: Utiliza Karma [27] para las pruebas de unidad para saber si se ha roto cosas cada vez que se guardan cambios y Protractor [17] para que las pruebas de escenarios corran rápido y de manera estable.

### 3.2. Phaser

Phaser [10] es un framework de juegos para escritorios y móviles basado en HTML5. La ventaja de su utilización es el hecho de ser de código libre y con un gran apartado de ejemplos y documentación que facilitan el desarrollo.

Principalmente el desarrollo de un juego con Phaser se basa en seguir una serie de pasos:

- Primero se debe crear un objeto de tipo Phaser.Game, el cual se asocia a un id dentro del documento HTML.
- Luego se deben crear diferentes States, los cuales son los que el usuario verá como diferentes pantallas en el juego.
- Cada State deberá tener, dependiendo del uso que se le de, diferentes tipos de funciones, ya sea predefinidas por Phaser como propias, que entregarán comportamiento al State. Algunas funciones predefinidas por Phaser son:
  - Preload. Esta función permite realizar la carga de todos los recursos que necesitará el juego; ya sean audios, sprites, etc.



- Create. Esta función permite crear el estado inicial del State, por ejemplo creando variables asociadas al State en el que se encuentre, de esta manera se puede crear un sprite en el juego con sus respectivas animaciones gracias a que los recursos fueron cargados en la función Preload.
- Update. Esta función esta en constante funcionamiento ya que por cada frame de juego ella se ejecuta modificando los elementos presentes en el State.

Además Phaser entrega una variedad de herramientas propias del Framework pensadas especialmente para el desarrollo de juegos de plataformas, ya sea incorporando:

- Timers(relojes que permiten generar eventos en una cierta cantidad de tiempo).
- Físicas arcade(lo que permite incorporar a un sprite velocidad, gravedad, fricción, etc).
- Detección de colisiones.
- Tweens(funciones que permiten pasar de un estado a otro por medio de una transición).

Todo esto en archivos de tipo JavaScript, por lo que permite el paradigma orientado a objetos del lenguaje.

## 4. Capítulo III: Área de estudio

A continuación se desarrollará el capítulo relacionado con el estado de arte, en el cual se presentarán temas como lo son la situación educacional en Chile más específicamente en el área de las matemáticas, contenidos y metodologías de enseñanza, herramientas educativas actuales y finalmente la propuesta educativa presentada por el proyecto.

### 4.1. Situación actual de la educación chilena

Si bien los gobiernos de turno siempre enfocan esfuerzos por mejorar el nivel educacional de los niños y niñas de Chile; existe una brecha, de conocimientos, entre alumnos de establecimientos privados con alumnos de establecimientos públicos. Esto se debe, entre otras cosas, a un acceso de mejores herramientas que estimulen el aprendizaje en los alumnos. Es por esto que, con la idea de disminuir esta brecha, con la publicación de la Ley N.º 20529 se crea el Sistema de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Escolar que se encuentra conformado por la Agencia de Calidad de la Educación [1], el Ministerio de Educación, la Superintendencia de Educación y el Consejo Nacional de Educación.

Este nuevo ente tiene la función de evaluar y orientar el sistema educativo para que este lleve al mejoramiento de la calidad y equidad de las oportunidades educativas. No solamente mejorando el sistema de evaluación Simce, sino que incorporando Indicadores de Desarrollo Personal y Social (IDPS) tales como:

- Autoestima académica y motivación escolar.
- Clima de convivencia escolar.
- Participación y formación ciudadana.
- Retención escolar.
- Etc.

Es por esto que no solamente un enfoque en aprender contenidos es necesario, sino que la forma en que los conocimientos son entregados y evaluados es relevante en el aprendizaje de los estudiantes.

Como indica la Agencia de Calidad de la Educación los estudiantes chilenos han mostrado un avance tanto en las evaluaciones nacionales como internacionales; además, es importante señalar que Chile se ubica por sobre el promedio de los países latinoamericanos en la mayoría de las asignaturas. Pero a pesar de esto el incremento, del promedio, ha sido leve cuando se comparan con diferentes grupos socio económicos (GSE).

#### 4.1.1. Desempeño de los estudiantes chilenos en matemáticas

El desempeño de los estudiantes chilenos muestra notorias diferencias ya sea entre género, GSE y contexto internacional. A continuación se entregarán diferentes gráficos que ejemplifiquen lo expuesto gracias al Reporte de Calidad de la Educación [2] de la Agencia de Calidad de la Educación.

Pisa es un programa internacional que evalúa los diferentes sistemas educacionales al rededor del mundo. Como se aprecia en la figura B.1 del Anexo B podemos ver que Chile, en el promedio de matemáticas, a aumentado 12 puntos entre el 2006 y el 2012. Situándolo muy bajo el promedio de los países que componen la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos(OCDE), pero levemente por sobre el promedio de los países latinoamericanos.

A continuación se presentarán diferentes datos obtenidos de la Agencia de Calidad de la educación, de su informe Archivos Nacionales 2016 [3].

Como se aprecia en la figura B.2 del Anexo B desde el 2005 el promedio en matemáticas ha ido en aumento, llegando a una diferencia de 14 puntos con relación al 2005. Además, como se aprecia en la figura B.3 del Anexo B, la diferencia entre ambos géneros no es significativa; sobre todo en los últimos años donde la brecha es casi nula.

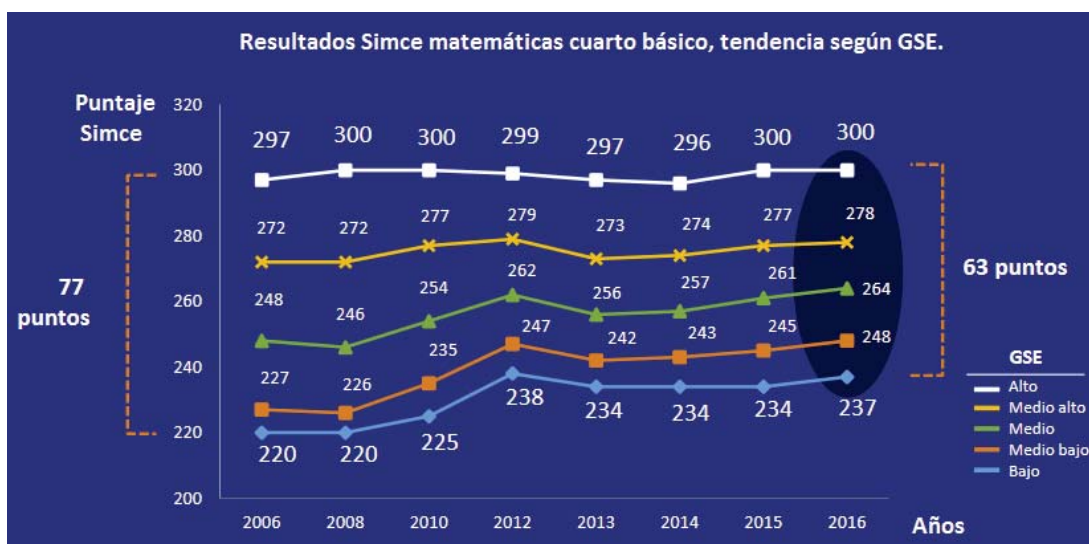


Figura 4.1: Resultados Simce cuarto básico en matemáticas, tendencia según GSE.

En cambio, como se aprecia en la figura 4.1 se ve que, si bien la brecha ha disminuido en la última década, aún existe una gran diferencia en los resultados obtenidos entre alumnos de un nivel socio económico alto y uno bajo. Se visualiza que los estratos socio económicos altos han mantenido sus puntajes promedio, en cambio los estratos más bajos han podido aumentar, levemente, sus puntajes estos últimos años.

## 4.2. Contenidos y programas educativos

El Gobierno de Chile, por medio del Ministerio de Educación(Mineduc), entrega planes y programas educativos para la planificación que realizan los establecimientos educacionales con miras a la formación integral de todos los alumnos que participan del sistema educativo chileno. A continuación se presentarán, de forma general, los programas de estudio de matemáticas para enseñanza básica [12].

### 4.2.1. Programa educativo en matemáticas para enseñanza básica

El sistema educativo chileno, para enseñanza básica y media, se rige por el Mineduc. Es por esto que este organismo entrega los diferentes programas de estudio para los diferentes niveles académicos y para las áreas pertinentes del conocimiento.

Para enseñanza básica, el programa educativo para cada nivel, contempla diferentes aspectos a evaluar divididos en unidades donde estas consideran un mínimos de horas pedagógicas.

Como es posible observar, en el programa educativo presentado por el Mineduc [12], durante la enseñanza básica poco a poco el nivel de complejidad de la materia involucrada va en aumento. Desde primero básico, donde los alumnos aprende a leer, contar y representar números, hasta llegar a cuarto básico(que sería el grupo objetivo del proyecto) donde estos se ven enfrentados a algoritmos de multiplicación y división en la resolución de problemas rutinarios en contextos cotidianos, estrategias para la resolución de problemas y la realización de cálculos escritos y mentales. Como se aprecia en los programas, anteriormente señalados, los alumnos año a año se ven enfrentados a nuevos retos educacionales con un nivel de complejidad claramente creciente, pero estratégicamente diseñados con el fin de que la curva de aprendizaje sea acorde a las capacidades de los alumnos.

Respecto al área de las multiplicaciones, los alumnos comienzan a tener un acercamiento a estas en la última parte de la cuarta unidad en segundo año básico en forma de adiciones repetidas y resolviendo problemas que las involucren. En tercero básico, en la segunda unidad, se vuelven a retomar las multiplicaciones pero esta vez en forma de tablas de multiplicar. De esta manera se busca que el alumno se las aprenda y pueda realizar cálculos de forma mental. Luego, en el mismo nivel, en la unidad 3 se lleva a que los alumnos sepan las tablas de multiplicación de memoria(10X10). Finalmente en cuarto año básico se busca que el alumno pueda resolver problemas complejos utilizando las tablas de multiplicación, así como algoritmos de multiplicación y división.

### 4.3. Herramientas educativas actuales

Los software educativos [25] son programas que entregan conocimiento de diferentes maneras. Estos pueden hacerlo mediante ejercitación de contenidos, generando tutoriales, proyectando simulaciones de eventos, entregando juegos educativos o soluciones a problemas propuestos. De esta manera un software educativo se mueve en una amplia gama para entregar conocimiento.

Las dos grandes ventajas que tienen los software educativos recaen en :

- Entrega un medio diferente de aprendizaje; ya sea en los recursos como el desarrollo de una actividad.
- Es posible generar aprendizaje a distancia, ya que es independiente de la sala de clases o del profesor.

A pesar de esto, hoy en día los software educativos en el área de las matemáticas se enfocan más en el contenido a entregar que en la forma de realizarlo. A continuación se compararán dos juegos educativos disponibles en Google Play [15].

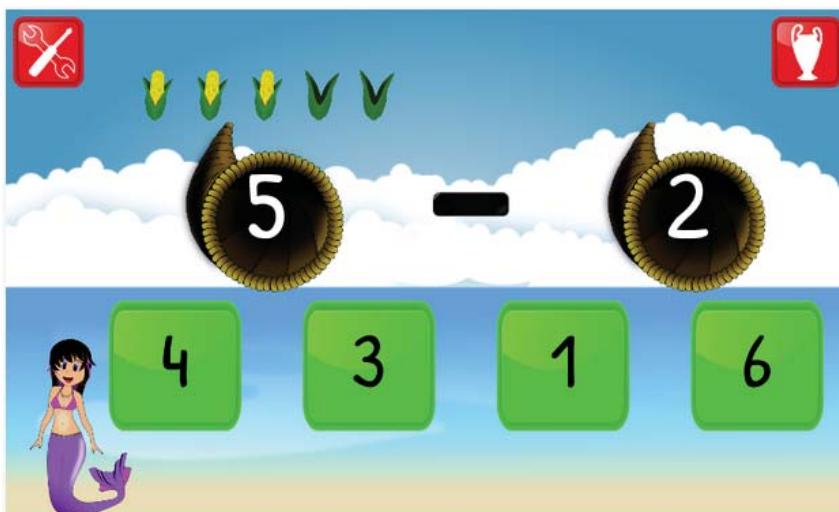


Figura 4.2: Juego Mates Primero Primaria.

Como se aprecia en la Figura 4.2 este juego llamado 'Juego Mates Primero Primaria' es un software educativo enfocado en juegos de matemáticas para niños de básica. Dicho juego tiene mas de quinientas mil descargas de la store de Android. Además tiene una valoración de 3,8 de 5.

Si se analiza este juego se aprecia que fundamentalmente, a pesar de catalogarse como juego educativo, son diferentes pantallas con preguntas de selección. Por lo que no se podría catalogar como juego; en cambio, sí como software educativo de ejercitación de contenidos.



Figura 4.3: Juegos educativos para niños: Sumas Restas Tablas.

En cambio como se aprecia en la figura 4.3 el juego 'Juegos educativos para niños: Sumas Restas Tablas', disponible en la store de Android, presenta más de un millón de descargas. Además de estar evaluado con nota de 4,3 de 5 por más de veintidós mil usuarios.

La diferencia entre el primer juego de ejemplo y este es el hecho de que el segundo tiene elementos de gamificación. Estos son coleccionables, puntaje, un personaje que se mueve por un mundo, etc, pero no existe interacción con otros usuarios por lo cual hay falta de competencia. Todo esto lleva a que el niño, a pesar de que el juego realice preguntas de contenido como el primer juego figura 4.2, lo encuentre más interesante y entretenido. Esto se refleja directamente en la valoración que dan los usuarios, así como en los comentarios entregados en la store de Android. Pero cabe destacar que estas dos herramientas para el aprendizaje no contemplan en su totalidad las posibles necesidades de los usuarios, estas carecen de una retroalimentación rápida y entendible, luego de perder, ganar o tener una respuesta incorrecta o correcta no se guía al jugador a reflexionar sobre la solución que le dio al problema impuesto por el programa. Esto significa que los software educativos tienden a la falta de tutores inteligentes o sistema adaptativo que proporcionan grandes beneficios tanto a la lógica del juego como para el aprendizaje del usuario.

#### 4.4. Propuesta educativa

Como se señaló anteriormente la educación chilena para GSE bajos, si bien va disminuyendo la brecha educativa en la última década, aún es deficiente para declarar a Chile como un país en equidad educativa. Además los softwares educativos disponibles en el área de las matemáticas, si bien son utilizados con diferentes grados de satisfacción, son implementados de forma que insuficientes para llamarlos juegos educativos; estos solamente se presentan como meras pantallas de preguntas y respuestas de selección sin elementos de gamificación.

Es por esto que este proyecto 'Macondo y sus amigos' está enfocado no solamente en ejercitar los conocimientos matemáticos en el área de las matemáticas, sino que además en ser un juego con elementos de gamificación, todo esto con el fin de ser una herramienta interesante para los usuarios alumnos.

Principalmente el juego se basará en uno de plataformas [24], esencialmente un endless runner( juego donde el personaje se mantiene en una posición fija y son el mundo y los enemigos los que se mueven en su dirección). Inicialmente los elementos de gamificación serán:

- Eliminar enemigos y obtener puntaje.
- Desbloqueo de niveles al superar el nivel actual.
- Jefes finales por nivel.

Además de estos elementos se irán incorporando otros, luego de cada prototipo y su correspondiente evaluación por parte de los usuarios, con el fin de generar un juego educativo con alta aceptación por parte de los usuarios.

Respecto a al formato de las preguntas, inicialmente se pretende presentar preguntas con respuestas de selección forzando al usuario a responder en un tiempo corto de 4 segundos. De esta manera la respuesta puede ser evaluada como correcta, incorrecta o fuera de tiempo.

Finalmente se pretende capturar toda la data disponible en cada juego del alumno, como son:

- Tiempo de juego.
- Respuestas del jugador.
- Tiempo empleado por pregunta.
- etc.

De esta forma será posible analizar el rendimiento de los usuarios respecto al juego, además de generar reportes para los profesores sobre el rendimiento del curso en general.

## 5. Capítulo IV: Diseño y desarrollo

A continuación se señalará el diseño y desarrollo del proyecto. Por lo cual se presentarán los requerimientos del proyecto, los casos de uso asociados, modelos y pantallas principales de la aplicación.

### 5.1. Identificación de requerimientos

Una de las ventajas de trabajar con un modelo de software Prototipal es el hecho de que los requerimientos serán refinados después de obtener la retroalimentación de los usuarios luego del uso de los prototipos. Es por esto que los requerimientos en primera instancia son desarrollados de forma general y se irán afinando en el transcurso del desarrollo del software.

A continuación se presentarán los diferentes requerimientos del sistema, indicados por el cliente. Los requerimientos con la sigla RF hacen referencia a requerimientos funcionales, mientras que los con sigla RNF hacen referencia a requerimientos no funcionales. Además los requerimientos con sigla AD hacen referencia a requerimientos asociados al administrador, los requerimientos con sigla PR hacen referencia a requerimientos del profesor y los con la sigla AL hacen referencia a requerimientos asociados a los alumnos. Aquellos requerimientos que no lleven ni PR, AL ni AD hacen referencia a requerimientos generales del sistema. Todos los requerimientos del sistema se encuentran en el Anexo ??.

El análisis generado en consecuencia de los requerimientos obtenidos se verá reflejado en los diferentes casos de usos situados en el Anexo ?? que se desprenden de estos. Cabe señalar que esta etapa es fundamental, ya que si no se tienen claros los requerimientos será imposible realizar un correcto análisis de las necesidades del sistema.



## 5.2. Base de datos

La importancia de la base de datos en este proyecto es esencialmente el tener los registros que generan los alumnos al jugar, los cuales no pueden borrarse porque contienen datos importantes para el software educativo, los cuales pueden servir para calibrar tiempos, modificar preguntas, ver rendimiento de los alumnos, como muchas otras posibles funciones. En base a lo descrito es necesario implementar el borrado lógico explicado en el Anexo F que permite preservar los datos aun si son borrados.

Debido a que MongoDB es una base de datos NoSQL se representará esta base de datos con un modelo relacional el cual se aprecia en la figura 5.1, de esta forma se podrán entender las relaciones entre los distintos modelos que componen esta aplicación.

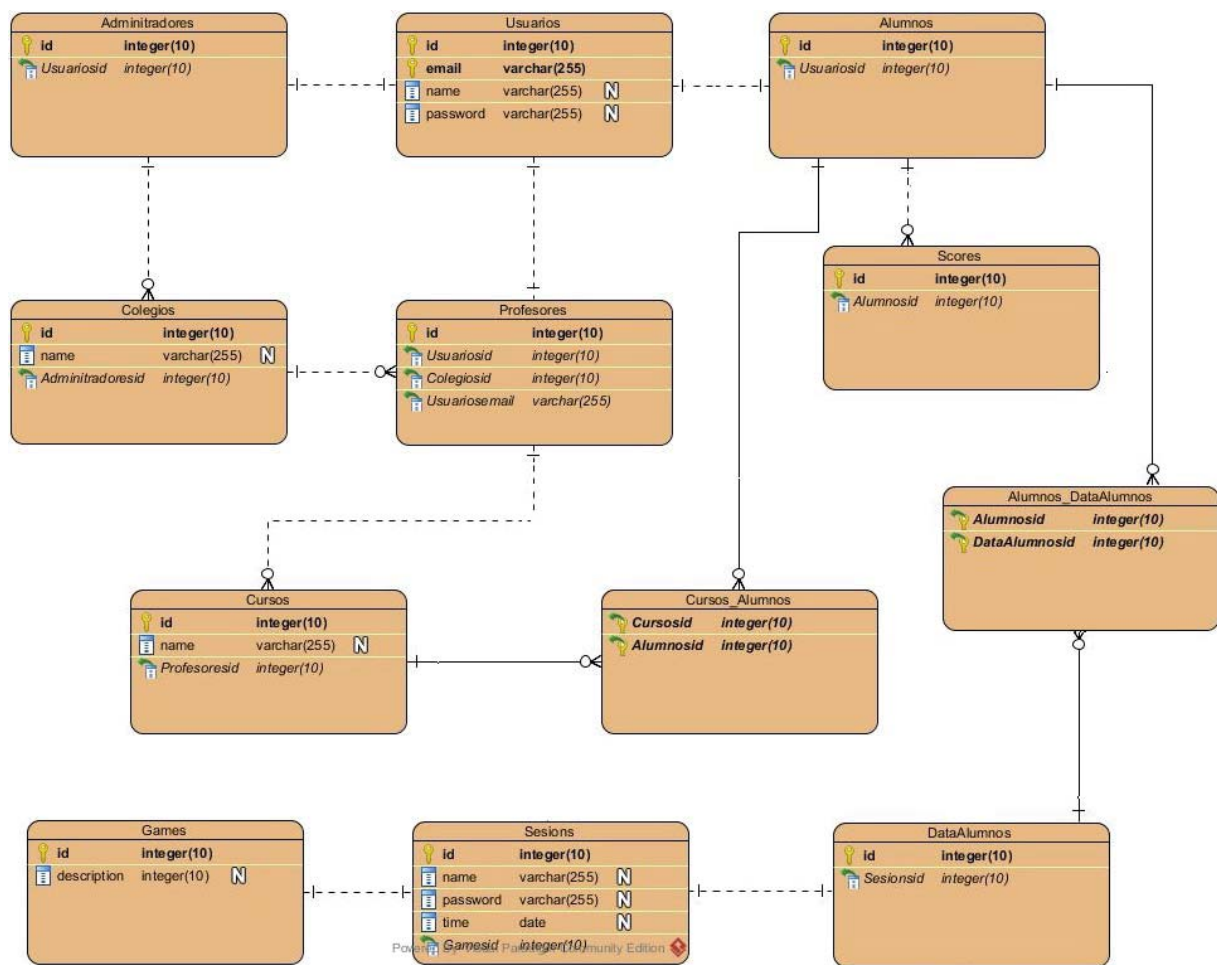


Figura 5.1: Modelo relacional.

En la figura 5.1 esta la ejemplificación de la base de datos, por lo cual no cuenta con todos los atributos, ya que no son tan significativos para poder entender el modelo.

### 5.3. Pantallas principales

Entre las diversas pantallas se encuentran elementos de desarrollo de vídeo juegos de GameArt2D [5] brinda gratis para el desarrollo, hay algunas interfaces con mayor relevancia al momento de explicar el funcionamiento general del software, es por esto que se han seleccionado las siguientes:

#### 5.3.1. Pantalla inicio aplicación web

La figura E.1 del Anexo E muestra la sección de inicio de la aplicación, esta cuenta con diversos botones los que cumplen diversas funciones entre ellos están:

- Botón inicio sesión: brinda acceso al administrador o profesor a distintas funcionalidades administrativas, las cuales se pueden consultar en la sección requerimientos.
- Botón play: brinda el acceso al alumno para jugar.

#### 5.3.2. Pantalla ver cursos del profesor en la aplicación web

La figura E.2 del Anexo E muestra la sección donde el profesor puede ver un curso específico, además de un gráfico donde se visualiza de forma clara el estado actual de los alumnos.

#### 5.3.3. Pantalla inicio juego

Como se puede apreciar en la figura E.3 del Anexo E se cuentan con diversos botones con un texto explicativo al poder el cursor sobre ellos, también al presionarlos entregan distintas funcionalidades como entregar información sobre la puntuación en los diversos niveles, acceder a los distintos niveles y poder participar en ellos, también poder cerrar sesión cuando sea necesario, finalmente entregar información sobre los controles y objetivos generales del juego.

#### 5.3.4. Pantalla selección de niveles en el juego

Como se puede apreciar en la figura E.4 del Anexo E hay diversos botones los que corresponden a los niveles en el juego, cada botón cuenta con una llamativa imagen en medio que representa los enemigos dentro del nivel, también al completar el nivel de forma exitosa aparecerá un diamante en la parte superior derecha de dicho botón.

#### 5.3.5. Pantalla dentro del juego

Como se puede apreciar en la figura E.5 del Anexo E el alumno ya esta dentro del juego, donde podrá saltar, lanzar bolas de estambre para defenderse de los enemigos, responder preguntas tanto para que aparezca el jefe final del nivel como para recargar las bolas de estambre. También se cuentan con distintos apartados como el puntaje, el botón de pausa, número de respuestas correctas, cantidad de vidas, entre otros que ayudan al alumno a lo largo de los diversos niveles que componen el juego.

## 6. Capítulo V: Experimento

A continuación se desarrollará el capítulo referente a la experimentación realizada con el software "Macondo y sus amigos". Se señalará cómo se realizaron las experiencias, que datos se obtuvieron y cuales fueron las conclusiones de estos.

### 6.1. Explicación de la experimentación

El software "Macondo y sus amigos", como ya se mencionó anteriormente, es un software educativo que ayuda en la ejercitación del contenido matemático, específicamente en el área de las multiplicaciones, en alumnos de enseñanza básica. Un punto importante a señalar es que no se incluirá la tabla del 2 en la ejercitación ya que esta, con la tabla del 1, es una de las más fáciles por los alumnos en general. Es por esto que uno de los principales objetivos es realizar pruebas con alumnos que curso tercero, cuarto y quinto año básico con el fin de encontrar algún tipo de patrón que de respuesta a la data obtenida. Para esto se realizarán tres tipos de análisis como son los datos entre alumnos que usaron retroalimentación y los que no lo usaron, análisis en entre género y análisis entre rango de notas escolares.

El experimento se realizará en una sala con acceso a computadores donde estos podrán utilizar el software educativo durante un lapso de 45 minutos. Para esto, antes y después de la ejercitación, se solicitó a los alumnos responder un pre y un post test respectivamente los cuales serían los mismos para ambos cursos con preguntas de bajo nivel de complejidad y alto nivel de dificultad con el fin de que estos puedan lo siguiente:

- El pre test permitirá categorizar al alumno en un rango que tenga relación su rendimiento académico.
- El post test en cambio permitirá identificar si la ejercitación tiene incidencia en los alumnos luego de la ejercitación. En especial evidenciar un aumento significativo en alumnos que presenten un bajo rendimiento en el pre test.

Los alumnos en la realización del pre y post test contarán con un tiempo máximo de 10 minutos donde la cantidad de preguntas serán, en ambos casos, 12. De esta manera la experimentación comprenderá las tres etapas anteriormente señaladas en orden secuencial.

#### 6.1.1. Comparativa entre el software con y sin retroalimentación

La retroalimentación se implementará en el software de la siguiente manera:

- Inicialmente al alumno le aparecerá la pregunta.
- Luego, cuando el alumno responda de forma incorrecta o se le acabe el tiempo aparecerá la retroalimentación.
- Esta corresponderá a señalar cual era la respuesta correcta. Además de un botón que permitirá continuar con la ejercitación.

De esta manera el alumno podrá saber cual era la respuesta correcta como se aprecia en la figura 6.1. Es importante señalar que el curso se dividirá en dos grupos (divididos de forma equitativa) donde uno tendrá acceso al software con retroalimentación y otro sin retroalimentación, el cual será considerado como grupo de control.

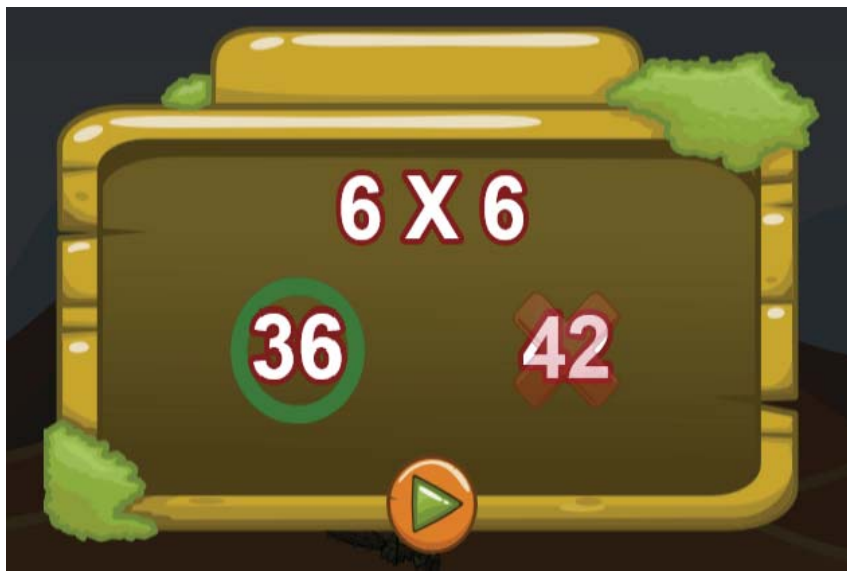


Figura 6.1: Pregunta con retroalimentación.

Es interesante saber si al momento de ejercitar, el solo hecho de indicar la respuesta correcta, tiene incidencia en el rendimiento de los alumnos que tienen retroalimentación contra los que no la tienen, además de verificar si el post test se ve afectado por este elemento en comparación al pre test.

## 6.2. Contexto del grupo de estudio

Para la realización del experimento se escogieron alumnos que se encuentran en conocimientos de la materia en cuestión. Es por esto, que el grupo de estudio serán alumnos que cursen tercero, cuarto y quinto año básico ya que estos se encuentran justo es la etapa escolar de aprendizaje de las operaciones de multiplicación y división.

Específicamente los alumnos a participar son pertenecientes al colegio Dr Adriano Machado Pardo [20], el cual en el año 2013 fue categorizado por el Ministerio de Educación como Escuela Autónoma. Este colegio imparte educación desde pre básica hasta octavo año básico. Este colegio se encuentra en el sector de Nueva Aurora, ciudad de Viña del Mar, región de Valparaíso.

El colegio Dr Adriano Machado Pardo, según el Simce [18], es un establecimiento clasificado en un GSE medio bajo, donde entre el 64,01 y el 81 % de los estudiantes se encuentran en condición de vulnerabilidad social.

Además el Simce nos entrega los puntajes promedio de los cuartos años básico de los últimos años en el área de las matemáticas.

Es posible observar en la figura B.4 del Anexo B que desde el año 2015 el puntaje promedio en matemáticas en el Simce ha aumentado en 48 puntos llegando a los 300 puntos señalados en el año 2016. Además el Simce señala que en el año 2016 el puntaje obtenido en matemáticas fue superior en 52 puntos al promedio de establecimientos de igual GSE.

Es decir que el grupo de estudio es un colegio de un GSE medio bajo, con un alto nivel de alumnos en condición de vulnerabilidad social, pero que en el último año a mostrado un aumento en el rendimiento Simce de matemáticas.

### **6.3. Primera prueba a quinto año básico**

El experimento en quinto año básico, se llevo a cabo como la primera prueba del software para la validación, posibles mejoras y ajustes de éste. El juego educativo fue bien recibido por los alumnos, los cuales quisieron probarlo con entusiasmo. En la fase en que los alumnos prueban el juego se pudo percibir que no lograban avanzar en el tiempo estimado calculado (aproximadamente 40 minutos en pasar todos los niveles), se les hicieron preguntas al curso para saber las razones de esto y se asocio todo a la dificultad que imponía la jugabilidad lo que complicaba el avance del juego. Esto provoco que no se pudieran avanzar en las etapas, como consecuencia a esto, los alumnos no pudieron reforzar las diversas tablas que están repartidas en los niveles.

#### **6.3.1. Datos obtenidos del primer experimento**

Se puede apreciar en la figura 6.2 que los alumnos del quinto año básico solo lograron responder hasta la tabla del 8, lo que significa que llegaron hasta el nivel 3 del juego. Dado a estos resultados, más las observaciones que se hicieron al momento de ejecutar el experimento se decidió ajustar la dificultad del juego, esto se debe a que los datos obtenidos en este curso no son viables para un posterior análisis de datos más preciso, ya que el problema que tuvieron los alumnos fue lo complicado del juego y no las tablas. Cabe señalar que quinto básico no entrará en el análisis general de los datos y las futuras comparativas a realizar, por lo antes mencionado.

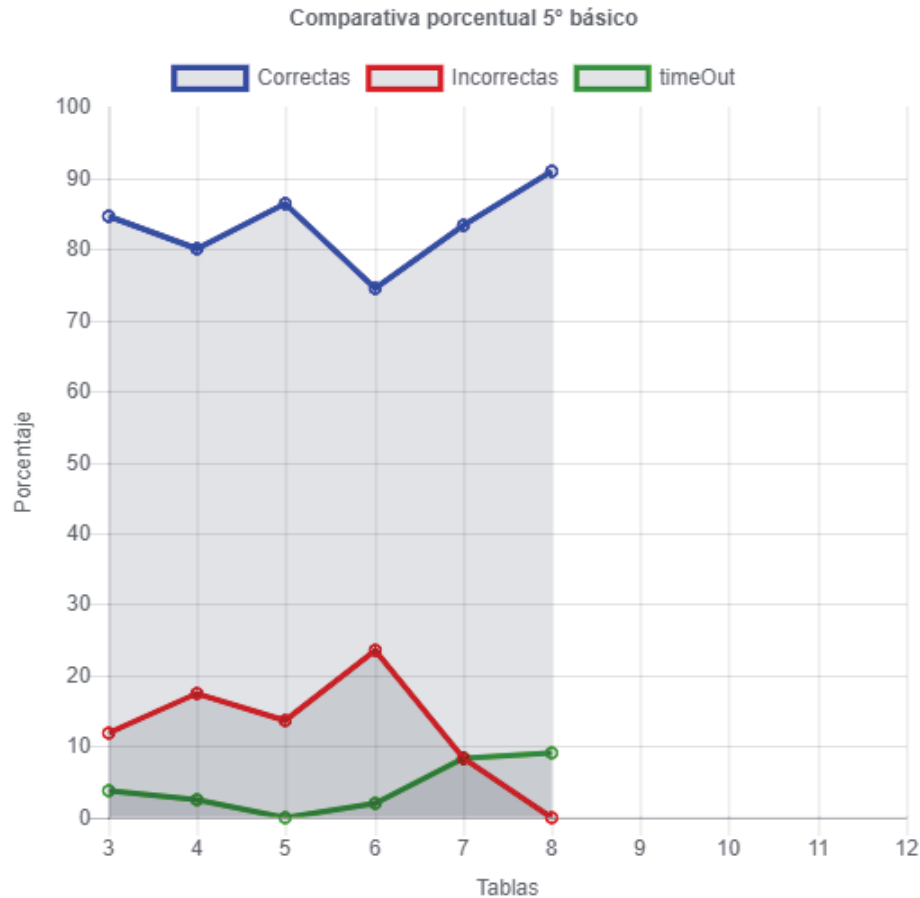


Figura 6.2: Gráfico general porcentual de quinto año básico.

### 6.3.2. Cambios en el software

En base a lo ya mencionado se llevaron a cabo cambios en el software para adaptar la dificultad del juego, estos son los siguientes:

- Se eliminó la pérdida de vidas cada vez que el alumno responda mal: la pérdida de vidas por respuesta incorrecta causa que los alumnos se preocupen o pierdan el nivel. Se eliminará esta característica para ayudar que los alumnos puedan avanzar en el nivel.
- Se aumentó la cantidad de bolas de estambre en los primeros niveles: la cantidad de municiones que tiene el personaje para vencer a los enemigos y obstáculos es baja lo que causa que los alumnos no puedan avanzar en el nivel. El aumento de municiones comparte la misma función que el punto anterior.
- Se incorporó ganar vidas durante el juego: una de las características del juego es que si los enemigos o obstáculos colisionan con el personaje, éste perderá una vida, lo que causa perder el nivel al llegar a cero vidas. El personaje ganará una vida al

recoger el ítem que aparecerá cada cierto periodo de tiempo, de esta forma mantener al alumno enfocado en avanzar por los niveles.

- Se aumentó el tiempo de respawn de los enemigos y obstáculos: el tiempo con la que aparecen los enemigos y obstáculos causa que los alumnos pierdan el nivel de forma prematura sin contestar preguntas. Por lo que se aumentó el tiempo de respawn de los enemigos para mantener al jugador una mayor cantidad de tiempo en el juego e incrementar la tasa de preguntas contestadas.

Se espera que al realizar los siguientes cambios los alumnos de los siguientes dos cursos (tercero y cuarto básico) puedan centrarse en avanzar los niveles, aumentando la tasa de respuesta contestadas, con ello tener mayor reforzamiento de las tablas y mayor densidad de datos guardados. Esto ayudará al posterior análisis de datos, si se obtienen circunstancias parecidas en alguno de los dos experimentos restantes se volverá a repetir el paso de ajustar el software.

#### **6.4. Pruebas a tercero y cuarto año básico**

Como se señaló, el análisis de los resultados obtenidos se realizó sobre los obtenidos de la ejercitación del tercero y cuarto año básico. Para esto se analizaron los resultados del pre y post test, además de los resultados de los alumnos en la utilización del software en varios aspectos:

- Comparación general porcentual del rendimiento de los alumnos en las diferentes tablas.
- Comparación porcentual del rendimiento de los alumnos contrastando software con y sin retroalimentación.
- Comparación porcentual del rendimiento de los alumnos contrastando a estos por género.
- Comparación porcentual del rendimiento de los alumnos contrastando alumnos con rendimiento escolar en matemáticas sobre la media con alumnos con rendimiento bajo la media.

Cuando se habla de porcentual se hace referencia al hecho que durante la experimentación cada alumno se vio enfrentado a una diferente cantidad de preguntas. Esto se debe a que el juego genera las preguntas de forma aleatoria, además de que la cantidad de preguntas a responder por el alumno se ven influenciadas por la cantidad de veces que jugó este el nivel(cada nivel tiene un enfoque en diferentes tablas de multiplicar), además de el desempeño de cada jugador. Es por esto que cada gráfico representará un 100 % del total de respuestas realizadas en cada tabla, donde estas se separan en respuestas correctas, incorrectas y time out(fuera de tiempo).

### 6.4.1. Comparación general de resultados

A continuación se presentará la comparativa porcentual de los terceros y cuartos años básicos del grupo de estudio. Inicialmente el primer análisis dejará de lado cualquier tipo de filtro ya sea por retroalimentación, género o notas con el fin de tener una idea general del rendimiento de los alumnos.

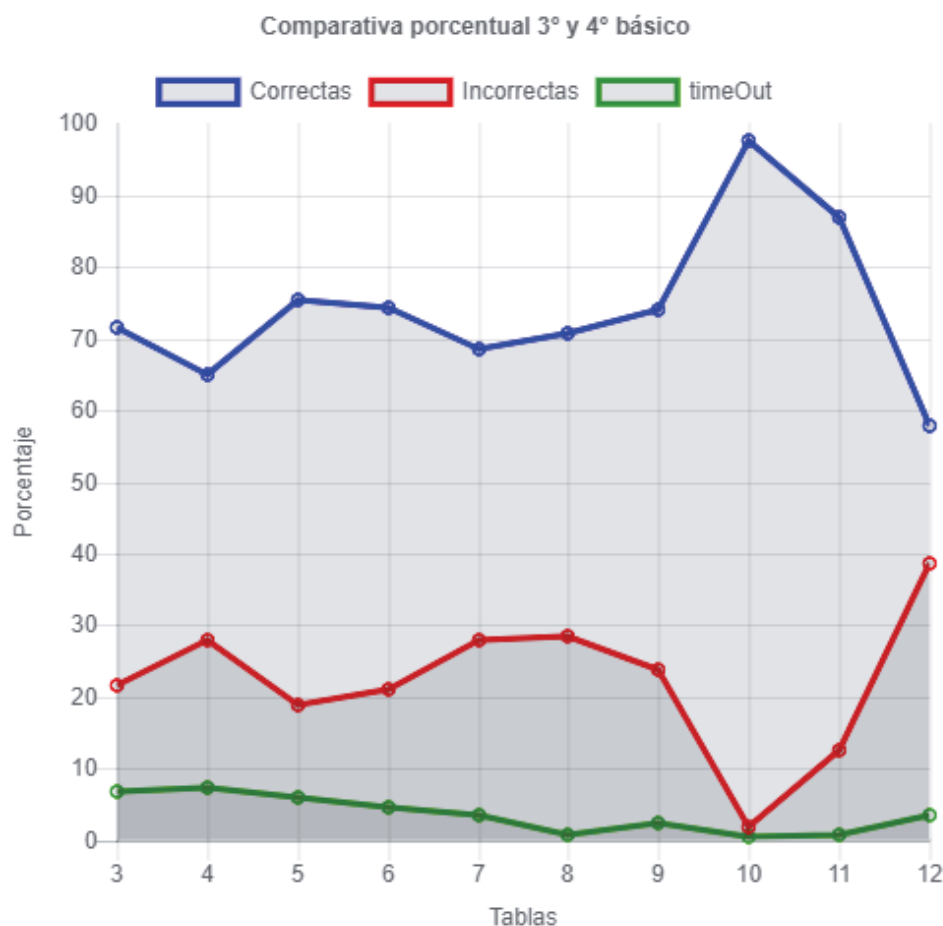


Figura 6.3: Gráfico general porcentual de tercero y cuarto año básico.

Como se aprecia en la figura 6.3 lo primero que resalta es que los alumnos presentan un rendimiento sobre el 85 % en las tablas de 10 y 11. Sobre tablas entre el 3 y 9 el rendimiento es relativamente parejo moviéndose este entre un 70 y un 80 % de correctas. Un punto importante a señalar es que tablas como la del 4 y 12 presentan un nivel entre un 55 y un 65 % de correctas, pero entre ambas existe una gran diferencia ya que la tabla del 4 muestra casi un 30 % de erróneas con un 40 % de erróneas de la tabla del 12, lo que indicaría, en un primer análisis, que la tabla del 12 sería la que presenta mayor dificultad entre los alumnos indicados.

A pesar del análisis realizado es importante contrastar este resultado con los obtenidos individualmente en tercero y cuarto año básico.



#### 6.4.1.1. Análisis general tercero básico

A continuación se presentarán los resultados obtenidos de tercero básico en la utilización del software.

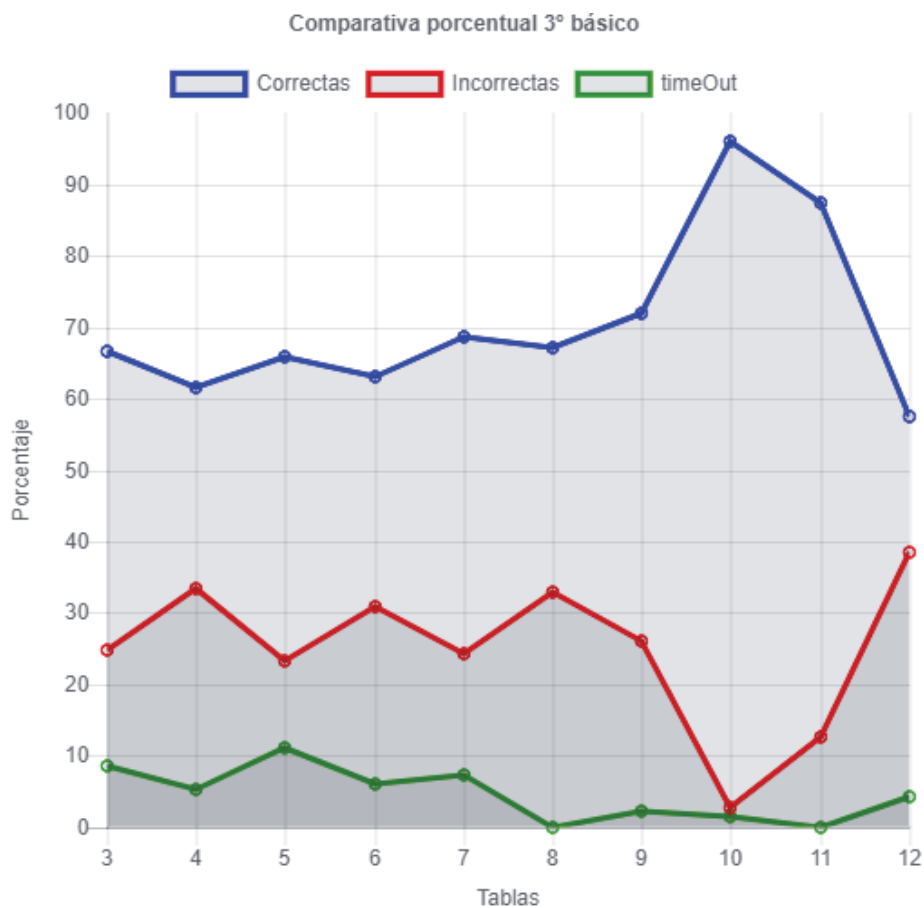


Figura 6.4: Gráfico general porcentual de tercer año básico.

Como se aprecia en la figura 6.4 se mantiene el buen rendimiento de los alumnos de tercero básico en las tablas de 10 y 11, pero el rendimiento general de los alumnos entre las tabla del 3 y 9 es entre un 60 y 70 % de preguntas correctas. Tablas como la del 4, 6 y 8 tienen porcentaje de errores sobrepasando el 30 %. De igual manera la tabla del 12 sigue presentando el mayor nivel de error, llegando a un 40 %.

#### 6.4.1.2. Análisis general cuarto básico

A continuación se presentarán los resultados obtenidos de cuarto básico en la utilización del software.

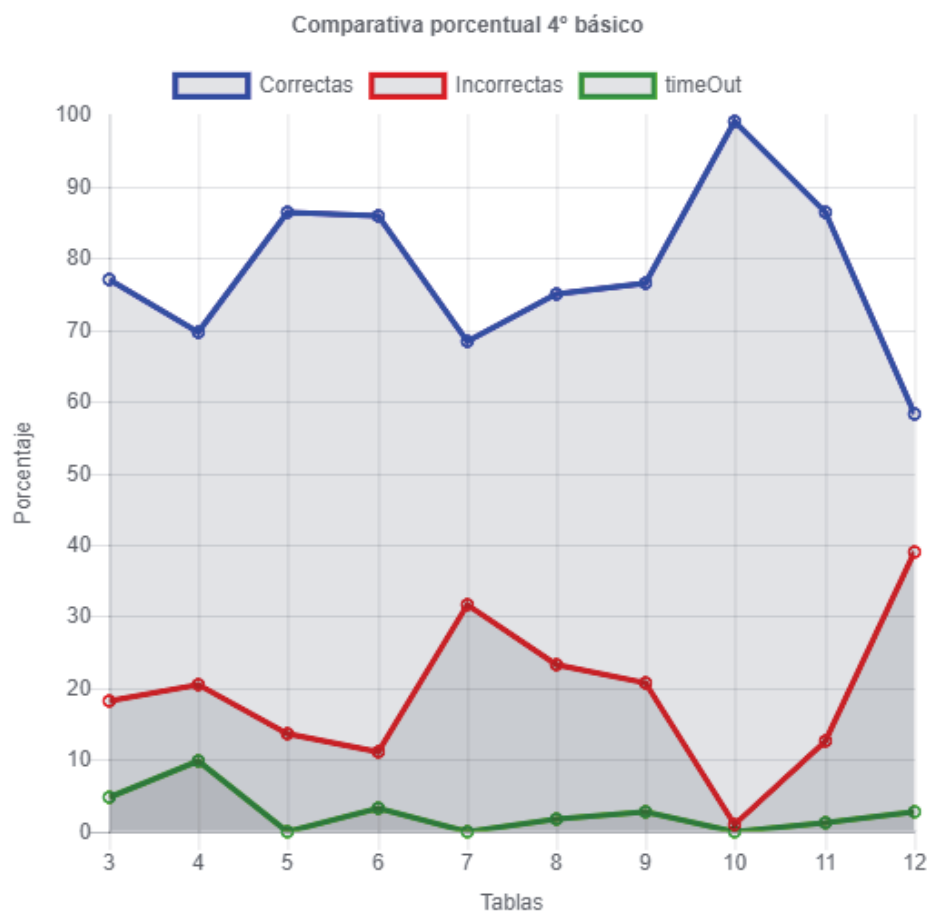


Figura 6.5: Gráfico general porcentual de cuarto año básico.

Como se aprecia en la figura 6.5 los alumnos presentan el mismo rendimiento que los de tercer año básico respecto a las tablas de 10, 11 y 12, pero aumentan su rendimiento en las tablas que se encuentran entre la del 3 y 9 llegando a un 70 y 80 % de correctas. Pero claramente existen dos tablas que sobresalen del resto las cuales son la del 5 y 6, llegando a alcanzar sobre el 85 % de correctas.

#### 6.4.2. Comparación de resultados software con y sin retroalimentación

A continuación se presentarán los resultados obtenidos de la comparación entre los alumnos que utilizaron el software con retroalimentación contra los sin retroalimentación. Como se señaló en capítulos anteriores la retroalimentación específicamente señala, al momento de que el alumno no logre responder de forma correcta o se acabe el tiempo para responder, la alternativa correcta. A continuación se presentará una comparativa general considerando a ambos cursos juntos.

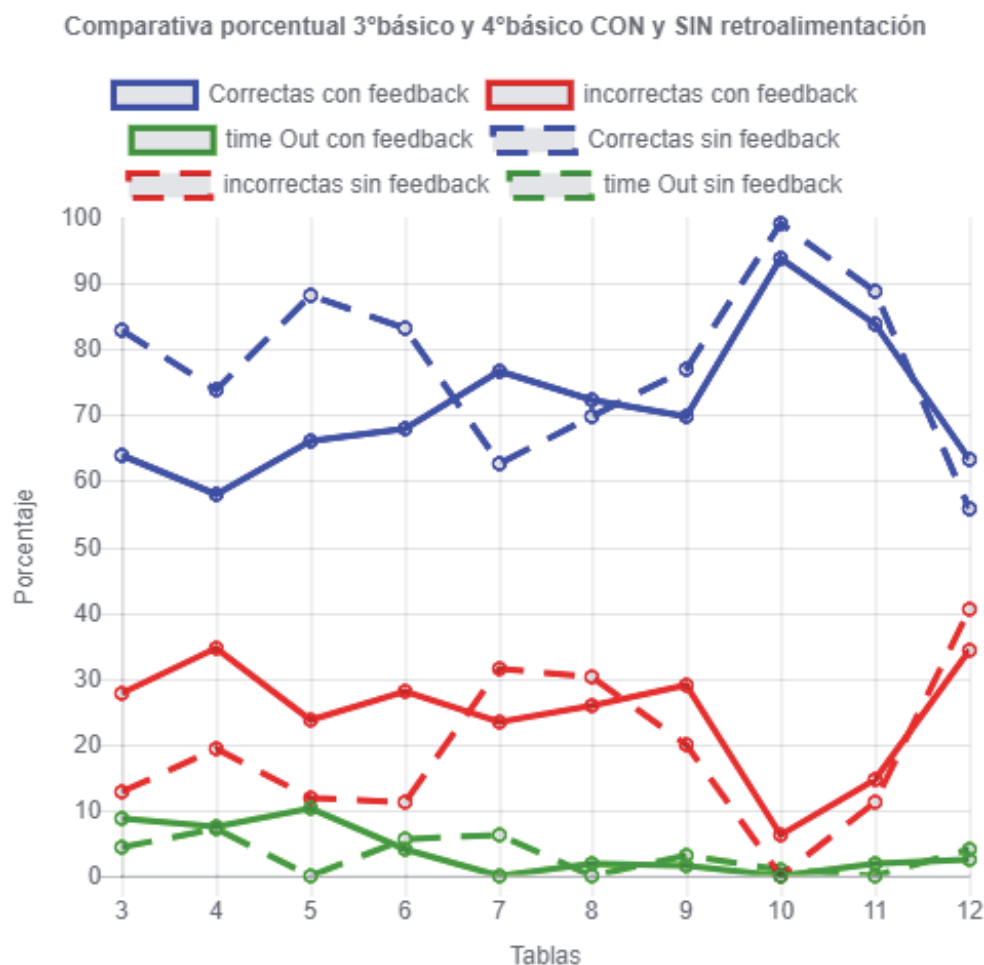


Figura 6.6: Gráfico comparativo de resultados de alumnos con y sin retroalimentación.

Como se aprecia en la figura 6.6 los alumnos presentaron diferentes comportamientos a la ejercitación con el software. Si bien se esperaba un mejor desempeño de los alumnos con feedback, esto no se refleja en tablas como la del 3,4,5 y 6 donde los alumnos sin feedback presentaron mejor rendimiento. De igual manera es importante señalar que los alumnos con feedback presentaron mejor rendimiento en tablas como la del 7, 8 y 12; donde estas son consideradas por los alumnos como difíciles(ver sección de resultados de encuestas).

#### 6.4.2.1. Análisis retroalimentación tercero básico

A continuación se presentarán los resultados de tercero básico respecto a la retroalimentación.

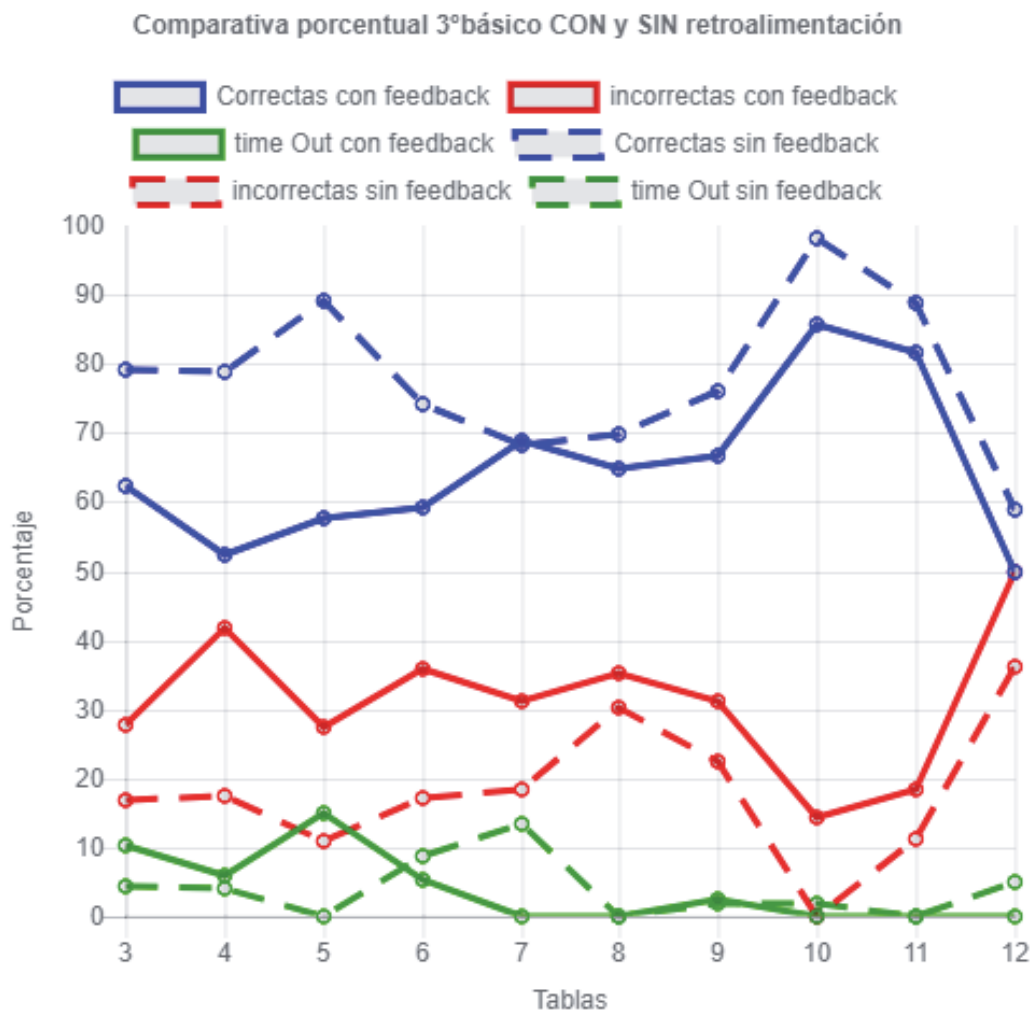


Figura 6.7: Gráfico comparativo de resultados de alumnos tercero básico con y sin retroalimentación.

Como se ve en la figura 6.7 los alumnos de tercero básico con retroalimentación presentaron un rendimiento bajo en comparación con los que no lo utilizaron. Este comportamiento fue generalizado y se espera que en el capítulo de encuestas se pueda dar respuesta a este evento.

#### 6.4.2.2. Análisis retroalimentación cuarto básico

A continuación se presentarán los resultados de cuarto básico respecto a la retroalimentación.

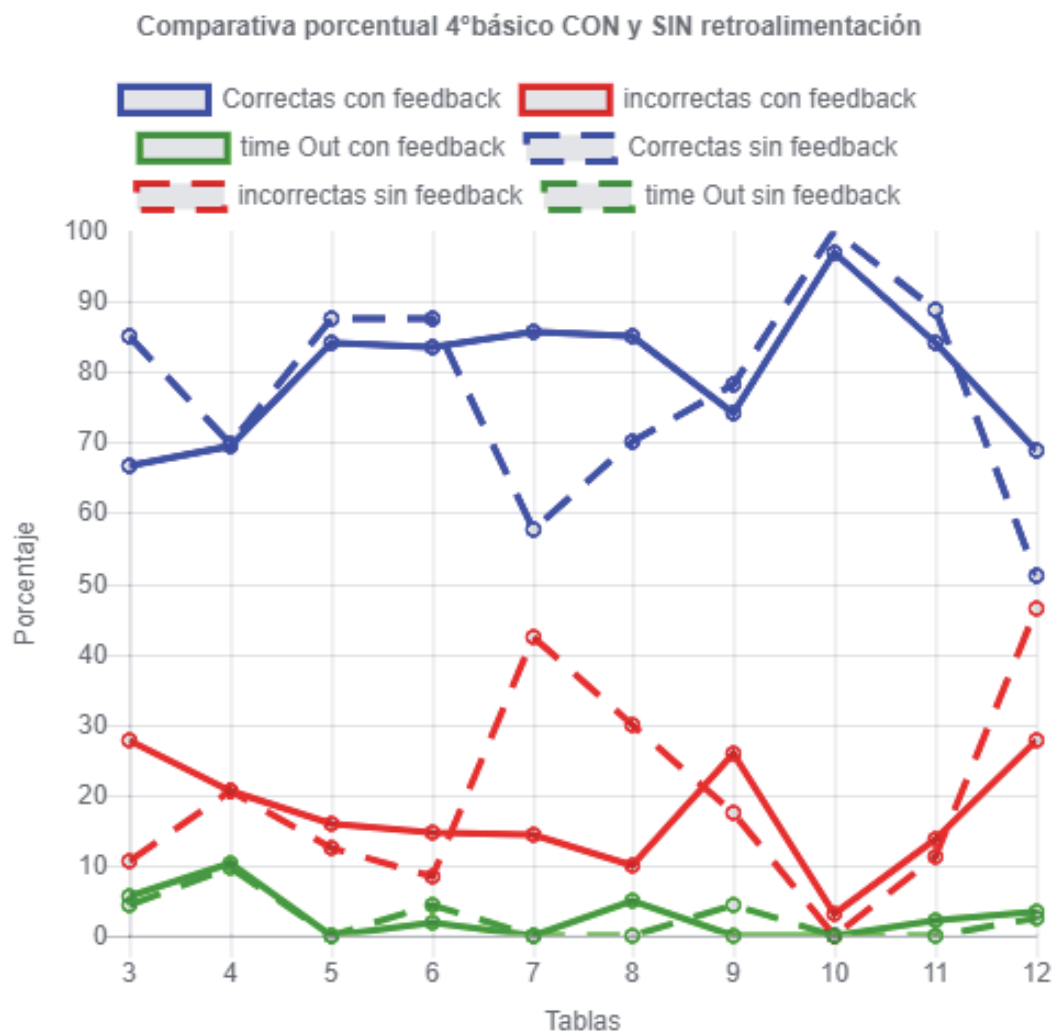


Figura 6.8: Gráfico comparativo de resultados de alumnos cuarto básico con y sin retroalimentación.

Como se ve en la figura 6.8 el desempeño de cuarto básico fue similar en tablas como la del 4, 5, 6, 9, 10 y 11; pero en tablas como la del 3 los alumnos sin retroalimentación presentaron un mejor rendimiento. Señalar que en tablas como la del 7, 8 y 12 los alumnos con feedback presentaron un rendimiento superior en comparación a los sin retroalimentación. Finalmente señalar que los alumnos sin feedback presentaron un bajo rendimiento en la tabla del 7, llegando a niveles de 60 % de correctas y 50 % de correctas en la tabla del 12.

### 6.4.2.3. Nivel de avance en el juego

Como se pudo apreciar en la sección anterior, los alumnos no presentan un comportamiento favorable respecto al uso de la retroalimentación; es más, los alumnos de tercero básico presentan en todas las tablas un rendimiento inferior en el uso de la retroalimentación. Es por esto que se presentará el avance de los alumnos en el juego; es decir, se tomarán a todos los alumnos y se contrastarán los alumnos con y sin retroalimentación y su nivel de avance en los niveles de la herramienta, con el fin de verificar si el feedback influye en el desempeño de los alumnos en el avance de los niveles.

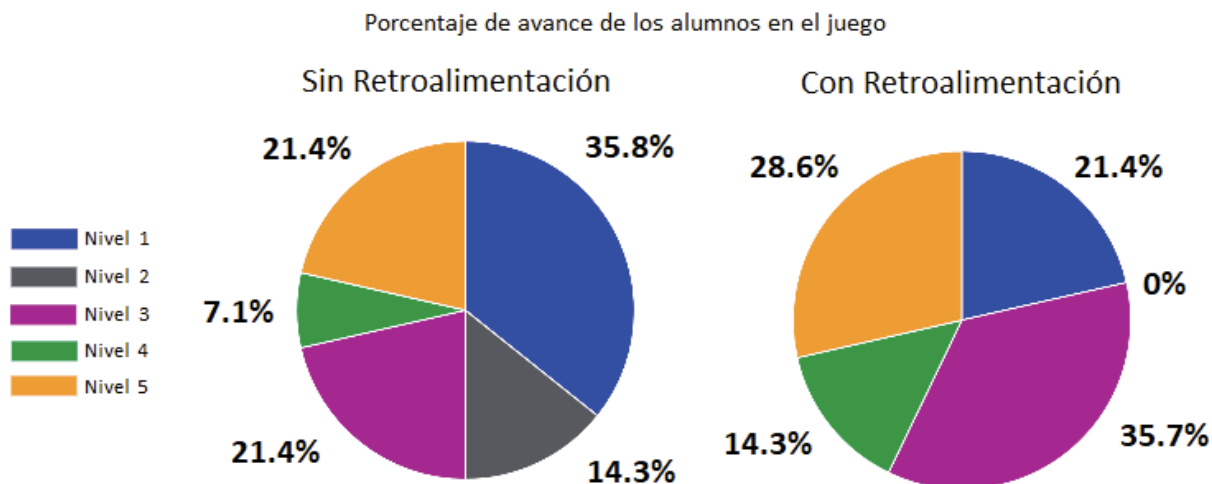


Figura 6.9: Gráfico de avance de alumnos con y sin feedback.

Como es posible apreciar, un 35.8 % de los alumnos sin retroalimentación no pudo superar el primer nivel en comparación a un 21.4 % de los con retroalimentación; es más, si consideramos los dos primeros niveles los cuales incluirían las tablas desde el 3 al 9, los alumnos sin retroalimentación son el 50 % en comparación con el 21.4 % de los con retroalimentación( ningún alumno con retroalimentación se quedó en el segundo nivel). Además solamente el 21.4 % de los alumnos sin feedback llegaron al último nivel, en comparación al 28.6 % de los con retroalimentación.

Esto indica que los alumnos que utilizaron el software con retroalimentación, si bien no les permitió tener un mejor rendimiento en cada tabla, estos pudieron avanzar de mejor manera que los que utilizaron la herramienta sin feedback.

### 6.4.3. Comparación de resultados por género

Otro aspecto interesante es saber si existe alguna diferencia en el rendimiento de los alumnos de distintos géneros. Para esto agruparemos los alumnos de tercero y cuarto año básico y los contrastaremos por género masculino y femenino.

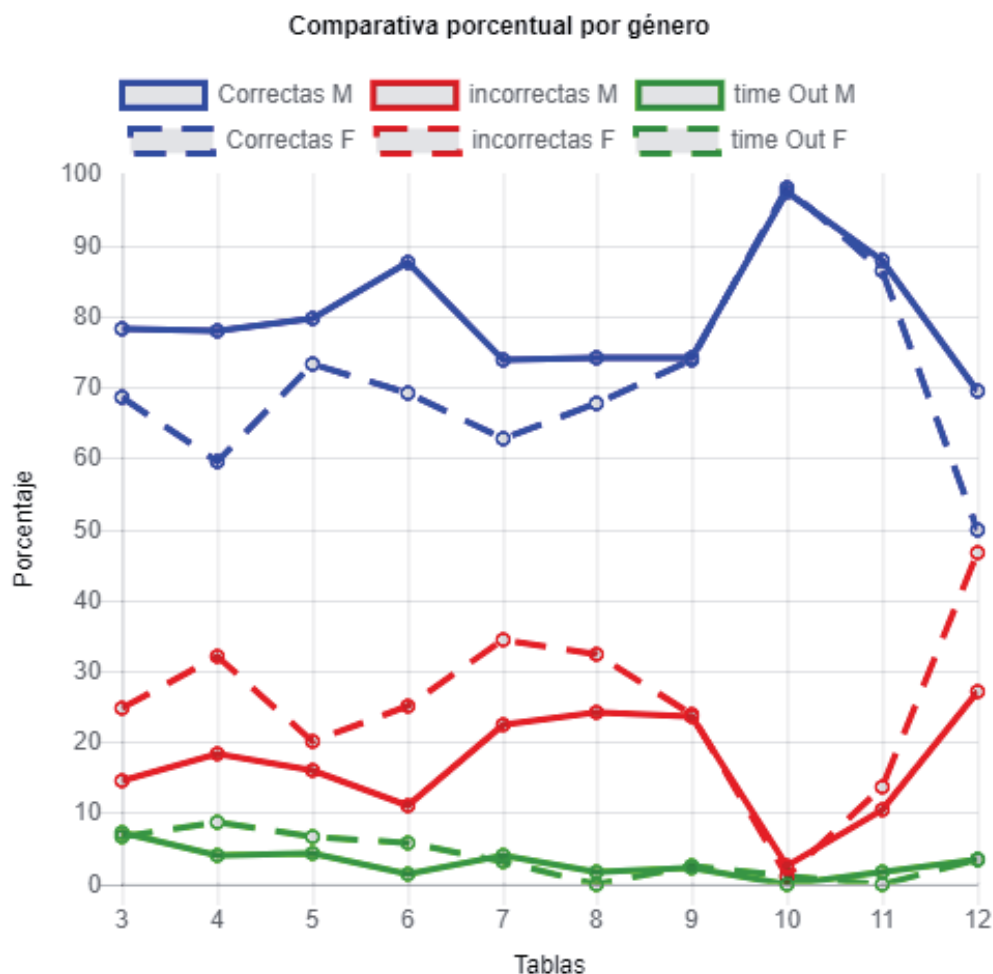


Figura 6.10: Gráfico comparativo de rendimientos por género.

Como podemos apreciar el rendimiento en respuestas correctas de los alumnos del género masculino es mayor en todas las tablas a excepción en las del 9, 10 y 11 donde estas fueron similares con el rendimiento del género femenino. Es posible incluso individualizar alumnos masculinos con bajo rendimiento escolar, bajo rendimiento de pre test, pero con un alto rendimiento en la ejercitación del juego y un aumento significativo en los resultados del post test. Por lo que podemos indicar que los alumnos de género masculino son mayormente influenciados de forma positiva con la ejercitación del software.

#### 6.4.4. Comparación de resultados por rendimiento académico

Otro aspecto relevante es determinar si los alumnos con bajo rendimiento académico en matemáticas se ven afectados de forma positiva con la utilización del software, lo que indicaría que su posible mejora estaría relacionada con la motivación que estos pudiesen sentir con la herramienta más allá de sus conocimientos. Para esto analizaremos los resultados obtenidos en tercero y cuarto año básicos respectivamente. Para esto los dividiremos en alumnos que se encuentren sobre la media y los contrastaremos con los que se encuentren bajo la media del promedio.

##### 6.4.4.1. Análisis respecto al promedio académico en tercero básico

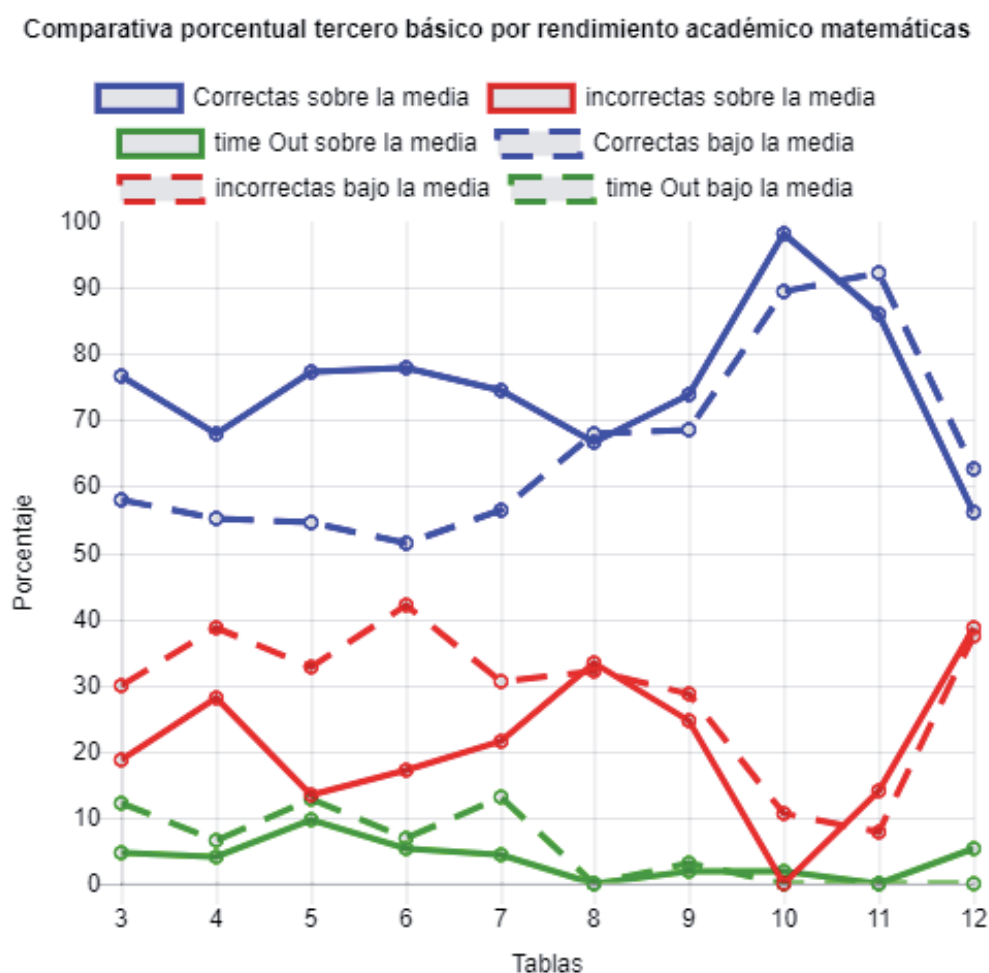


Figura 6.11: Gráfico comparativo tercero básico de rendimientos respecto al promedio.

Como se aprecia en la figura los alumnos bajo la media mostraron un bajo rendimiento en comparación a los alumnos sobre la media en las tablas desde el 3 al 7, pero posteriormente los rendimientos de ambos grupos es relativamente similar con diferencias menores al 10 % de respuestas correctas.



#### 6.4.4.2. Análisis respecto al promedio académico en cuarto básico

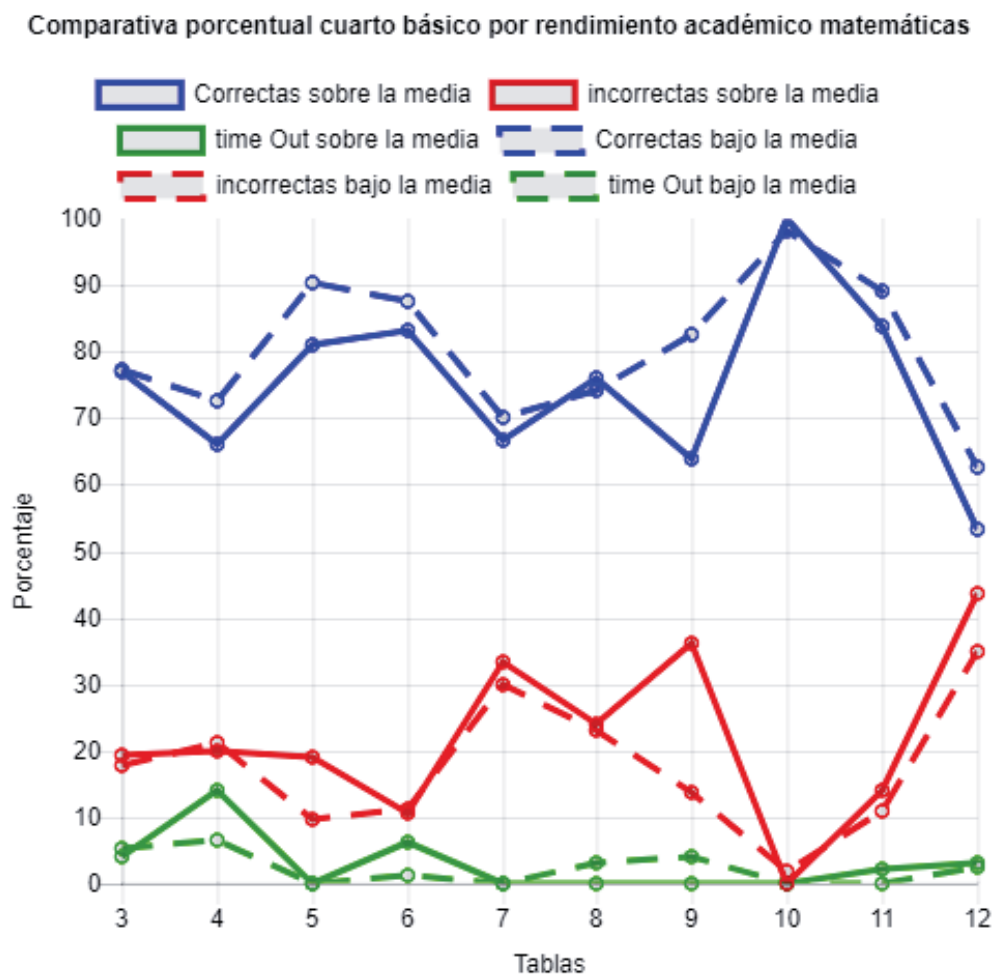


Figura 6.12: Gráfico comparativo cuarto básico de rendimientos respecto al promedio.

Como se refleja en la figura 6.12 los alumnos de bajo rendimiento académico en cuarto año básico tuvieron resultados similares a los de rendimiento sobre la media. Es más, los alumnos bajo la media obtuvieron mejores resultados que su contra-parte, por lo general mostraron un desempeño de hasta un 10 % en respuestas correctas llegando incluso a sobrepasar dicho porcentaje en tablas como la del 10. De igual manera es interesante señalar que los alumnos sobre la media mostraron rendimientos bajos en tablas como 9 y 12, donde llegaron a presentar porcentajes de correctas de casi un 60 y 50 porcientos respectivamente.

En conclusión, los alumnos de tercer básico no presentaron una relación directa entre los alumnos de buen rendimiento académico en matemáticas y buen rendimiento en la herramienta; de manera contraria a cuarto año básico, donde los alumnos de rendimiento académico bajo la media mostraron un mejor desempeño que los alumnos sobre la media.

## 6.5. Encuestas post test

Posterior al experimento realizado con los alumnos en el colegio y luego del análisis señalado fue necesario realizar encuestas en algunos alumnos que presentaron características específicas con el fin de entender el comportamiento que presentaron debido a un aumento de su rendimiento entre el pre test y el post test; como también en alumnos que presentaron una disminución en el mismo ámbito.

Es por esto que los encuestados, alrededor de seis alumnos por curso, respondieron preguntas enfocadas a saber su estado de ánimo y motivación durante el uso de la aplicación, saber si estos saben de antelación cuales son sus falencias en matemáticas, conocer que métodos utilizan para resolver cálculos matemáticos y si la implementación de la retroalimentación fue adecuada para ellos.

A continuación se presentarán algunas impresiones de los alumnos respecto a preguntas puntuales señaladas.

Los alumnos en general saben de antemano cuales son las tablas que más le cuestan y esto se ve reflejado en los datos obtenidos por la ejercitación. Alumnos de tercero básico presentan mayor dificultad en la tabla del 12 porque a estos no se la enseñan como tabla sino que como una multiplicación de dos cifras; esto conlleva a que el cálculo que realizan para obtener la respuesta sea más lento.

Alumnos que mostraron una disminución mayor a 5 puntos en el post test, en comparación al pre test, señalaron que los motivos principales fueron externos al juego en sí. Por ejemplo alumnos que señalaban que son reprendidos en caso de fallar en la escuela y alumnos que mencionaban una falta de interés al final del juego por lo difícil de algunos niveles, así como desagrado por las multiplicaciones.

Alumnos que mostraron puntajes sobresalientes en el pre test, post test y buen rendimientos escolar y en la herramienta educativa señalaron, en algunos casos, que tienen familiares que les motivan a ejercitar las matemáticas en sus hogares. También se presentó un caso en el cual el alumno señaló que sus padres le permitían jugar con un software educativo de matemáticas durante su tiempo libre.

Finalmente cuando los alumnos se les preguntó sobre la retroalimentación señalaron, en su mayoría, que si les interesó la forma en que esta aparecía; y los alumnos a los que no tuvieron acceso a la retroalimentación señalaron que si les gustaría que apareciese algo que les dijera en que se equivocaron.

## 7. Conclusión

En el presente informe se presentó todo el proceso de desarrollo de un software educativo llamado "Aprendiendo con Macondo"; desde la captura de requerimientos, análisis, desarrollo, pruebas del prototipo y modificaciones. Todo esto con el fin de generar una herramienta educativa que permitiese a los alumnos de enseñanza básica la ejercitación de las tablas de multiplicar.

Para la creación de la herramienta educativa se utilizaron tecnologías como NodeJS, MongoDB, Express y Angular; las cuales, conocidas como MEAN, al ser un stack de tecnologías se complementan y armonizan en orden y arquitectura al momento de desarrollar. Además, para la creación del juego en si se utilizó una librería de JavaScript llamada Phaser, la cual permitió desarrollar un juego de plataformas del estilo endless runner. De esta manera fue posible que los alumnos de enseñanza básica pudiesen ejercitar contenido matemático mientras juegan y a su vez entregar datos relevantes sobre las respuestas que estos entregan en el juego para análisis posteriores.

Además, los datos obtenidos permitió evidenciar de que forma, con este grupo de estudio, influye la incorporación de retroalimentación al alumno cada vez que se equivoca. Esto permitió señalar que la retroalimentación no refleja un mejor rendimiento por tablas en los alumnos, pero si fue posible observar que los alumnos con retroalimentación pudieron avanzar en más niveles que su contra parte y la gran mayoría pudo avanzar mayor cantidad de niveles. Por último se analizaron otros aspectos como son diferencias por género y por rendimiento académico en matemáticas, donde se pudo evidenciar que los alumnos del género masculino presentan un mejor rendimiento en comparación al género femenino y los alumnos de bajo rendimiento académico de cuarto año básico mostraron un rendimiento similar a los alumnos de alto rendimiento académico.

## A. Anexo tecnologías

```
const http = require('http');

const hostname = '127.0.0.1';
const port = 3000;

const server = http.createServer((req, res) => {
  res.statusCode = 200;
  res.setHeader('Content-Type', 'text/plain');
  res.end('Hello World\n');
});

server.listen(port, hostname, () => {
  console.log(`Server running at http://${hostname}:${port}/`);
});
```

Figura A.1: Hello World en NodeJS.

```
var express = require('express');
var app = express();

app.get('/', function (req, res) {
  res.send('Hello World!');
});

app.listen(3000, function () {
  console.log('Example app listening on port 3000!');
});
```

Figura A.2: Hello World en Express.

## B. Anexo área de estudio



Figura B.1: Pisa matemáticas 2006-2012.

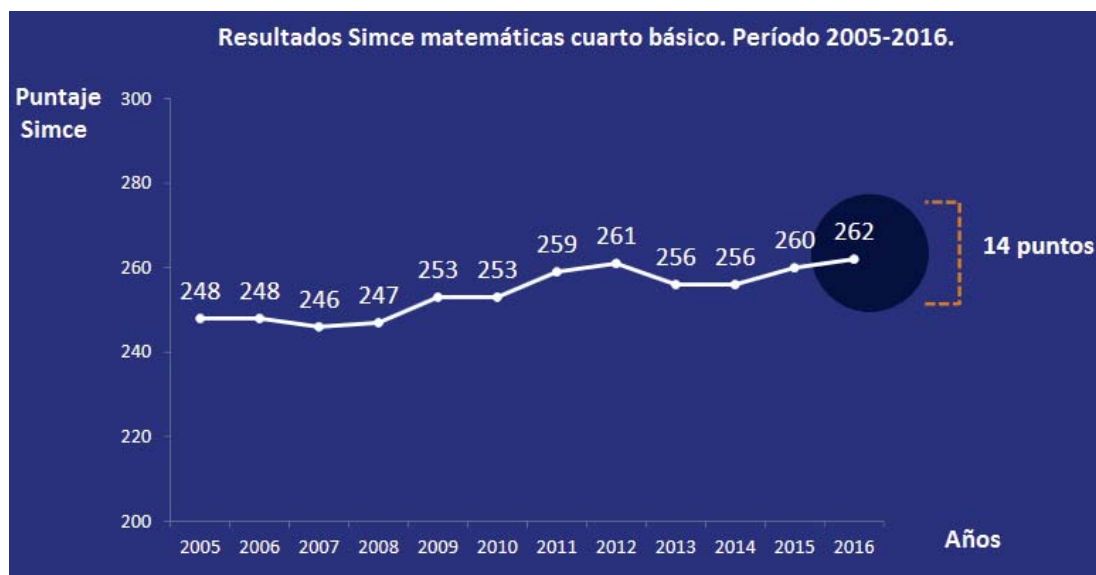


Figura B.2: Resultados Simce cuarto básico en matemáticas desde el 2005 al 2016.

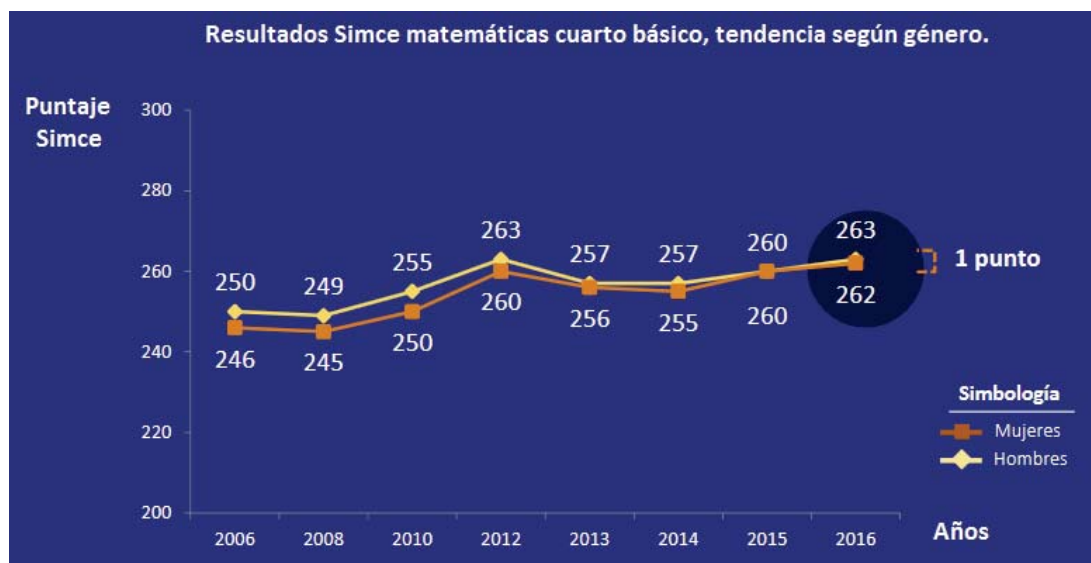


Figura B.3: Resultados Simce cuarto básico en matemáticas, tendencia según género.

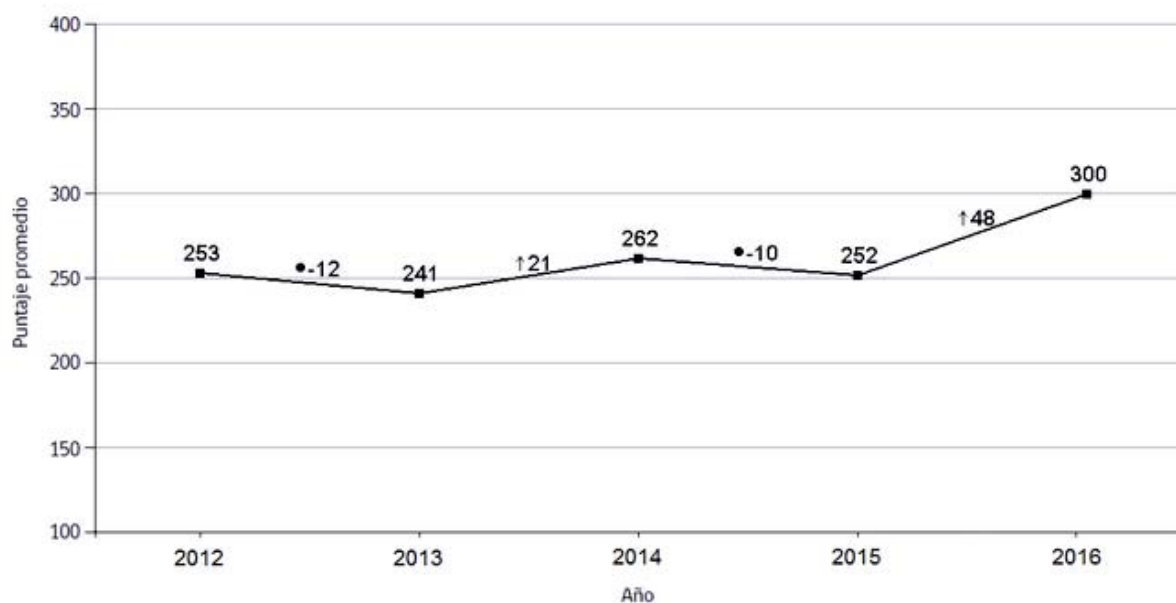


Figura B.4: Rendimiento puntajes Simce 4 año básico colegio Dr. Adriano Machado Pardo.

## C. Anexo requerimientos del sistema

## C.1. Requerimientos generales

A continuación se presentarán los requerimientos generales del proyecto.

Tabla C.1: Tabla de requerimientos generales.

ID	Nombre	Descripción
RF-01	Perfiles de usuario	<p>El sistema debe garantizar 3 niveles de usuarios, los cuales son: Administrador, Profesor y Alumno.</p> <p>De esta manera los usuarios del sistema deberán iniciar sesión mediante un formulario que debe incluir los siguientes campos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Administrador: Email y contraseña.</li><li>- Profesor: Email y contraseña.</li><li>- Alumno: Nombre del colegio, nombre del curso, número de lista y contraseña.</li></ul> <p>Ver (RF-AD-01),(RF-PR-01),(RF-AL-01).</p>
RNF-01	Herramientas de desarrollo	<p>El sistema se debe desarrollar utilizando las herramientas: Back-end y Front-end : MongoDB, Express, AngularJS y NodeJS.</p> <p>Juego: Phaser.</p>

## C.2. Requerimientos del Administrador

A continuación se presentarán los requerimientos asociados al perfil del Administrador.

Tabla C.2: Tabla de requerimientos del Administrador.

ID	Nombre	Descripción
RF-AD-01	Inicio de sesión por parte del Administrador	Se necesita que el administrador del sistema ingrese al software iniciando sesión por medio de un login. El login debe tener los siguientes campos: <ul style="list-style-type: none"><li>- Email.</li><li>- Contraseña.</li></ul>
RF-AD-02	Agregar profesores	Se necesita que el sistema permita al administrador agregar profesores al sistema, también permitir la asignación de curso al profesor. Mediante la interfaz del software.
RF-AD-03	Agregar colegios	Se necesita que el sistema permita al administrador agregar colegios, también permite agregar cursos, profesores y alumnos al colegio. Todo esto mediante la interfaz del software.
RF-AD-04	Agregar alumnos	Se necesita que el sistema permita al administrador agregar alumnos, también permitir la asignación de cursos al alumno. Todo esto mediante la interfaz del software.
RF-AD-05	Agregar cursos	Se necesita que el sistema permita al administrador agregar cursos a cada colegio. Mediante la interfaz del software.
RF-AD-06	Cerrar sesión	El sistema debe permitir al administrador poder cerrar sesión y volver a la página de bienvenida asignada.



### C.3. Requerimientos del Profesor

A continuación se presentarán los requerimientos asociados al perfil del Profesor.

Tabla C.3: Tabla de requerimientos del Profesor. Parte 1.

ID	Nombre	Descripción
RF-PR-01	Inicio de sesión por parte del Profesor	Se necesita iniciar sesión mediante el formulario. Se deben incluir los siguientes campos: <ul style="list-style-type: none"><li>- Email.</li><li>- Contraseña.</li></ul>
RF-PR-02	Administrar cursos	El sistema debe permitir al profesor administrar los cursos, pudiendo ver un listado de todos los cursos asociados a si mismo.
RF-PR-02-01	Activar y desactivar curso	Se necesita que el sistema permita al profesor activar un curso para que los alumnos puedan ingresar al juego, de la misma forma desactivar para que los alumnos no puedan ingresar al juego.
RF-PR-03	Informe por curso	El sistema debe permitir al profesor visualizar un gráfico que demuestre el estado actual del curso en las tablas de multiplicación. Dicha gráfica deberá ser porcentual en relación a las tablas que pregunte el juego.
RF-PR-04	Informe por alumno	El sistema debe permitir al profesor visualizar un gráfico que demuestre el estado actual de cada alumno según su curso. Dicha gráfica deberá ser porcentual en relación a las tablas que pregunte el juego.
RF-PR-05	Cerrar sesión	El sistema debe permitir al profesor poder cerrar sesión y volver a la página de bienvenida asignada.

## C.4. Requerimientos del Alumno

A continuación se presentarán los requerimientos asociados al perfil del Alumno.

Tabla C.4: Tabla de requerimientos del Alumno.

ID	Nombre	Descripción
RF-AL-01	Inicio de sesión por parte del alumno	Se necesita iniciar sesión mediante el formulario. Se deben incluir los siguientes campos: <ul style="list-style-type: none"><li>- Nombre del colegio.</li><li>- Nombre del curso.</li><li>- Número de lista del alumno en el curso.</li><li>- Contraseña.</li></ul>
RF-AL-02	Jugar	El alumno luego de iniciar sesión el sistema debe presentarle el escenario del juego que le enseñara y evaluará sus habilidades matemáticas. Los juegos consistirán en ejercitar las habilidades matemáticas de acuerdo a las tablas de multiplicar de cuarto año básico, los cuales serán seleccionados por el profesor. Luego de terminado el nivel del juego se le mostrará una pantalla con sus puntos(RF-AL-03).
RF-AL-03	Ver puntuación	Un Alumno debe poder ver su puntuación de acuerdo al juego que está ejecutando la cual considera: <ul style="list-style-type: none"><li>- Score (puntaje) del nivel.</li><li>- Cantidad de respuestas correctas.</li><li>- Cantidad de enemigos derrotados.</li></ul>
RF-AL-04	Cerrar sesión	El sistema debe permitir al alumno poder cerrar sesión y volver a la página de bienvenida asignada.

## D. Anexo casos de uso

## D.1. Casos de uso del administrador

A continuación se presentarán los casos de uso relacionados con el actor administrador.

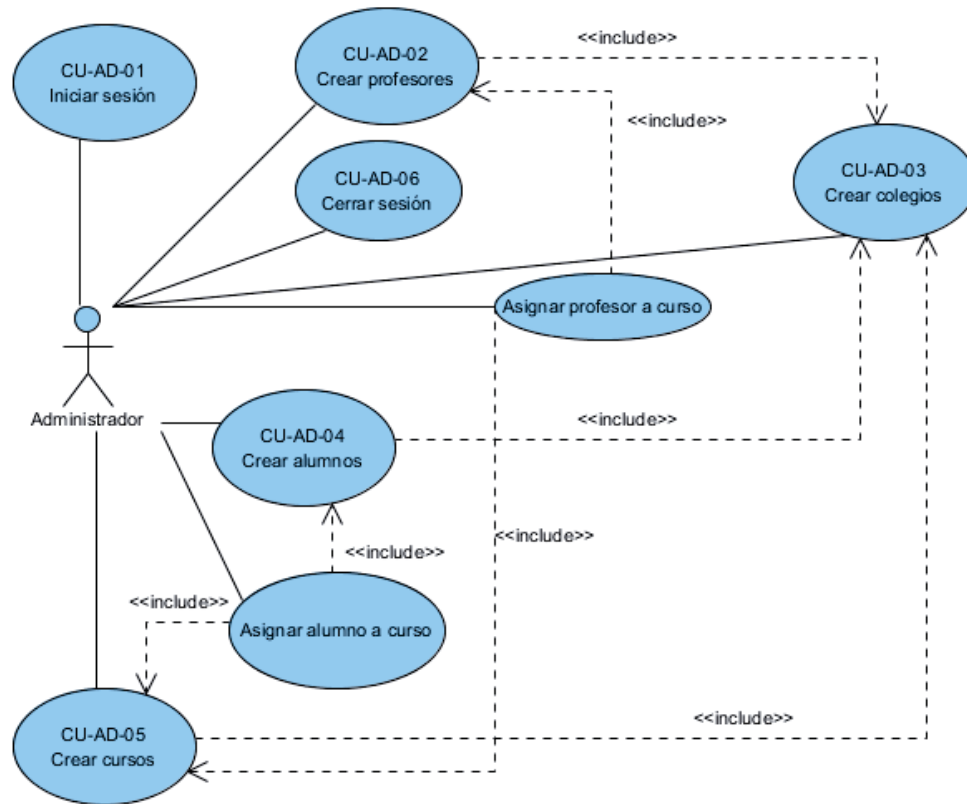


Figura D.1: Diagrama de Casos de Uso del administrador.

Como se aprecia en la figura anterior, el administrador puede administrar el sistema ya sea gestionando juegos, colegios y profesores. De esta manera el administrador asocia profesores a un colegio, además es el encargado de agregar juegos al sistema.

## D.2. Casos de uso del profesor

A continuación se presentan los casos de uso relacionados con el actor profesor.

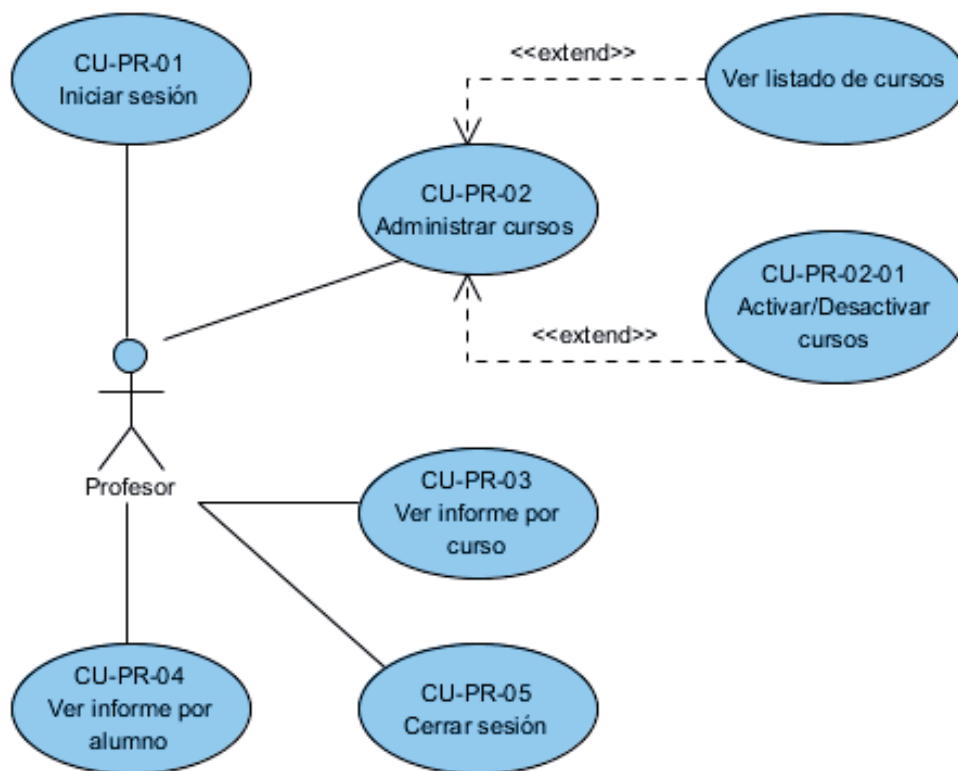


Figura D.2: Diagrama de Casos de Uso del profesor.

Como se observa en la figura, el profesor es el encargado de crear cursos y alumnos. Además es el que permite que el sistema ejecute un juego iniciando una sesión de juegos.

### D.3. Casos de uso del alumno

A continuación se presentan los casos de uso relacionados con el actor alumno.

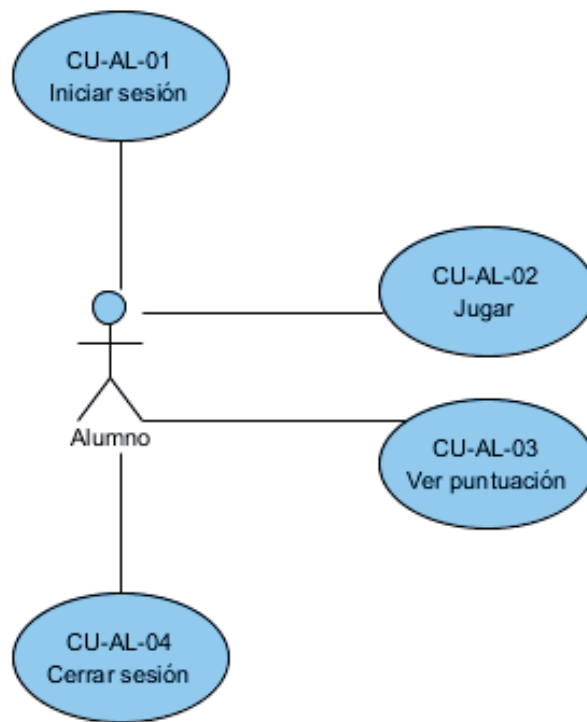


Figura D.3: Diagrama de Casos de Uso del alumno.

De forma más simple, el alumno tiene la tarea principal de usar el juego; es decir, jugar.

## E. Anexo pantallas del software



Figura E.1: Pantalla de inicio de la aplicación.

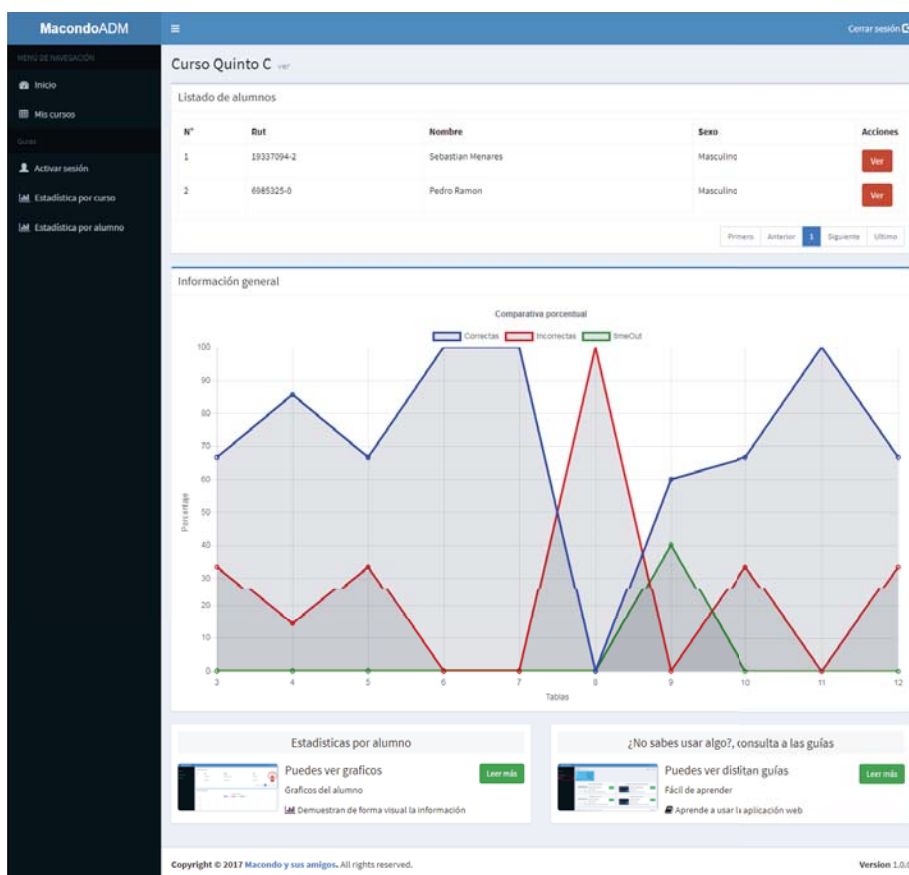


Figura E.2: Pantalla de profesor. Ver estadísticas del curso.



Figura E.3: Pantalla de inicio del juego.



Figura E.4: Pantalla de selección de niveles del juego.



Figura E.5: Pantalla dentro del juego.



## F. Anexo borrado lógico

Este tipo de procedimiento a diferencia del común borrado físico, el cual elimina permanentemente los registros, solo cambia ciertos indicadores que en este caso son los valores de ciertos atributos del objeto como lo muestra el siguiente ejemplo:

```
{
  name: "Pedro",
  is_deleted: false,
  created_date: "2012-12-11",
  deleted_date: ""
}
```

Figura F.1: Ejemplo 1 borrado lógico.

Como se puede observar en el anterior código de la figura F.1 el atributo `is_deleted` tiene valor `false`, lo que significaba que no ha sido eliminado, a su vez existe el registro de cuándo se creó y eliminó, los atributos que representan esto son `created_date` y `deleted_date` respectivamente, este último atributo queda vacío o nulo mientras no se haya borrado el objeto, en cambio `created_date` toma un valor igual al momento en el que se agregó.

```
{
  name: "Pedro",
  is_deleted: true,
  created_date: "2012-12-11",
  deleted_date: "2012-12-24"
}
```

Figura F.2: Ejemplo 2 borrado lógico.

En este caso como se muestra en la figura F.2 `is_deleted` tiene el valor `true`, lo que significa ha sido eliminado, por lo cual el atributo `deleted_date` tendrá que obtener un valor igual al momento en el que se borró.

Dado la lógica que compone la aplicación al momento hacer las operaciones básicas, como lo son agregar, mostrar y editar solo utilizará los registros los cuales tengan su atributo `is_deleted` con valor `false`. Para el caso de eliminar solo se cambiarán los atributos `is_deleted` y `deleted_date`, si se quiere realizar esta operación en un registro ya borrado no se podrá.

## Referencias

- [1] Agencia de Calidad de la educación. Última revisión: 1-Agosto-2017. URL: <http://www.agenciaeducacion.cl>.
- [2] Agencia de Calidad de la educación. *Reporte de calidad 2016*. Última revisión: 10-Agosto-2017. URL: [http://www.agenciaeducacion.cl/wp-content/uploads/2016/02/Estudio\\_Reporte\\_de\\_calidad.pdf](http://www.agenciaeducacion.cl/wp-content/uploads/2016/02/Estudio_Reporte_de_calidad.pdf).
- [3] Agencia de Calidad de la educación. *Resultados Nacionales 2016*. Última revisión: 10-Agosto-2017. URL: [http://archivos.agenciaeducacion.cl/ResultadosNacionales2016\\_.pdf](http://archivos.agenciaeducacion.cl/ResultadosNacionales2016_.pdf).
- [4] Progress Software Corporation. *NativeScript*. 2017. URL: <https://www.nativescript.org/>.
- [5] GameArt2D. *Game Art 2d*. 2017. URL: <http://www.gameart2d.com/>.
- [6] Google. *Angular*. 2017. URL: <https://angular.io/>.
- [7] Google. *AngularCLI, comando en linea para Angular*. 2016. URL: <https://cli.angular.io/>.
- [8] Node.js Foundation y Joyent. *NodeJS*. 2017. URL: <https://nodejs.org/es/>.
- [9] *Ley de Propiedad Intelectual*. Última revisión: 30-Agosto-2017. URL: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=28933>.
- [10] Photon Storm Ltd. *Phaser. Software de desarrollo de aplicaciones para escritorio y móviles*. 2017. URL: <https://phaser.io/>.
- [11] Mifuturo.cl. *Buscador de epleabilidad e ingresos*. Última revisión: 30-Agosto-2017. URL: <http://www.mifuturo.cl/index.php/futuro-laboral/buscador-por-carrera-d-institucion?tecnico=false&cmbtipos=3&cmbinstituciones=89&cmbcarreras=56/>.
- [12] Mineduc. *Bases curriculares y programas de estudios matemáticas enseñanza básica*. Última revisión: 25-Agosto-2017. URL: <http://www.curriculumenlineamineduc.cl/605/w3-propertyvalue-49395.html>.
- [13] Inc MongoDB. *MongoDB*. 2017. URL: <https://www.mongodb.com/>.
- [14] Use React Native. *React Native*. Última revisión: 30-Agosto-2017. URL: <http://www.reactnative.com/>.
- [15] Google Play. Última revisión: 25-Agosto-2017. URL: <https://play.google.com/store/apps>.
- [16] R Pressman. *Ingeniería del Software: Un enfoque práctico*. McGraw Hill, 1997.
- [17] *Protractor*. 2017. URL: <http://www.protractortest.org/#/>.
- [18] Simce. Última revisión: 14-Noviembre-2017. URL: <http://www.simce.cl/ficha2016/?lista=1&rbd=1700&establecimiento=ESCUELA+DOCTOR+ADRIANO+MACHADO+PARDO&region=0&comuna=0&nivel=0#>.

- [19] IBM StrongLoop. *Express, infraestructura web rápida, minimalista y flexible para Node.js*. 2017. URL: <http://expressjs.com>.
- [20] Corporación Municipal de Viña del Mar. Última revisión: 13-Noviembre-2017. URL: <http://www.cmvm.cl/content/educacion/sectores/n-aurora/establecimientos/dr-adriano-machado-pardo/dr-adriano-machado-pardo.php>.
- [21] Wikipedia. *EventMachine*. Última revisión: 30-Agosto-2017. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/EventMachine>.
- [22] Wikipedia. *Ionic (mobile app framework)*. Última revisión: 30-Agosto-2017. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Ionic\\_\(mobile\\_app\\_framework\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ionic_(mobile_app_framework)).
- [23] Wikipedia. *Npm*. Última revisión: 30-Agosto-2017. URL: <https://es.wikipedia.org/wiki/Npm>.
- [24] Wikipedia. *Platform game*. Última revisión: 25-Agosto-2017. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Platform\\_game](https://en.wikipedia.org/wiki/Platform_game).
- [25] Wikipedia. *Software educativo*. Última revisión: 20-Agosto-2017. URL: [https://es.wikipedia.org/wiki/Software\\_educativo](https://es.wikipedia.org/wiki/Software_educativo).
- [26] Wikipedia. *Twisted (software)*. Última revisión: 30-Agosto-2017. URL: [https://es.wikipedia.org/wiki/Twisted\\_\(software\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Twisted_(software)).
- [27] Friedel Ziegelmayer. *Karma*. 2017. URL: <https://karma-runner.github.io/1.0/index.html>.