



**Instituto Politécnico Nacional**

**Escuela Superior de Cómputo**

---

**Aplicación móvil gamificada de aritmética**  
***Trabajo Terminal No 2021-1-007***

**Ingeniería en Sistemas Computacionales**

Alumnos: \*Pineda Vieyra Itzcoatl Rodrigo, Mothelet Delgado Izaird  
Alexander

Directores: Elena Fabiola Ruiz Ledesma, Lorena Chavarría Baez  
e-mail: itzcoatlpv@gmail.com

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



ESCOM®

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
1.1. Motivación . . . . .	3
1.2. Plantamiento del Problema . . . . .	3
1.3. Objetivos . . . . .	3
1.3.1. Objetivo General . . . . .	3
1.3.2. Objetivos Específicos . . . . .	3
1.4. Estado del Arte . . . . .	4
1.5. Propuesta de Solución . . . . .	5
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>6</b>
2.1. Aritmética . . . . .	6
2.2. Gamificación . . . . .	6
<b>3. Análisis</b>	<b>6</b>
3.1. Requisitos Funcionales . . . . .	6
3.2. Requisitos No Funcionales . . . . .	7
3.3. Casos de Uso . . . . .	7
3.3.1. Tabla descriptiva de Caso de Uso 1 . . . . .	8
3.3.2. Tabla descriptiva de Caso de Uso 2 . . . . .	8
3.3.3. Tabla descriptiva de Caso de Uso 3 . . . . .	9
3.3.4. Tabla descriptiva de Caso de Uso 4 . . . . .	9
3.3.5. Tabla descriptiva de Caso de Uso 5 . . . . .	9
3.3.6. Tabla descriptiva de Caso de Uso 6 . . . . .	10
3.3.7. Tabla descriptiva de Caso de Uso 7 . . . . .	10
3.3.8. Tabla descriptiva de Caso de Uso 8 . . . . .	10
3.4. Análisis de Interfaces . . . . .	11
3.5. Análisis de la Base de Datos . . . . .	11
3.6. Análisis de Logros . . . . .	11
3.7. Tecnologías usadas . . . . .	11
3.7.1. Dart . . . . .	11
3.7.2. Flutter . . . . .	11
3.7.3. Firestore . . . . .	12

<b>4. Diseño</b>	<b>13</b>
4.1. Arquitectura general del sistema . . . . .	13
4.2. Diseño de Base de Datos . . . . .	14
4.3. Diseño de Logros . . . . .	14
4.4. Diseño de Interfaces . . . . .	14
4.5. Metodología . . . . .	22
<b>5. Implementación</b>	<b>24</b>
<b>6. Pruebas</b>	<b>33</b>
6.1. Pruebas de funcionalidad . . . . .	33
6.2. Pruebas de experiencia de usuario y de usabilidad . . . . .	36

# 1. Introducción

La intervención educativa requiere de una previa comprensión de la adquisición y desarrollo de la competencia aritmética que está en la base de todas las posteriores dificultades y trastornos del aprendizaje matemático. Hay dificultades que pueden surgir a lo largo de este proceso (desde nivel básico), lo que repercute en la resolución de ejercicios y problemas matemáticos avanzados. Por lo que el desarrollo de la destreza operatoria aritmética es fundamental para que el estudiante, tanto de nivel básico como medio superior, pueda enfrentar con éxito situaciones más complejas en el campo de la Matemática. Además, se requiere motivar al estudiante al desarrollar trabajo operatorio aritmético, ya que en ocasiones su desarrollo puede resultar monótono y aburrido. Para ayudar al desarrollo de la destreza operatoria de los estudiantes se propone una aplicación gamificada móvil que promueva la resolución de ejercicios aritméticos.

## 1.1. Motivación

La Aritmética como la Geometría son de las disciplinas matemáticas más antiguas y necesarias en la historia del género humano [1]. Su utilización funcional es requerida para las personas que participamos de esta sociedad, como medio de comunicación y comprensión de multitud de fenómenos que nos rodean, es por ello que el desarrollo de la destreza operatoria aritmética es una de las habilidades más necesitadas en la alfabetización socio instrumental. Los niveles de fracaso en el aprendizaje matemático son preocupantes, especialmente en los últimos cursos de escolaridad obligatoria (secundaria). Los resultados de estudios internacionales como el Programa Internacional para la Evaluación de Alumnos de la OCDE (PISA)[2, 3] muestran que el aprendizaje matemático es el que presenta mayor porcentaje de fracaso [4, 5]. El cálculo es un componente esencial en la resolución de problemas aritméticos, y éste es uno de los contenidos más importantes de las matemáticas, junto a la geometría, la medida o la probabilidad. Es por ello que un elevado porcentaje de las dificultades de aprendizaje de las matemáticas tiene un origen aritmético, donde el cálculo representa un papel esencial [6]. Las habilidades numéricas y aritméticas son predictores críticos del futuro éxito o fracaso académico matemático[7].

Se ha observado en declive las habilidades operatorias aritméticas de estudiantes universitarios[8, 9, 10]. El estudiante cree que podrá contar con la calculadora de su celular en todo momento, pero cuando esto no se le permite, como en los exámenes de admisión, la falta del entrenamiento del cálculo mental entorpece la solución correcta de los reactivos de dichos exámenes. Por otra parte, el no fortalecer la destreza operatoria, afecta diferentes procesos cognitivos al llegar a la edad adulta[11]. El presentar al estudiante los ejercicios de una forma rutinaria muchas veces provoca aburrimiento y desmotivación. También es fundamental la motivación y el estado emocional de los estudiantes en su desempeño académico. La motivación y estado emocional de los estudiantes es un factor clave en su desempeño académico[12, 13]. Si deseamos que los jóvenes mexicanos tengan un mejor desempeño en el área de las Matemáticas, se requiere presentarles distintas formas de aprender y practicar sus conocimientos. Para ello una estrategia de apoyo es la gamificación, la cual se empleará para incentivar a los estudiantes de educación media superior a desarrollar su destreza operatoria.

## 1.2. Plantamiento del Problema

La problemática que se pretende atacar es la necesidad de fortalecer la destreza operatoria aritmética de los estudiantes de nivel básico y medio superior [13], [14], lo cual es importante para el desarrollo del pensamiento matemático de los estudiantes.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil que apoye al estudiante de nivel básico y medio superior en la adquisición de habilidades y conocimientos elementales, para fortalecer la destreza operatoria en Aritmética, con el uso de la gamificación.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Diseñar actividades gamificadas, empleando números enteros con las 4 operaciones básicas.

- Desarrollar un módulo evaluador expresiones.
- Desarrollar un módulo de logros y mecánicas.
- Validar la aplicación móvil.

## 1.4. Estado del Arte

El trabajo realizado en torno a la gamificación en los últimos años es considerablemente extenso, siendo aplicado en diferentes ambientes, demográficas y propósitos. Para el presente documento nos enfocaremos en el trabajo relacionado a su aplicación en el ámbito matemático.

En Brazil se creó una Plataforma interactiva en linea enfocada a ayudar a estudiantes de nivel medio en sus lecciones de matemáticas y como entrenamiento para la Olimpiada Brasileña de Escuelas Públicas (Olimpiada Brasileira de Matematica das Escolas Publicas - OBMEP). El sistema permite a los alumnos resolver problemas generados aleatoriamente y divididos en tres temas principales, que son: Aritmética, Geometría y Combinatoria. El sistema pretende que el alumno resuelva un número determinado de problemas para entender los algoritmos y la lógica que hay detrás. También está vinculado con conceptos de gamificación para involucrar a los estudiantes en las actividades propuestas [14].

En un estudio canadiense propone una familia de rompecabezas que gamifican la práctica de la aritmética. Los rompecabezas se diseñan con un algoritmo evolutivo que constituye una instancia de generación automática de contenidos. Se definieron dos clases de rompecabezas: aquellos en los que la solución óptima utiliza todas las piezas y aquellos en los que la solución óptima no utiliza al menos una pieza.[15].

En el siguiente estudio se experimentó con tres tipos diferentes de actividades de aprendizaje gamificado(competitivo, colaborativo y adaptativo), en alumnos de segundo grado y de tercero que utilizaban tabletas y lecciones de aprendizaje digital para aprender matemáticas.Los niveles de rendimiento fueron significativamente más altos en una condición de gamificación que combinaba competición, narrativa y adaptabilidad con elementos de juego de rendimiento individual. Concluyen con el hecho de que la gamificación funcione o no no es el resultado de los elementos individuales del juego, sino la consecuencia de su combinación equilibrada. [16].

Un estudio argentino desarrolló una aplicación Android llamada Moravec con 150 niveles con 20 problemas cada uno, donde se requieren 15 respuestas correctas en determinado tiempo para avanzar al siguiente nivel. Concluyen que se puede motivar a los participantes a realizar un entrenamiento aritmético sustancial simplemente presentándolo en un formato gamificado [17].

A continuación se presenta una tabla de aplicaciones similares disponibles en la Appstore.

Software	Características	Precio en el mercado
Fraction Challenge	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ PVP local</li> <li>■ rondas con tiempos</li> </ul>	Gratuito con micro transacciones
$1+2=3$	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sumas y restas de enteros</li> <li>■ Tablas de liderato</li> </ul>	Gratuito
Fracciones calculadora	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Calculadora de fracciones</li> </ul>	Gratuito
Math Games	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Logros</li> <li>■ Tablas de liderato</li> <li>■ Estadísticas</li> <li>■ Tutoriales de como realizar operaciones básicas</li> </ul>	Gratuito con contenido bloqueado(se puede desbloquear haciendo un pago único)
Arithmetic Practice	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Logros</li> <li>■ Tablas de liderato</li> </ul>	Gratuito con contenido bloqueado(se puede desbloquear haciendo un pago único)
Mental Arithmetic	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ PVP local</li> <li>■ Logros</li> <li>■ Tablas de liderato</li> <li>■ Estadísticas</li> <li>■ Contenido desbloqueable</li> </ul>	Gratuito

Tabla 1: Comparación con softwares disponibles.

## 1.5. Propuesta de Solución

Con este proyecto se pretende ayudar al desarrollo de la destreza operatoria en la resolución de ejercicios aritméticos con números enteros haciendo uso de ciertos componentes de la gamificación (Logros) y mecánicas (Competición). Como futuros ingenieros en sistemas computacionales tenemos la responsabilidad de usar las habilidades para un beneficio social, por lo que deseamos unir esfuerzos para apoyar al estudiante a mejorar su destreza operatoria. Los ejercicios podrán presentarse empleando preguntas de opción múltiple según la preferencia del usuario, con la puntuación cambiando correspondientemente. Se contará con un sistema de puntuación basado en el tiempo de respuesta para medir el desempeño. Esto con el propósito de fomentar la competitividad, permitiendo al estudiante llevar un registro del progreso de su puntuación.

## 2. Marco Teórico

### 2.1. Aritmética

La aritmética es la parte de la matemática, referida a los números y a las operaciones y cálculos básicos que pueden realizarse con ellos: adición, sustracción, multiplicación y división. Su desarrollo es fruto de la madurez cognitiva del sujeto en la interacción con los objetos y la mediación de los instrumentos socioculturales de su contexto. El conocimiento de las operaciones básicas surge a partir de los aprendizajes informales y formales del conocimiento matemático. Las investigaciones cognitivas que han estudiado el desarrollo de las habilidades para el cálculo, han establecido que esta competencia requiere de la integración de una serie de esquemas protocuantitativos [8], [9] con la experiencia de contar [10]. Esas estrategias de conteo que se utilizan inicialmente para sumar y restar, se van haciendo más complejas con el uso y la práctica, ampliándose a las operaciones de multiplicar y dividir, cuya práctica las hace interiorizarse en esquemas de memoria que posibilitarán posteriormente la recuperación de hechos numéricos (desde la memoria a largo plazo semántica) para la solución de operaciones de cálculo [10]-[12].

### 2.2. Gamificación

La Gamificación es comúnmente definida como “El uso de técnicas, elementos y dinámicas propias de los juegos en contextos que no son de juego, con el fin de potenciar la motivación, así como de reforzar la conducta para solucionar un problema, mejorar la productividad, obtener un objetivo, activar el aprendizaje” [18]. Donde un juego está definido como “un sistema formal basado en reglas con un resultado variable y cuantificable, donde a los diferentes resultados se les asignan valores diferentes, el jugador se esfuerza para influir en el resultado, el jugador se siente apegado al resultado y las consecuencias de la actividad son opcionales y negociables” [19]. La gamificación emplea distintos tipos de recompensas para fomentar los comportamientos deseados. Estas recompensas pueden generalizarse con el acrónimo SAPS.

- Status, reconocimiento. Las tablas de puntuación (leaderboards) son un ejemplo.
- Acceso, ofrecen la posibilidad de acceder a un punto o a algo a lo que los otros individuos no pueden.
- Poder, ejemplo en foros donde aquellos con más puntos no tienen que pasar por la revisión.
- Cosas (Stuff), recompensas tangibles.

La gamificación ha sido explorada principalmente para su aplicación en empresas, definiendo dinámicas y estrategias que aumenten la productividad de los empleados. Sin embargo, la aplicación que nos compete es su potencial dentro de la educación. Como ya se mencionó anteriormente, la mayoría de estudios y aplicaciones han trabajado en los niveles más elementales de educación (primaria)[20]. Esto no quiere decir que no se haya intentado a niveles superiores o que hayan fracasado [21, 22, 23], incluso se ha usado en carreras afines a la de Ingeniería a Sistemas Computacionales [24]. Sin importar el nivel académico, si se cuenta con un buen diseño, la gamificación puede resultar una estrategia muy útil. Los elementos de gamificación que se busca integrar a este Trabajo Terminal, son: Tablas de liderato. Sistema de puntuación. Logros. Dichos elementos son algunos de los más comunes y que han demostrado impactan la motivación de los estudiantes en los estudios revisados [21, 22, 24, 23]

## 3. Análisis

### 3.1. Requisitos Funcionales

1. El sistema permitirá el registro de usuarios, este se realizará por medio de un correo electrónico y contraseña válidos.
2. El sistema permitirá el ingreso de un usuario al sistema mediante un correo y contraseña previamente registrados.
3. El sistema permitirá el registro y acceso mediante una cuenta de Google.
4. El sistema contará con un modo de juego infinito, un modo por tiempo y un modo de jugador contra jugador local.

5. El sistema permitirá a los usuarios elegir que tipo de operaciones realizar así como la dificultad.
6. Los administradores podrán añadir plantillas con los respectivos valores que se usarán.

### 3.2. Requisitos No Funcionales

1. La aplicación no deberá exceder 2 GB de almacenamiento
2. La aplicación deberá ser compatible con Android 8.1 en adelante
3. Los ejercicios deberán generarse en menos de 2 segundos
4. La aplicación podrá ser usada por cualquier usuario con al menos 10 minutos de instrucción
5. Se requerirá conexión a internet.
6. La aplicación contará con escalabilidad para otros temas.
7. Las interfaces deberán estar optimizadas para dispositivos móviles.

### 3.3. Casos de Uso

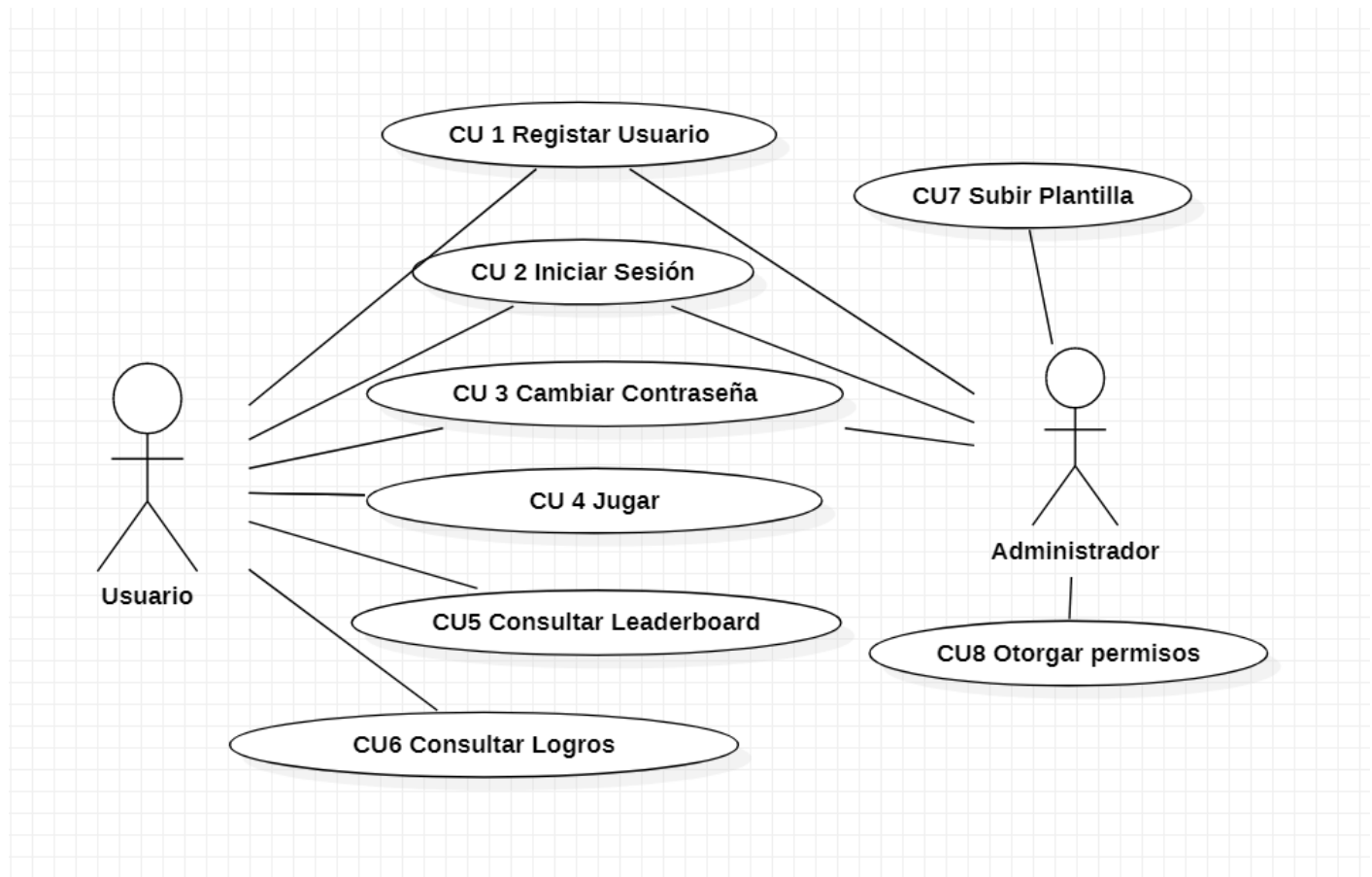


Figura 1: Diagrama de Casos de Uso



### 3.3.1. Tabla descriptiva de Caso de Uso 1

Caso de Uso	CU1 Registrar Usuario
Versión	1.1
Autor(es)	Itzcoatl Rodrigo Pineda Vieyra
Revisor	Izaird Alexander Mothelet Delgado
Actor(es)	Usuario Final
Entradas	correo electrónico, contraseña, Cuenta de Google
Salidas	Cuenta de usuario creada
Pre-condiciones	Instalar y abrir la aplicación
Post-condiciones	Cuenta de usuario creada
Mensajes	MSN1: "Ingrese un texto válido" MSN2: "Bienvenido"
Fuente	RF1,RF3
Trayectoria	<p>Trayectoria A (principal)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario seleccionará la opción de registrarse.</li> <li>2. Se ingresarán los datos correspondientes.</li> <li>3. Se creará correctamente la cuenta del usuario</li> <li>4. Se envía un correo de confirmación al email proporcionado</li> </ol> <p>Trayectoria B</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario seleccionará la opción de registrarse.</li> <li>2. Se proporcionará una cuenta de Google</li> <li>3. Se confirma y se dan los permisos correspondientes.</li> <li>4 Se creará correctamente la cuenta del usuario.</li> </ol>

### 3.3.2. Tabla descriptiva de Caso de Uso 2

Caso de Uso	CU2 Iniciar Sesión
Versión	1.1
Autor(es)	Itzcoatl Rodrigo Pineda Vieyra
Revisor	Izaird Alexander Mothelet Delgado
Actor(es)	Usuario Final Administrador
Entradas	Correo electrónico, contraseña Cuenta de Google
Salidas	Sesión de usuario
Pre-condiciones	Instalar y abrir la aplicación
Post-condiciones	Sesión iniciada
Mensajes	MSN1: "Ingrese un texto válido" MSN2: "Bienvenido"
Fuente	RF2,RF3
Trayectoria	<p>Trayectoria A (principal)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario ingresa sus credenciales (correo y contraseña).</li> <li>2. Se valida si existen coincidencias de las credenciales proporcionadas</li> <li>3. Se inicia sesión o se despliega un mensaje de error.</li> </ol> <p>Trayectoria B</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario seleccionará la opción de registrarse.</li> <li>2. Se proporcionará una cuenta de Google</li> <li>3. Se inicia sesión.</li> </ol>

### 3.3.3. Tabla descriptiva de Caso de Uso 3

Caso de Uso	CU3 Cambiar Contraseña
Versión	1.1
Autor(es)	Itzcoatl Rodrigo Pineda Vieyra
Revisor	Izaird Alexander Mothelet Delgado
Actor(es)	Usuario Final
Entradas	Correo y contraseña nueva
Salidas	Cuenta con contraseña nueva
Pre-condiciones	Iniciar Sesión
Post-condiciones	
Mensajes	MSN1: "Se envió el correo para reestablecer contraseña" MSN2: "Bienvenido"
Fuente	RF4
Trayectoria	1. El usuario selecciona el Modo Infinito del menú lateral 2. El usuario responde las preguntas 3. El usuario comete 3 errores o presiona el botón de regreso, terminando el juego.

### 3.3.4. Tabla descriptiva de Caso de Uso 4

Caso de Uso	CU4 Jugar
Versión	1.1
Autor(es)	Itzcoatl Rodrigo Pineda Vieyra
Revisor	Izaird Alexander Mothelet Delgado
Actor(es)	Usuario Final
Entradas	Respuesta, modo de juego, operación, dificultad
Salidas	Puntuación
Pre-condiciones	Iniciar Sesión
Post-condiciones	Puntuación
Mensajes Fuente	RF4, RF5
Trayectoria	1. El usuario selecciona Juegos del menú lateral o de la pantalla principal 2. El usuario selecciona el modo de juego, el tipo de operaciones y la dificultad. 3. El usuario responde las preguntas 4. Al completar la ronda de preguntas o cometer 3 errores en caso del modo infinito, termina 5. Se informa al usuario de su puntuación y se registra en el leaderboard

### 3.3.5. Tabla descriptiva de Caso de Uso 5

Caso de Uso	CU5 Consultar Leaderboard
Versión	1.1
Autor(es)	Itzcoatl Rodrigo Pineda Vieyra
Revisor	Izaird Alexander Mothelet Delgado
Actor(es)	Usuario Final
Entradas	Modo de juego, operación
Salidas	Leaderboard
Pre-condiciones	Iniciar Sesión
Post-condiciones	
Mensajes Fuente	
Trayectoria	1. El usuario selecciona Leaderboards del menú lateral o de la pantalla principal 2. El usuario selecciona el modo de juego, el tipo de operaciones. 3. El usuario responde las preguntas 4. Se despliega el leaderboard correspondiente

### 3.3.6. Tabla descriptiva de Caso de Uso 6

Caso de Uso	CU6 Consultar Logros
Versión	1.1
Autor(es)	Itzcoatl Rodrigo Pineda Vieyra
Revisor	Izaird Alexander Mothelet Delgado
Actor(es)	Usuario Final
Entradas	Modo de juego, operacion
Salidas	Leaderboard
Pre-condiciones	Iniciar Sesión,
Post-condiciones	
Mensajes Fuente	
Trayectoria	1. El usuario selecciona Logros del menu lateral o de la pantalla principal 2. Se despliega la lista de logros

### 3.3.7. Tabla descriptiva de Caso de Uso 7

Caso de Uso	CU7 Subir Plantilla
Versión	1.1
Autor(es)	Izaird Alexander Mothelet Delgado
Revisor	Itzcoatl Rodrigo Pineda Vieyra
Actor(es)	Administrador
Entradas	Plantilla, valores
Salidas	Leaderboard
Pre-condiciones	Iniciar Sesión
Post-condiciones	Plantilla en Base de Datos
Mensajes Fuente	
Trayectoria	1. El administrador selecciona Plantillas del menu lateral o de la pantalla principal 2. Se despliega la lista de plantillas 3. Se presiona el botón de + para agregar plantilla 4. Se rellenan los campos de plantilla y valores respectivos a cada dificultad

### 3.3.8. Tabla descriptiva de Caso de Uso 8

Caso de Uso	CU7 Otorgar permisos
Versión	1.1
Autor(es)	Itzcoatl Rodrigo Pineda Vieyra
Revisor	Izaird Alexander Mothelet Delgado
Actor(es)	Administrador
Entradas	Plantilla, valores
Salidas	1
Pre-condiciones	Iniciar Sesión
Post-condiciones	Usuario con permisos de adminitrador
Mensajes Fuente	
Trayectoria	1. El administrador selecciona Usuarios del menu lateral o de la pantalla principal 2. Se despliega la lista de usuarios 3. Se selecciona el usuario al que se desea otorgar o revocar permisos 4. Se checa la checkbox para otorgar permisos 5. Se selecciona la paloma para confirmar

### 3.4. Análisis de Interfaces

Las interfaces deberán ser optimizadas para dispositivos móviles. Deberá considerarse la capacidad touch de dichos dispositivos. La primera pantalla será para Iniciar sesión por medio del correo y contraseña junto con un botón para registrarse. La pantalla de registro solicitará el correo, contraseña y confirmación de la contraseña. Se deberá contar con botones para acceder al perfil de usuario, leaderboards y logros en una barra de navegación, esta puede ser horizontal o vertical. La pantalla de ejercicios mostrará la puntuación en todo momento en una esquina y el número de respuestas correctas consecutivas junto un icono. En caso de haber tiempo para responder a una pregunta habrá una barra horizontal en la parte superior la cual irá desapareciendo conforme transcurre el tiempo asignado al usuario para dar respuesta a la pregunta, la cual irá desapareciendo de derecha a izquierda.

### 3.5. Análisis de la Base de Datos

Para desarrollar esta aplicación se cuenta con una entidad Usuario con campos correo (llave primaria) y contraseña, con el correo como identificador de la entidad, pues no se permiten correos duplicados. Los Logros y leaderboards son manejados por el servicio externo de Google Play Juegos por lo cual no se incluyen en nuestra base de datos.

### 3.6. Análisis de Logros

Los logros son una manera de incentivar al jugador a cumplir ciertas metas, se decidió enfocarnos en pocos logros pero con un nivel de dificultad medio a difícil por recomendación del siguiente estudio [25]. Los logros se desbloquearán automáticamente al llegar a cierta puntuación, racha, o responder rápido. Al completar todos los logros el progreso no se reestablecerá.

### 3.7. Tecnologías usadas

#### 3.7.1. Dart

Dart es un lenguaje optimizado para el cliente que permite desarrollar aplicaciones rápidas en cualquier plataforma. Su objetivo es ofrecer el lenguaje de programación más productivo para el desarrollo multiplataforma, junto con una plataforma de ejecución flexible para marcos de aplicaciones.

Uno de los principales beneficios de usar Dart es su compilación AOT (Ahead-of-Time). AOT permite la capacidad de compilar código en código de máquina nativo. Como resultado, esto permite a los archivos binarios la capacidad de ejecutarse de forma nativa.

Además de ser muy flexible, fácil de usar y altamente compatible con Javascript, Dart permite que un programa se ejecute incluso si hay errores en otros lugares de la compilación. Esto permite a los desarrolladores la facilidad de edición ya que pueden probar sólo una pequeña sección del código sin importar si el resto de la aplicación está completa o no.

Dart es un lenguaje rápido. Casi siempre compila más rápido, utilizando un compilador fuente a fuente. Puede esperar que tenga una interfaz de usuario más eficiente que muchos de los otros lenguajes principales.

#### 3.7.2. Flutter

Flutter es un kit de herramientas de interfaz de usuario portátil para crear aplicaciones de tipo nativo en móviles, web y escritorio, a partir de una única base de código. Utiliza el lenguaje de programación Dart e incorpora Material Design y los widgets de Cupertino. Los desarrolladores de Flutter pueden crear una interfaz de usuario espectacular que se ve y se siente nativa. Se comporta de forma natural en cualquier plataforma, a pesar de que está utilizando una sola base de código.

Flutter es el único framework con un SDK para móviles que proporciona un estilo responsive sin utilizar un puente Javascript, alcanzando así un nivel de rendimiento que rivaliza con su primo y competidor directo React Native. Se

integra fácilmente con las diferentes plataformas como Android, IOS y Linux, MAC, Windows y aplicaciones de Google Fuchsia.

### **3.7.3. Firestore**

Firebase es un Backend-as-a-Service (Baas). Proporciona a los desarrolladores una variedad de herramientas y servicios para ayudarles a desarrollar aplicaciones de calidad. Está construido sobre la infraestructura de Google.

Firebase está categorizado como un programa de base de datos NoSQL, que almacena datos en documentos tipo JSON.

Firebase auth tiene un sistema de autenticación de correo electrónico/contraseña incorporado. También soporta OAuth2 para Google, Facebook, Twitter y GitHub.

## 4. Diseño

### 4.1. Arquitectura general del sistema

La arquitectura se compone de 4 subsistemas (ver figura 2). El primer subsistema es el de Registro e inicio de sesión y es el encargado de dar de alta y permitir el acceso a los usuarios ya registrados. El segundo subsistema corresponde a los módulos que interactúan con el usuario, estos son el módulo de ejercicios, encargado de proporcionar ejercicios al usuario, y el módulo evaluador de logros y mecánicas, el cual se encarga de llevar el registro de la puntuación, logros y niveles. El Subsistema de administrador incluye los módulos generador de problemas y evaluador de expresiones, los cuales se usan para generar los ejercicios para el usuario. También se incluye un módulo de actualización y consulta de dichos ejercicios. El último subsistema es el de estadísticas y progreso, el cual lleva el registro de los logros globales del usuario.

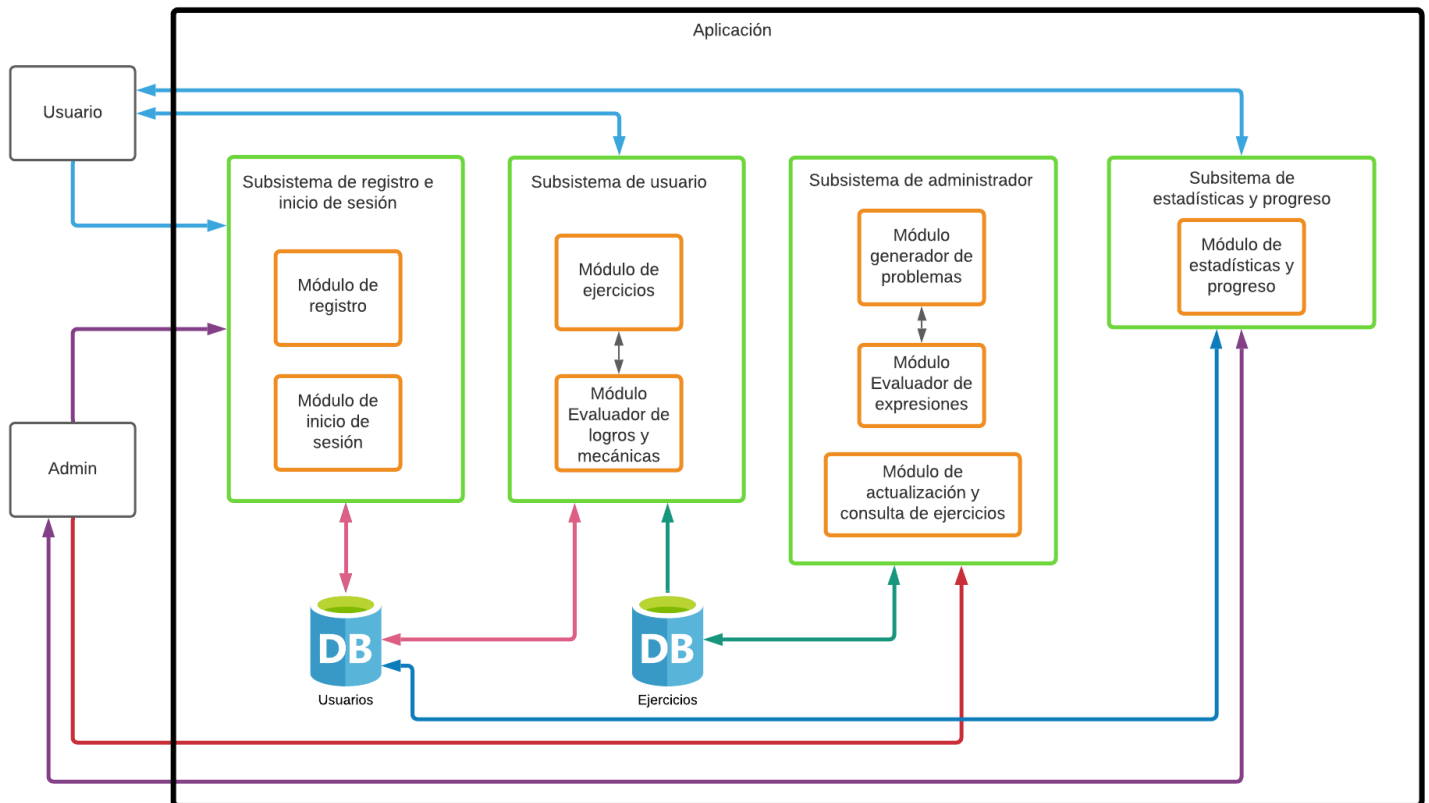


Figura 2: Arquitectura

## 4.2. Diseño de Base de Datos

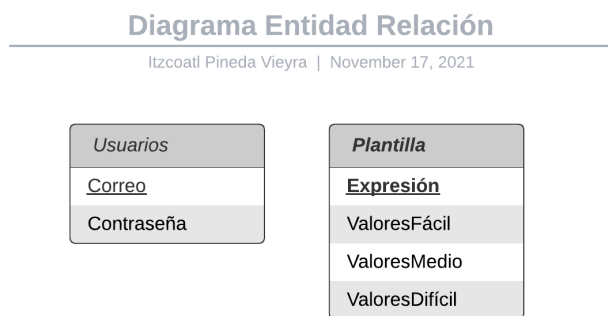


Figura 3: Diagrama entidad relación

## 4.3. Diseño de Logros

Los logros que se incluyeron fueron los siguientes.

Logro	Descripción
Inspirado	Consigue una racha de al menos 5 en el modo Infinito
Asendido	Consigue una racha de al menos 10 respuestas correctas en el modo Infinito
Perfeccionista	Responde correctamente todas las preguntas en una ronda del modo Clásico
Ágil	En el modo Clásico, termina una partida en menos de 3 minutos con al menos 7 respuestas correctas.
Veloz	En el modo Clásico, termina una partida en menos de 2 minutos con al menos 7 respuestas correctas.
Sub60s	En el modo Clásico, termina una partida en menos de 1 minuto con al menos 7 respuestas correctas.
Académico	Consigue una puntuación de al menos 2,500 en el modo Clásico, dificultad Fácil
Estudioso	Consigue una puntuación de al menos 5,000 en el modo Clásico, dificultad Medio
Erudito	Consigue una puntuación de al menos 10,000 en el modo Clásico, dificultad Difícil

Tabla 2: Tabla de Logros

## 4.4. Diseño de Interfaces

En este apartado se presentarán los diseños de las interfaces previamente descritas.



Figura 4: Registro





Figura 5: Login



Figura 6: Administrador

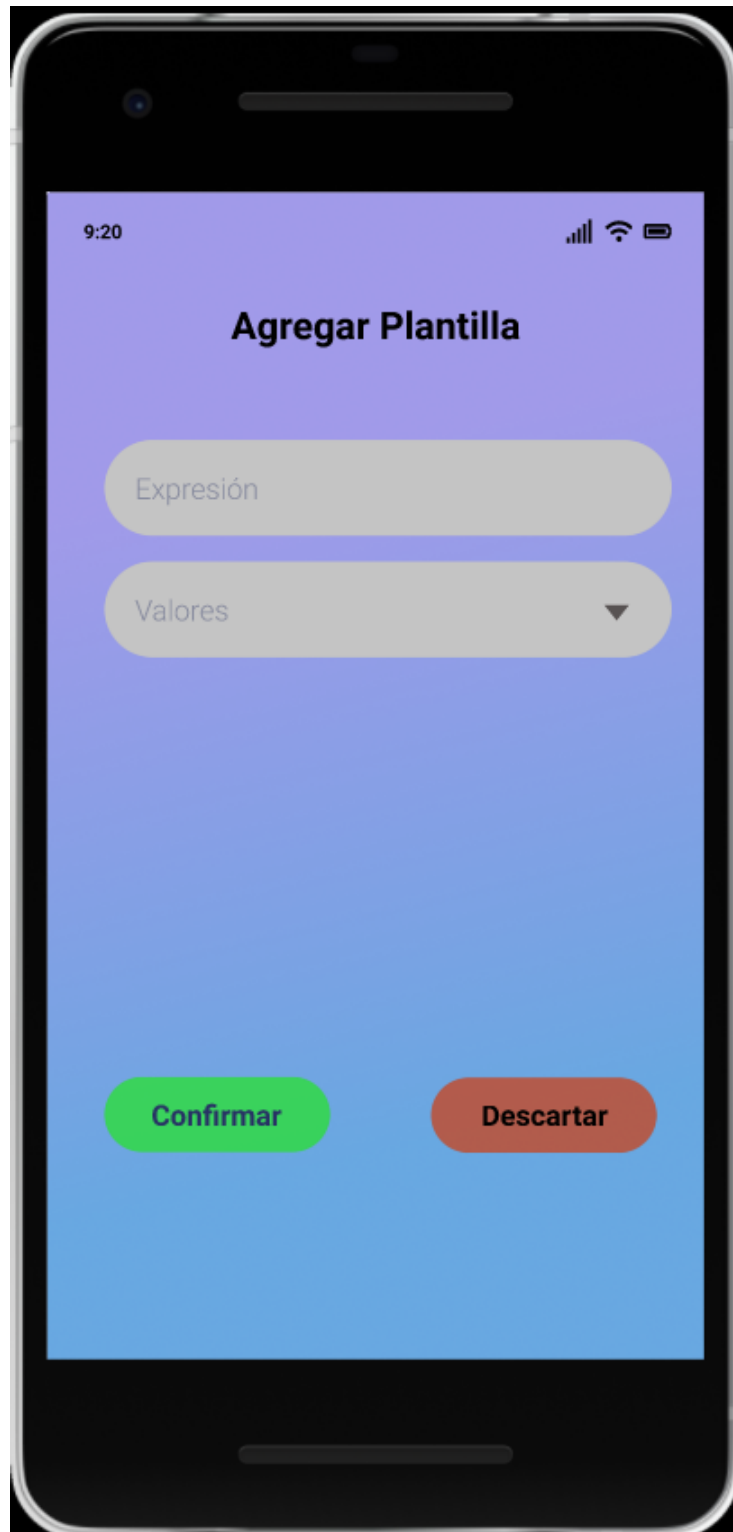


Figura 7: Plantillas



Figura 8: Selección de tema

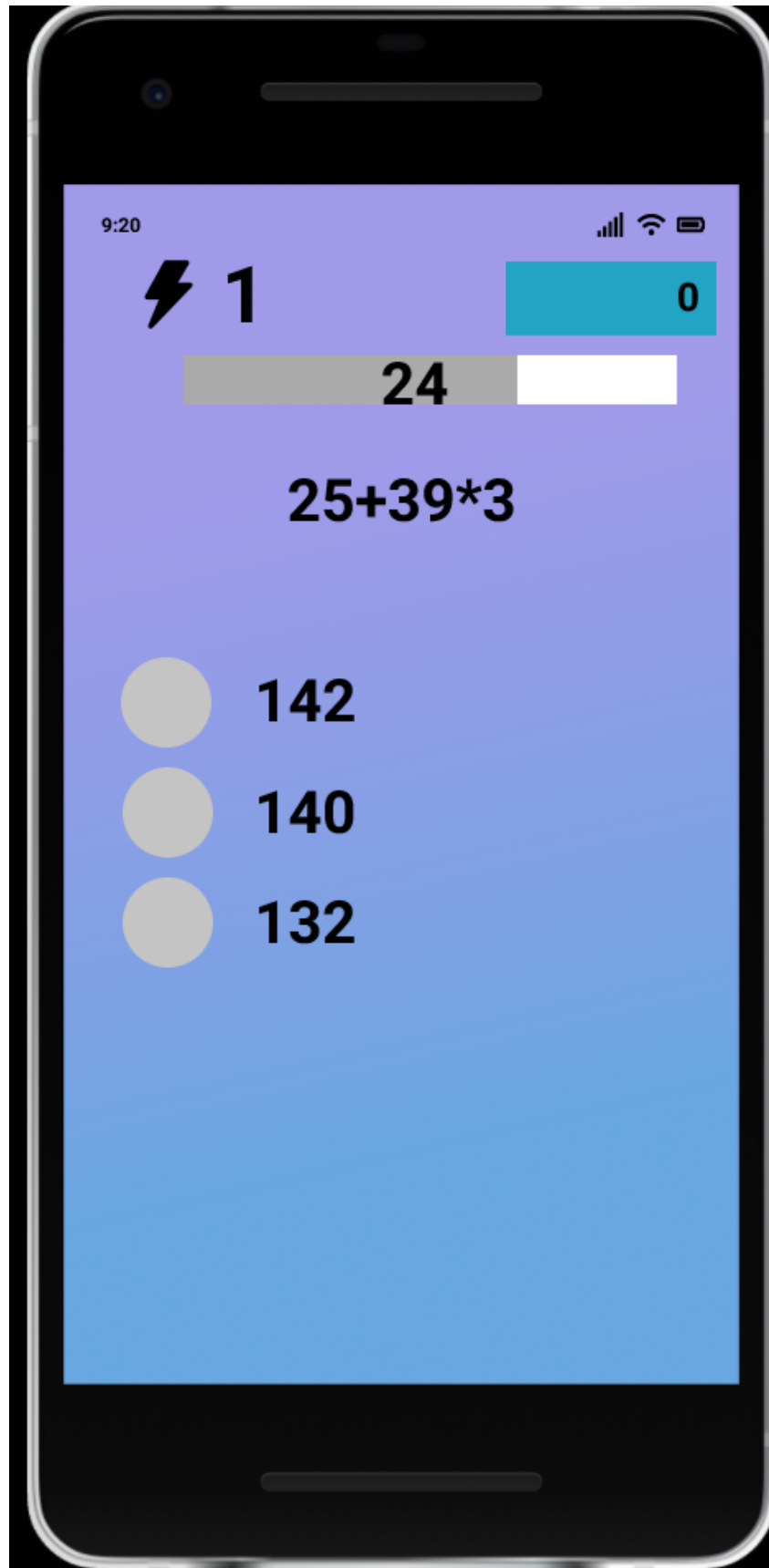


Figura 9: Ejemplo



Figura 10: Leaderboard



Figura 11: Logros

#### 4.5. Metodología

La metodología que se ha elegido para el desarrollo de este proyecto es Feature planning [26], también conocida como Feature Driven Development F.D.D Esta metodología iterativa orientada a objetos, consistente en planear la estructura general del proyecto, realizar una lista de características, planear y finalmente construir cada una de ellas. En nuestro caso podemos ver cada característica como un tema y ciertas funcionalidades adicionales que deseamos integrar. Para

garantizar la variedad de ejercicios se pretende usar técnicas de generación por procedimientos.

La lista de características sería la siguiente:

1. Sistema de puntuación.
2. Ejercicios de Aritmética.
  - a)* Adición
  - b)* Sustracción.
  - c)* Multiplicación.
  - d)* División.
3. Evaluador de expresiones.
4. Niveles de dificultades.
5. Leaderboards.
6. Estadísticas del jugador.



## 5. Implementación

El subsistema de registro e ingreso fue implementado con Firebase

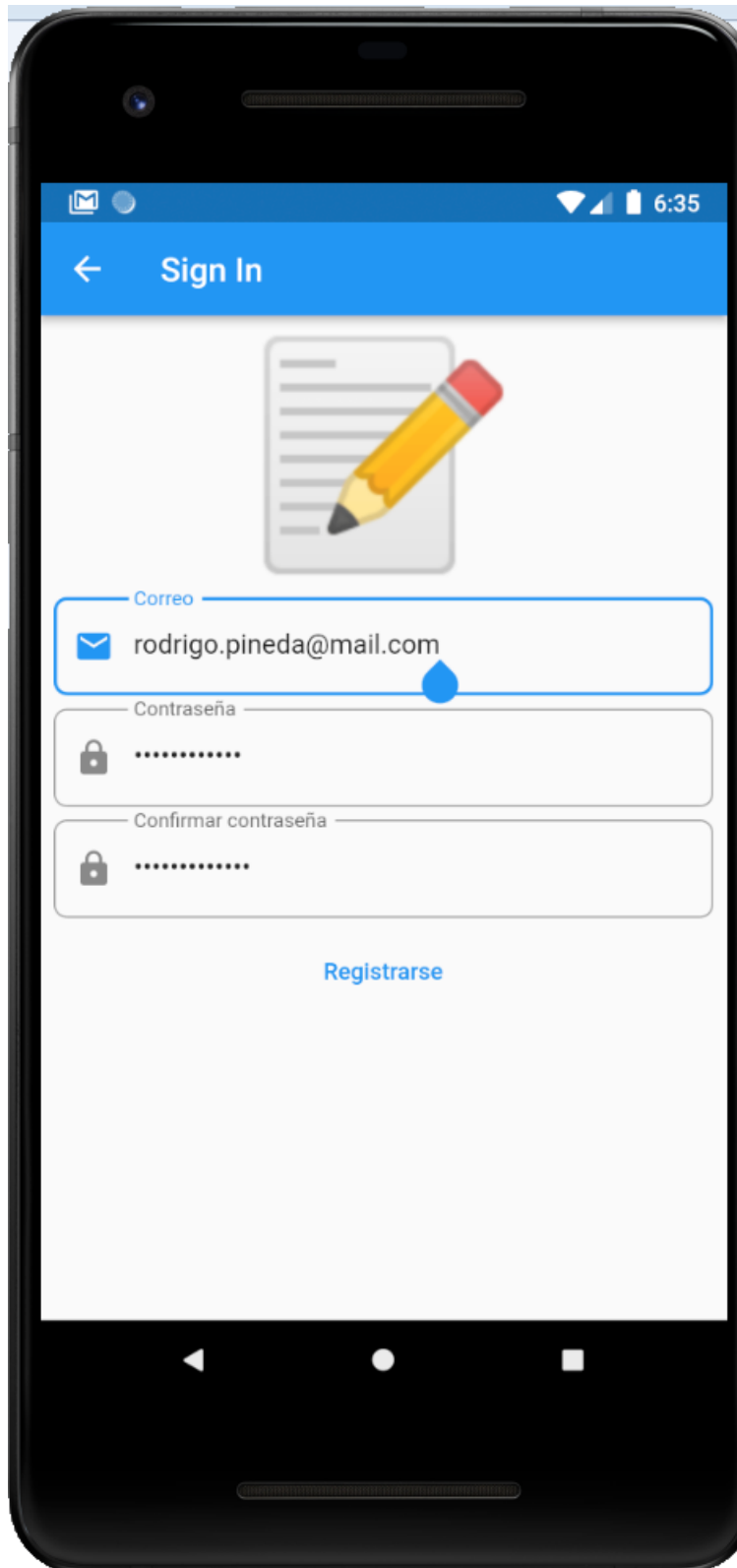


Figura 12: Implementación Registro

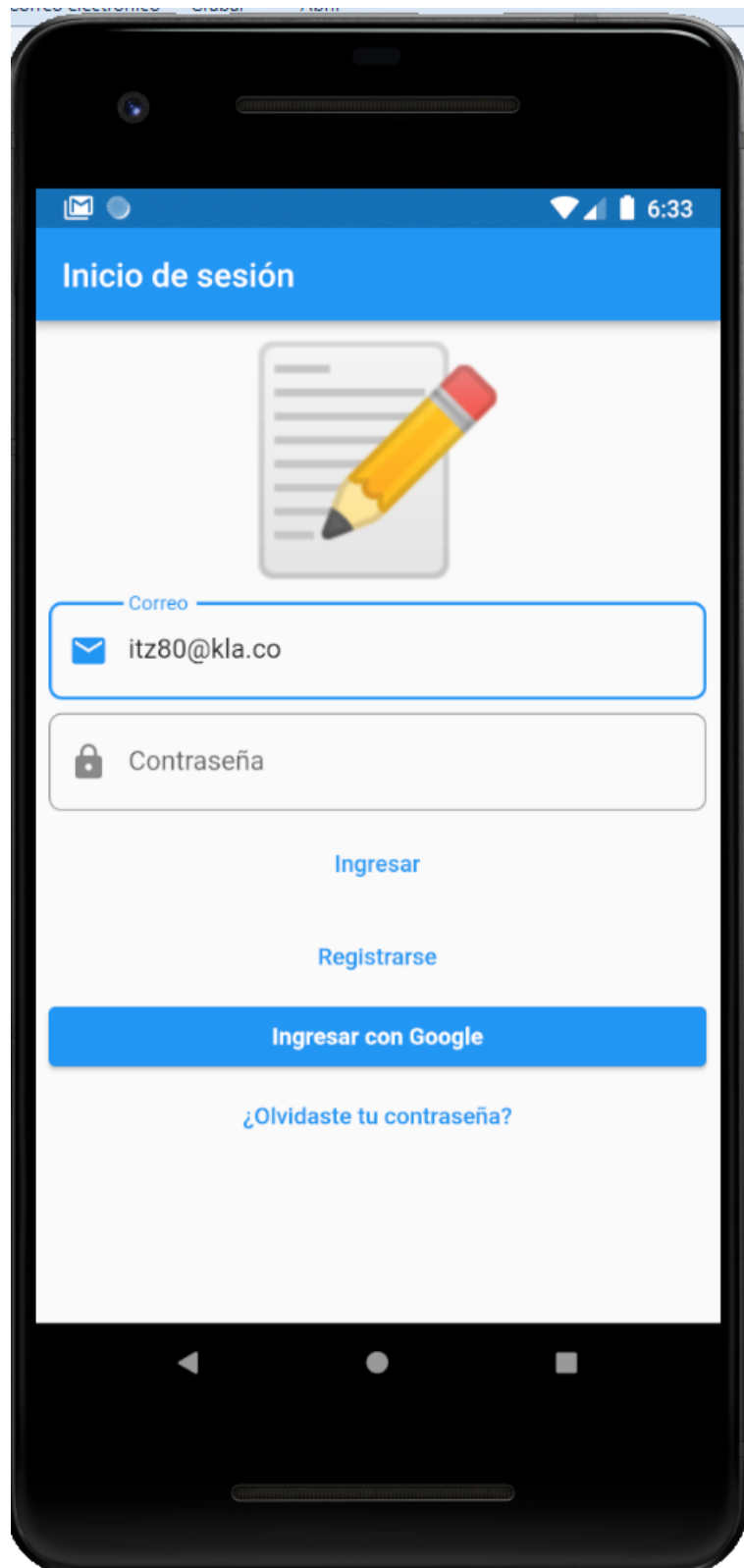


Figura 13: Implementación de Login

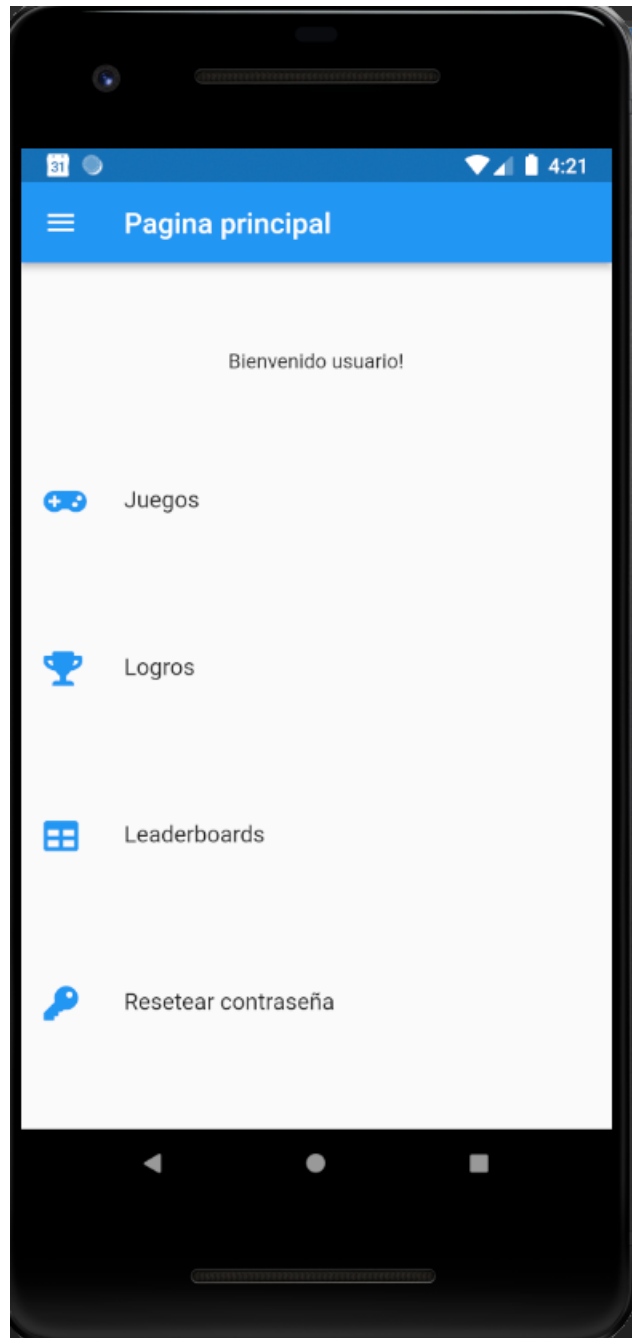


Figura 14: Pantalla Principal de Usuario

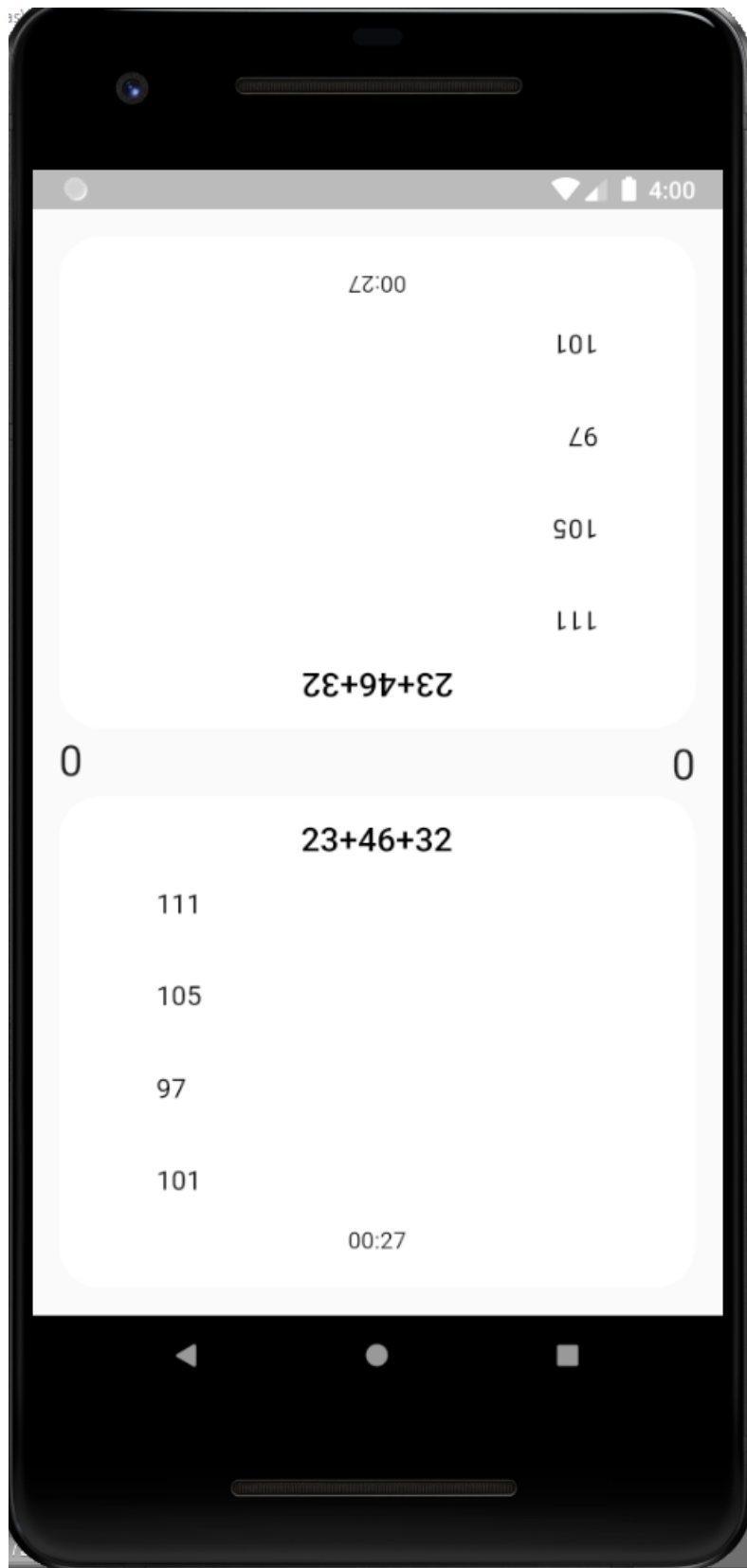


Figura 15: Implementación de modo jugador contra jugador

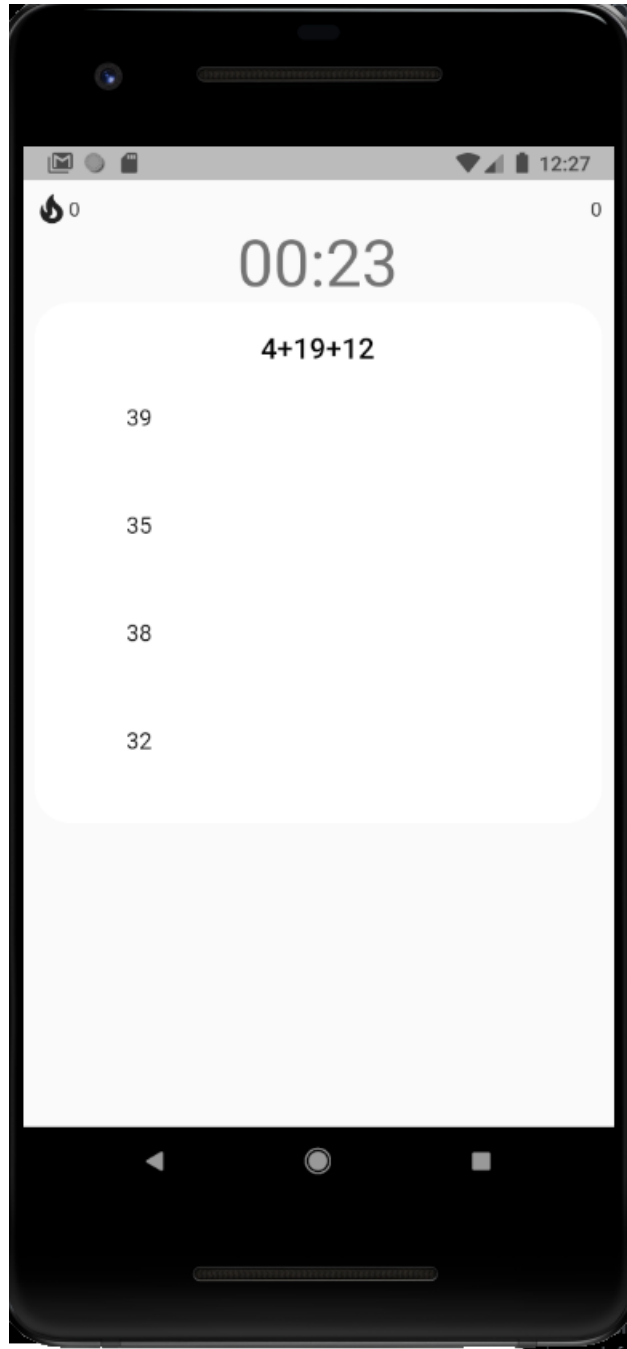


Figura 16: Implementación de modo infinito

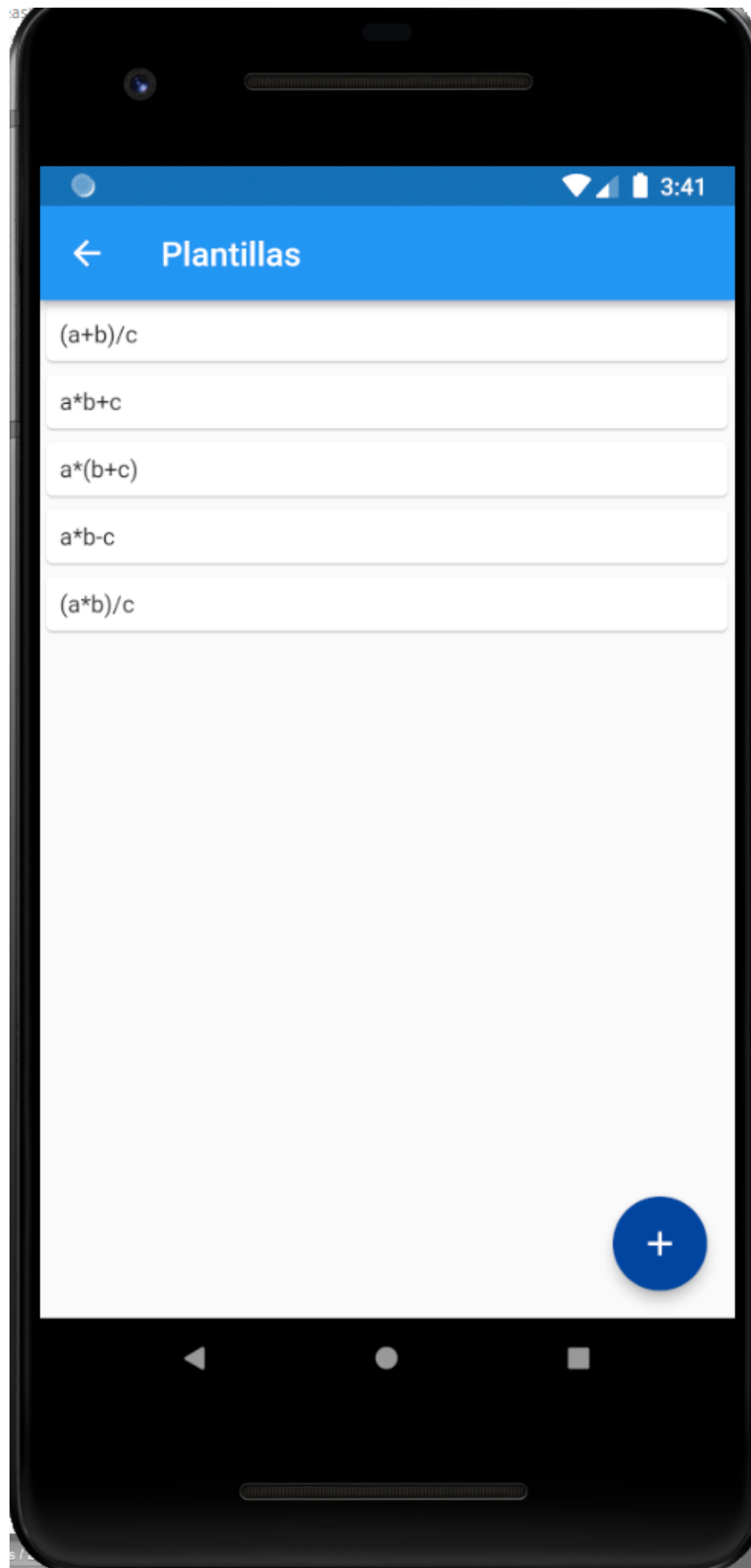


Figura 17: Implementación de Plantillas

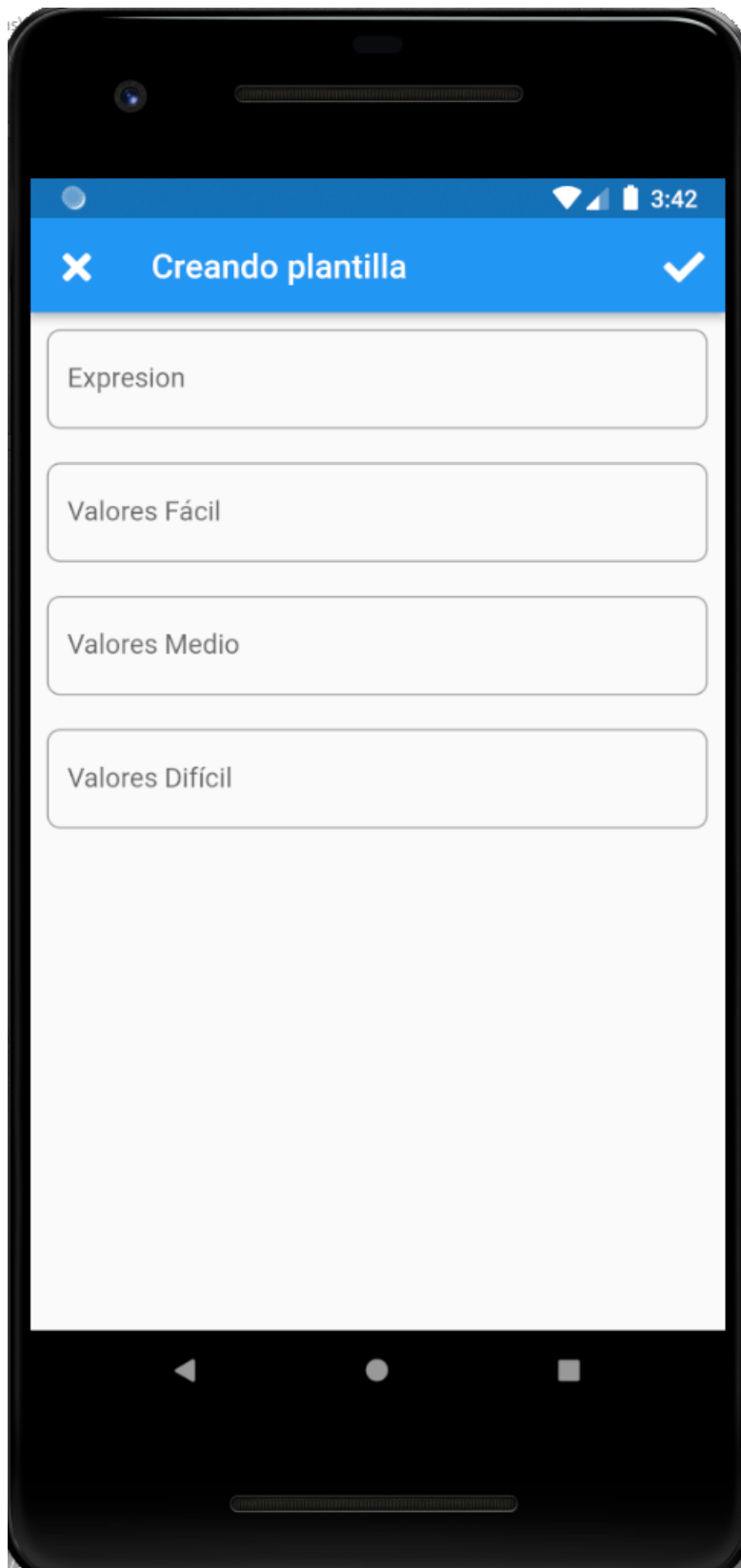


Figura 18: Implementación de Plantillas

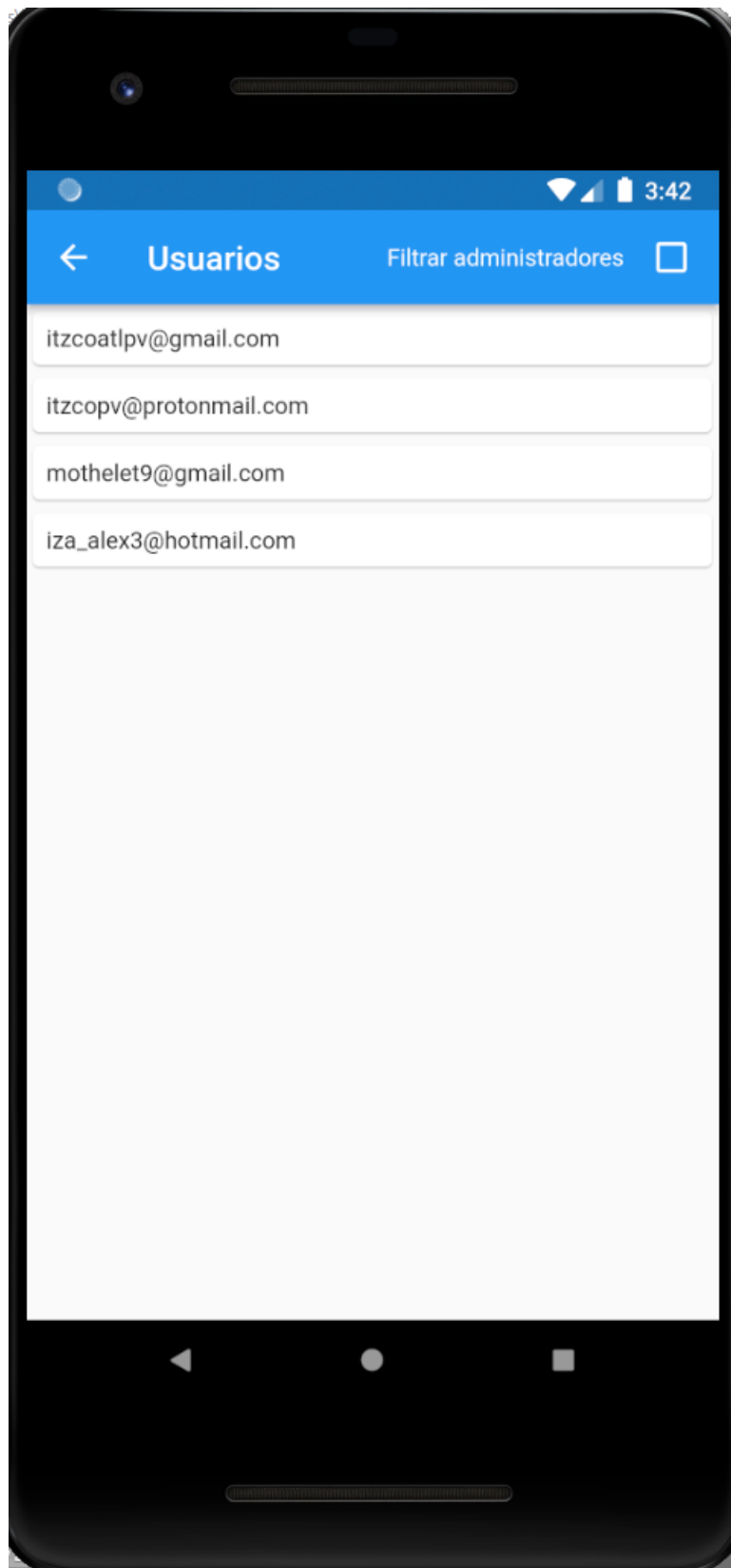


Figura 19: Implementación de Usuarios





Figura 20: Implementación de Logros

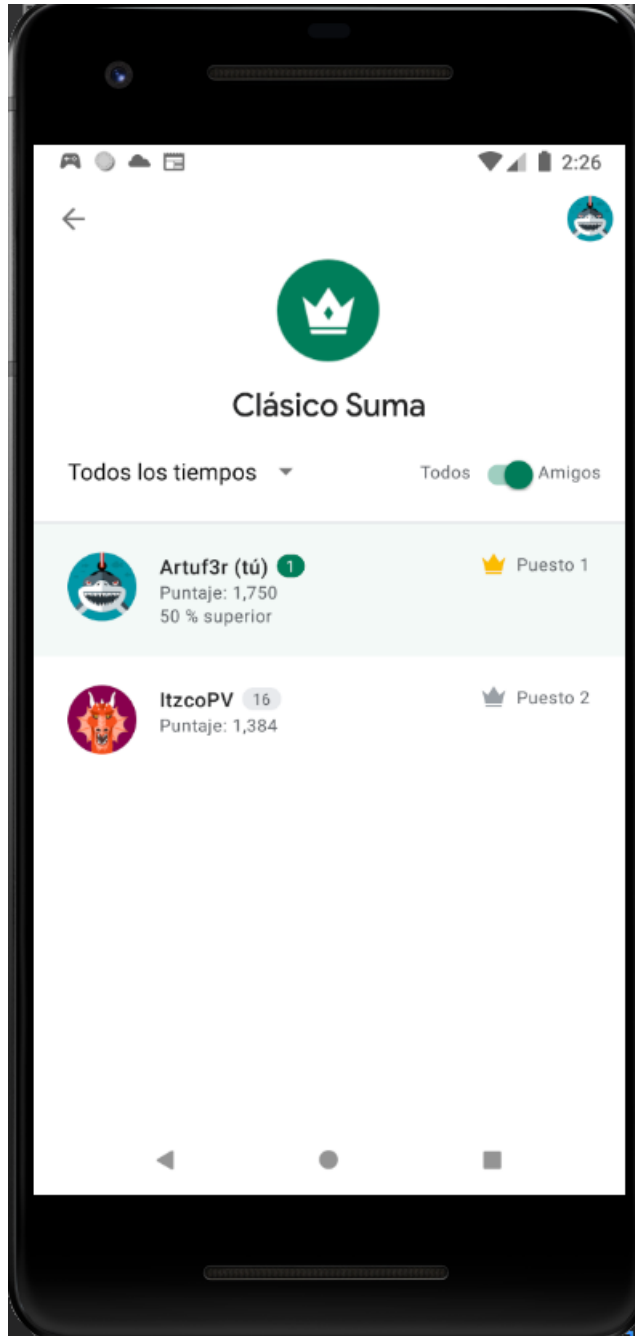


Figura 21: Implementación de Leaderboards

## 6. Pruebas

En esta sección se reportan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a la aplicación.

Las primeras pruebas fueron las correspondientes a la funcionalidad del sistema y un segundo tipo de pruebas efectuadas fueron las de experiencia de usuario y las de usabilidad.

### 6.1. Pruebas de funcionalidad

Se validó el correo con una expresión regular. Algunos ejemplos de correos validos

- itz80@kla.co
- itz!&\*%^7@protonmail.net
- 1A!e@protonmail.com

Se valido la capacidad de desbloquear logros

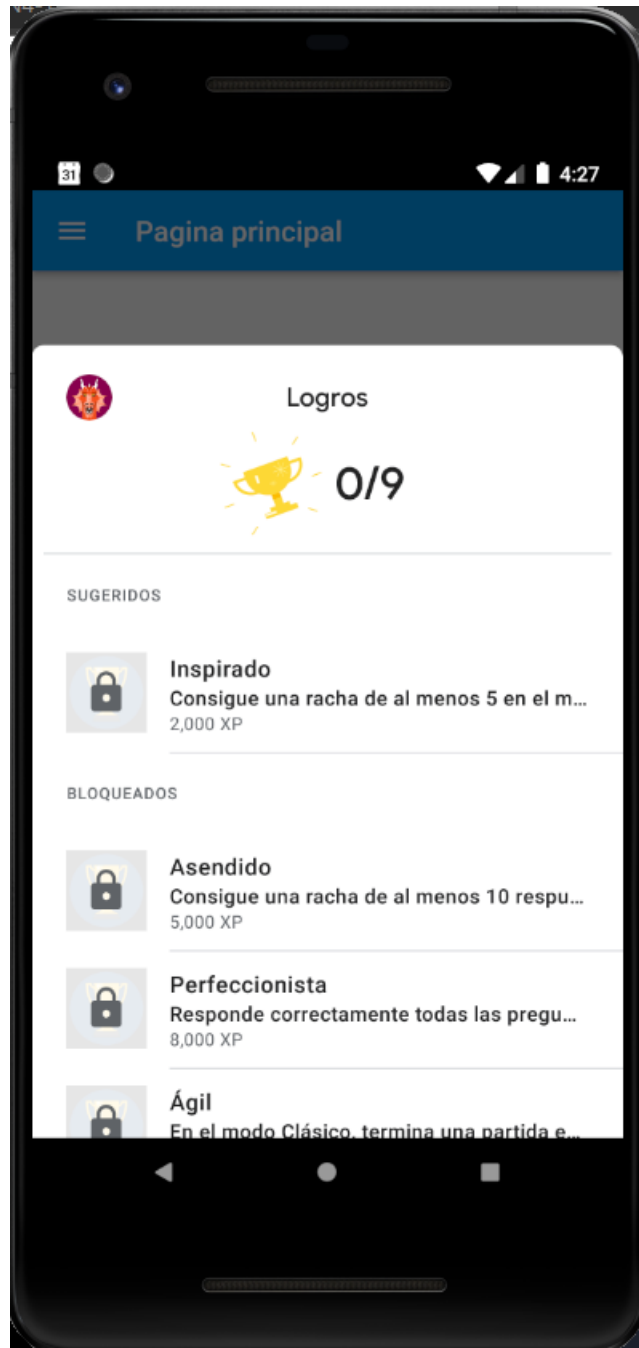


Figura 22: Logros sin desbloquear

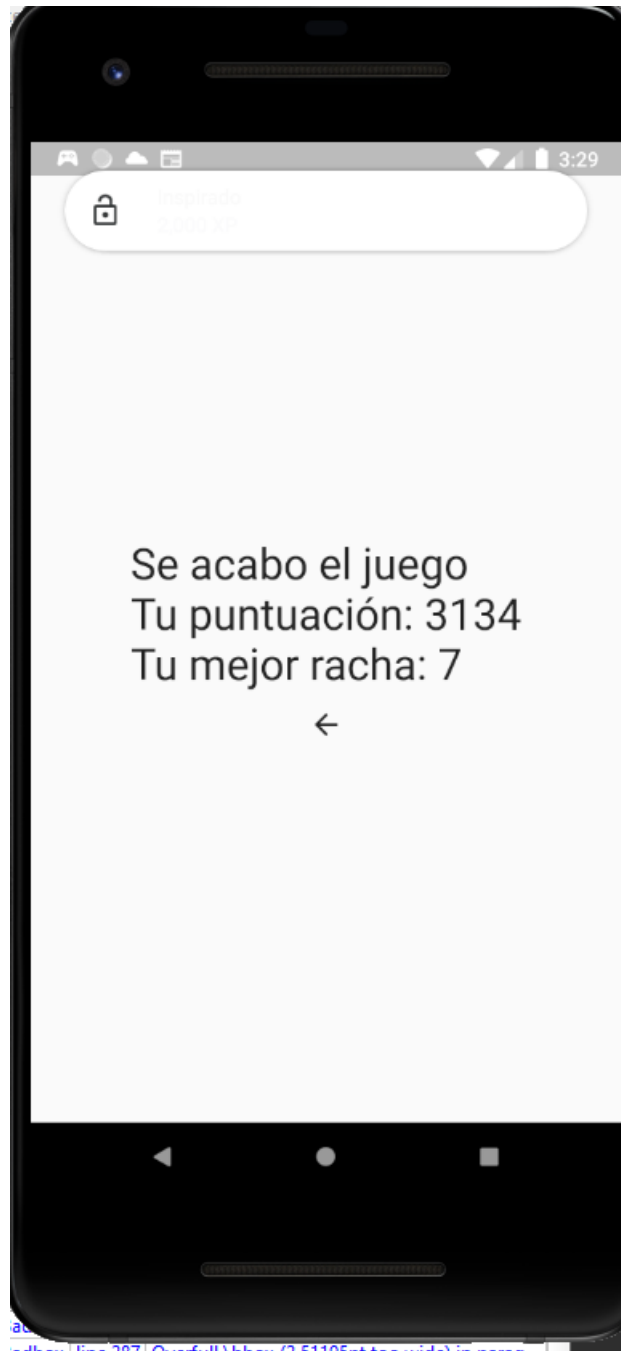


Figura 23: Cumpliendo la condición

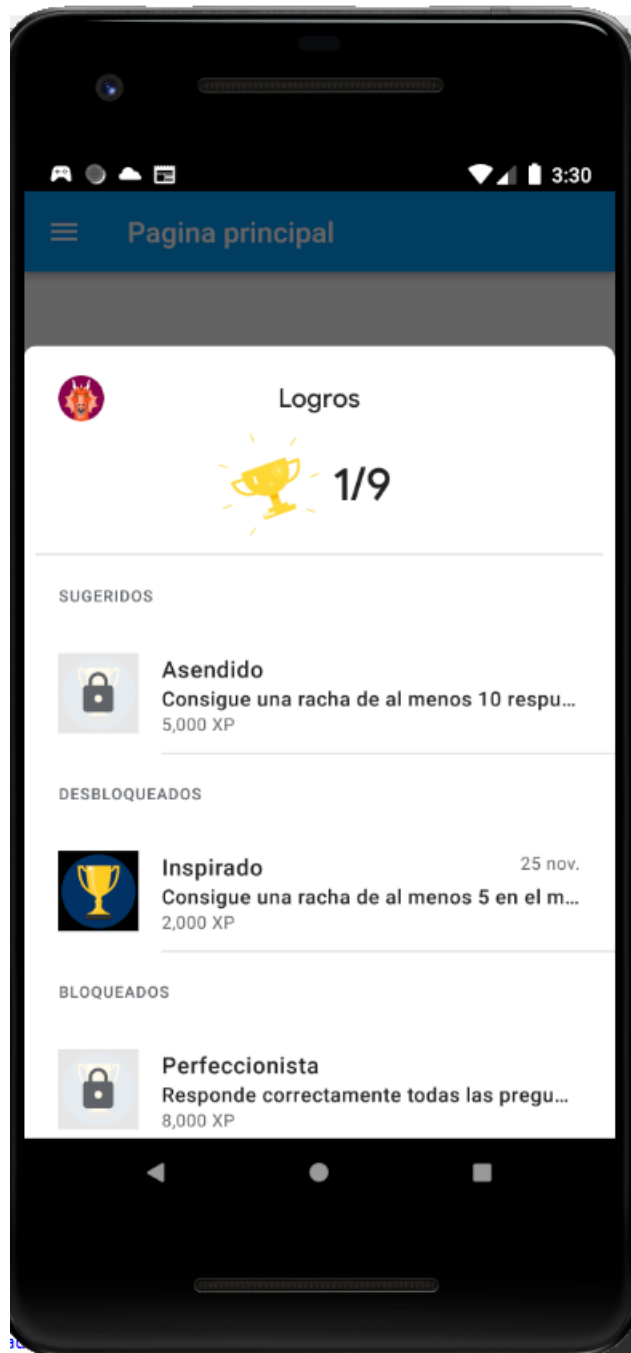


Figura 24: Logros Desbloqueado

## 6.2. Pruebas de experiencia de usuario y de usabilidad

La experiencia de usuario (expresada como UX por su nombre en inglés user experience), describe los sentimientos subjetivos de los usuarios hacia los productos que utilizan. Diferentes usuarios pueden tener diferentes impresiones con respecto a la UX del mismo producto. Por lo que es necesario medir la UX de un grupo para tener mayor confianza en los resultados [1].

Para realizar dichas mediciones, Lewis menciona [2] que el cuestionario de la Escala de Usabilidad de Sistemas o SUS por sus siglas en inglés (System Usability Scale), se ha vuelto una valiosa herramienta, ya que permite evaluar la usabilidad y la experiencia del usuario. Por su parte, Sauro mostró [3] que SUS es un cuestionario de usabilidad válido y confiable.

El SUS es un cuestionario estandarizado de diez preguntas con cinco opciones para responder, el rango de medición de

las respuestas va de totalmente en desacuerdo a totalmente de acuerdo y los valores van de 1 a 5 respetivamente. Los valores obtenidos se homogenizan usando las siguientes fórmulas:

$$V_i - 1, \text{ si el reactivo es impar (1)}$$

$$5 - V_i, \text{ si el reactivo es par (2)}$$

Donde:  $V_i$  representa el valor obtenido inicialmente, indexado por  $i$ .

La evaluación del cuestionario permite clasificar la usabilidad de la herramienta tecnológica educativa, empleando las siguientes operaciones: Los valores transformados de las respuestas obtenidas, primeramente se suman, para después multiplicarse por el factor 2.5. Los resultados obtenidos que sean mayores a 68, pero menores de 80.3, se consideran superiores al promedio o se califican con el adjetivo “Bueno”, lo que implica que la herramienta evaluada cumple con los atributos de calidad requeridos. Si se obtiene una puntuación mayor a 80.3 es considerada como “Excelente” [4]. Obsérvese la tabla 1.

Evaluación SUS Rango	Evaluación SUS en Adjetivo
>80.3	Excelente
68 – 80.3	Bueno
68	Suficiente
51 – 68	Pobre
<51	Muy deficiente

Tabla 3: Rango de evaluación del cuestionario SUS

Los valores obtenidos inicialmente de las preguntas pares se encuentran en “código inverso” con respecto a los valores obtenidos inicialmente por las preguntas pares, es por esto por lo que se requieren homogenizar.

El cuestionario SUS mide los atributos de la usabilidad, y de acuerdo con Nielsen [14], la usabilidad es definida por 5 componentes de calidad:

- Aprendizaje. Se refiere a la facilidad que tienen los usuarios para realizar las tareas básicas desde la primera vez que trabajan con el sistema.
- Eficiencia. Consiste en lo que los usuarios han aprendido para usar el sistema, así como a la rapidez con la que realizan las tareas.
- Memorabilidad. Facilidad con la que el usuario recuerda el funcionamiento del sistema después de un periodo de tiempo de no usarlo.
- Tasa de errores. Es la cantidad de errores cometidos por los usuarios durante el empleo del sistema, enfocándose en la gravedad de los mismos, así como en la facilidad con la que pueden recuperarse después de haber cometido un error.
- Satisfacción. Implica lo agradable que representa para el usuario el uso del sistema.

Para la realización de este estudio se trabajó con un grupo de 18 estudiantes de nivel superior de segundo semestre, quienes trabajaron con la aplicación durante dos días, en sus tiempos libres, y al tercer día resolvieron el cuestionario SUS. Es importante señalar que todas las indicaciones se dieron a distancia empleando la plataforma de zoom (figuras 1, 2 y 3). Se agregó una pregunta al cuestionario SUS, lo que brindó información extra sobre la aplicación. Los participantes resolvieron el cuestionario vía online a través de Google Forms. Para el análisis de los datos se empleó Excel.

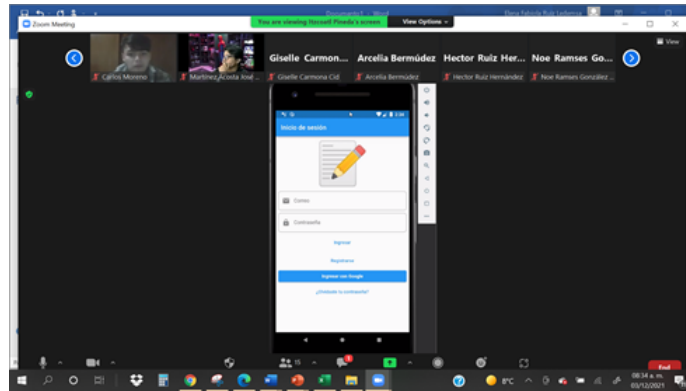


Figura 25: Explicación de la navegación por la aplicación

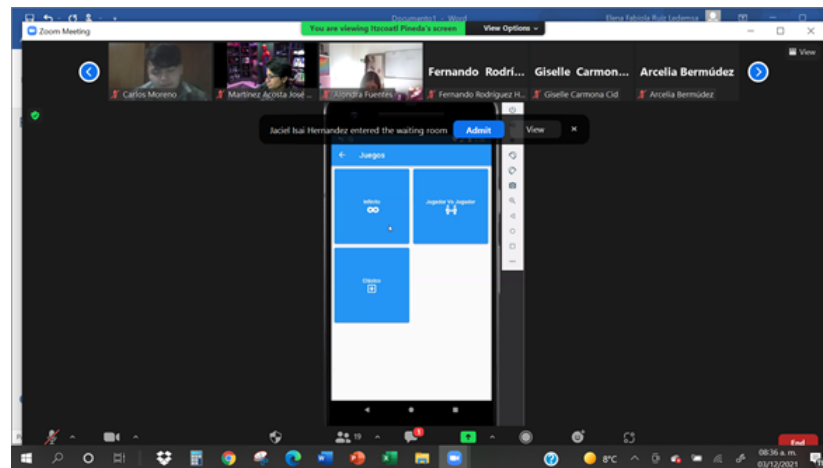


Figura 26: Explicación de la realización de operaciones en la aplicación

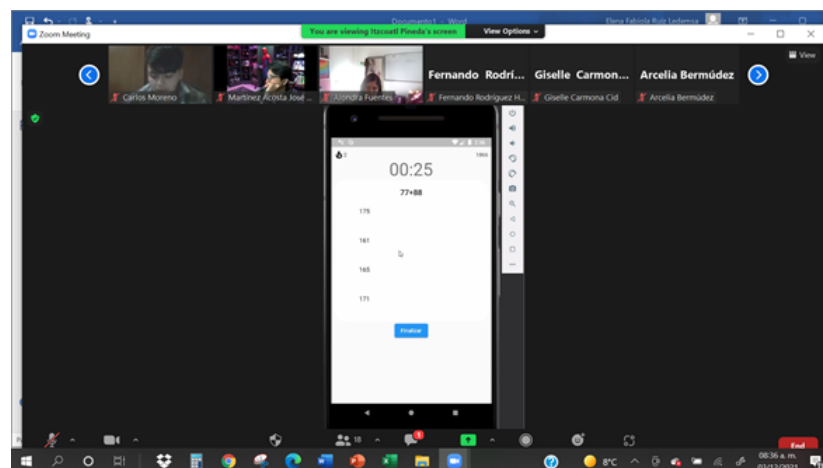


Figura 27: Explicación de las instrucciones para trabajar con la aplicación

Después de haber aplicado el cuestionario se descargó el archivo generado por la plataforma Google Forms con extensión .csv y se convirtió en uno .xls para comenzar con el tratamiento de los datos. Para la evaluación del cuestionario SUS, primeramente, se usaron las fórmulas 1 y 2 para homogenizar los datos de los valores obtenidos inicialmente por los reactivos de cada pregunta, a continuación, se sumaron los resultados de cada participante, para luego multiplicarse por 2.5. Se continuó el cálculo, sumando los puntajes de los participantes y promediándolos.

Por último, se comparó el resultado final con la clasificación de los rangos de evaluación en la escala de usabilidad del cuestionario SUS, obteniéndose una puntuación de 79.58 de aceptación, en relación a la usabilidad que los participantes tuvieron al trabajar con la aplicación, por lo que está en el rango de “Bueno”. En la tabla 2 se aprecian los valores obtenidos.

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	SUMA	PRODUTO CON 2.5
2	1	2	2	2	4	4	4	2	3	26	65
2	1	3	4	3	4	3	4	2	4	30	75
2	1	4	4	2	4	4	4	1	4	30	75
2	1	4	4	3	4	4	4	0	4	30	75
2	2	4	4	4	4	4	4	3	4	35	87.5
2	2	4	4	3	2	4	4	2	4	31	77.5
3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	38	95
3	0	4	3	3	3	4	4	4	4	32	80
2	4	4	3	3	4	3	4	4	3	34	85
3	3	4	3	3	4	4	4	4	3	35	87.5
3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	35	87.5
3	3	4	3	3	3	4	4	4	3	34	85
3	1	3	1	3	4	3	1	3	1	23	57.5
2	3	2	3	2	3	3	4	1	3	26	65
2	4	3	3	3	2	3	3	3	2	28	70
2	2	3	3	4	4	4	4	4	3	33	82.5
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40	100
1	2	3	4	2	3	4	4	4	4	33	82.5
2	1	2	2	2	4	4	4	2	3	26	65
											79.58

Tabla 4: Valores de las respuestas a los reactivos del cuestionario SUS

Con el anterior resultado se evaluaron 4 de los 5 componentes de calidad que integran a la usabilidad, que son: fácil de aprender, fácil de recordar, baja tasa de errores y satisfacción. Esta información aparece en la Tabla 3.

Cuestionario de Escala de Usabilidad de Sistemas (SUS)		
Clave	Preguntas	Atributo
R1	Creo que usaré esta plataforma o sistema frecuentemente.	Satisfacción
R2	Encuentro la plataforma o sistema innecesariamente complejo.	Memoria
R3	Pienso que la plataforma o sistema fue fácil de usar.	Memoria
R4	Pienso que voy a necesitar soporte técnico para poder usar esta plataforma o sistema.	Error
R5	Encontré varias funciones en la plataforma o sistema bien integradas.	Aprendizaje
R6	Pienso que hubo muchas inconsistencias en el sistema o plataforma.	Error
R7	Imagino que la mayoría de las personas podrían aprender a usar esta plataforma o sistema bastante rápido.	Aprendizaje
R8	Encuentro la plataforma o sistema muy molesto de usar.	Satisfacción
R9	Me siento muy seguro al usar la plataforma o sistema.	Satisfacción
R10	Siento que necesitaré que aprender muchas cosas antes de que pueda utilizar correctamente la plataforma o sistema.	Aprendizaje

Tabla 5: Cuestionario de Escala de Usabilidad de Sistemas (SUS)

Los ítems que representan al atributo de Satisfacción son R1, R8 y R9. En la tabla 3 se observa que los estudiantes consideran emplear frecuentemente la aplicación, debido, entre otros factores, a que es segura y se sienten a gusto con ella. La puntuación obtenida es de 3.3 para el uso frecuente de la plataforma, en una escala de 1 a 5, en donde 1 es muy en desacuerdo y 5 es muy de acuerdo. La seguridad que les causa el empleo de la aplicación tiene un valor de 3.7 y la del



gusto que les causa su uso también es de 3.7, en la misma escala de 1 a 5. Los puntajes obtenidos del promedio, sobre pasan el valor de 3 y la variabilidad de los datos con respecto a la media no pasa de 1, por lo que se considera que el nivel de satisfacción de la aplicación es bueno.

Con respecto al atributo de Aprendizaje, los reactivos que lo evaluaron son R5, R7 y R10. Los estudiantes de la muestra consideran que la curva de aprendizaje del uso de la aplicación, es baja debido a que las funciones están bien integradas, así como a la rapidez con la que aprendieron a usar los distintos componentes de la aplicación. Los valores de los promedios referidos a una buena integración de las funciones y de la rapidez de su uso puntuó en 3.9 cada una en una escala de 1 a 5. Concluyéndose que la forma de trabajar con la aplicación es prácticamente intuitiva.

En cuanto al atributo de Memoria, este fue evaluado a través de los reactivos R2 y R3, los estudiantes de la muestra estuvieron de acuerdo en que la aplicación fue fácil de usar con una puntuación de 4.4 y estuvieron en desacuerdo en que la plataforma fuera innecesariamente compleja con una puntuación de 1.78 en la misma escala empleada de 1 a 5, por lo que ambos resultados se consideran buenos para la aplicación.

Finalmente, los reactivos restantes que son R4 y R6, los cuales evalúan la cantidad de errores que se pueden generar al interactuar con la aplicación. Los valores obtenidos en el cuestionario fueron 1.67 y 1.16 en una escala de 1 a 5, por lo que se interpreta que los estudiantes estuvieron muy en desacuerdo en necesitar soporte técnico como el que existieran inconsistencias en la aplicación.

Clave	Promedio por Pregunta		Rango en la evaluación
R1	3.33	0.77	De acuerdo
R2	1.78	1.22	En desacuerdo
R3	4.44	0.70	De acuerdo
R4	1.67	0.84	Muy de acuerdo
R5	3.94	0.64	De acuerdo
R6	1.16	0.92	Totalmente en desacuerdo
R7	4.67	0.49	Totalmente de acuerdo
R8	1.22	0.73	Muy en desacuerdo
R9	3.689	1.28	De acuerdo
R10	1.61	0.85	En desacuerdo

Tabla 6: Valores estadísticos del cuestionario SUS

## Referencias

- [1] Antonio Coronado-Hijón. «Estudio de prevalencia de dificultades de aprendizaje en el cálculo aritmético». En: *Bordón: Revista de pedagogía* (2014), págs. 36-60. ISSN: 0210-5934. DOI: <https://doi.org/10.13042/Bordon.2014.66303>.
- [2] OECD. «PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do – Student Performance in Mathematics, Reading and Science (Volume I, Revised edition, February 2014). PISA». En: *OECD Publishing* (2014). DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264201118-en>.
- [3] OECD. «Low-Performing Students: Why They Fall Behind and How to Help Them Succeed. PISA». En: *OECD Publishing, Paris* (2016). DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264250246-en>.
- [4] Antonio Coronado-Hijón. «Academic resilience: a transcultural perspective. Procedia - Social and Behavioral Sciences». En: *Elsevier Ltd* (2016). DOI: <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.02.013>.
- [5] Pierre Foy Ina V.S. Mullis Michael O. Martin y Martin Hooper. *TIMSS 2015 International Results in Mathematics*. Boston College, Chestnut Hill, MA, 2016.
- [6] Josetxu Orrantia. «Dificultades en el aprendizaje de las matemáticas: una perspectiva evolutiva». En: *Revista Psicopedagogía* 23.71 (2006), págs. 158-180.
- [7] José Orrantia Rodríguez y col. «Marcadores nucleares de la competencia aritmética en preescolares». En: *Psychology, Society & Education* 9.1 (2017), págs. 121-134.
- [8] Vicki N Tariq. «A decline in numeracy skills among bioscienceunder graduates». En: *Journal of Biological Education* 36.2 (2002), págs. 76-83.
- [9] Thomas P Carpenter y Roger E Kirk. «Are psychology students getting worse at math?: Trends in the math skills of psychology statistics students across 21 years». En: *Educational Studies* 43.3 (2017), págs. 282-295.

- [10] Wendy Hsin-Yuan Huang y Dilip Soman. «Gamification of education». En: *Report Series: Behavioural Economics in Action* 29 (2013).
- [11] Roy C Martin y col. «Loss of calculation abilities in patients with mild and moderate Alzheimer disease». En: *Archives of neurology* 60.11 (2003), págs. 1585-1589.
- [12] Norma Larrazolo, Eduardo Backhoff y Felipe Tirado. «Habilidades de razonamiento matemático de estudiantes de educación media superior en México». En: *Revista mexicana de investigación educativa* 18.59 (2013), págs. 1137-1163.
- [13] Allison M Ryan y Paul R Pintrich. «"Should I ask for help?" The role of motivation and attitudes in adolescents' help seeking in math class.» En: *Journal of educational psychology* 89.2 (1997), págs. 329.
- [14] Armando M Toda y col. «Project SIGMA-An Online tool to aid students in Math lessons with gamification concepts». En: *2014 33rd International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)*. IEEE. 2014, págs. 50-53.
- [15] Jeremy Foxcroft y Daniel Ashlock. «A polyomino puzzle for arithmetic practice». En: *ICGA Journal Preprint* (2020), págs. 1-15.
- [16] Tomislav Jaguš, Ivica Botički y Hyo-Jeong So. «Examining competitive, collaborative and adaptive gamification in young learners' math learning». En: *Computers & education* 125 (2018), págs. 444-457.
- [17] Federico Zimmerman y col. «Arithmetic on your phone: A large scale investigation of simple additions and multiplications». En: *Plos one* 11.12 (2016), e0168431.
- [18] Karen Robson y col. «Is it all a game? Understanding the principles of gamification». En: *Business horizons* 58.4 (2015), págs. 411-420.
- [19] Gabe Zichermann y Christopher Cunningham. *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps*. O'Reilly Media, Inc.", 2011.
- [20] Luiz Rodrigues, Robson Parmezan Bonidia y Jacques Duílio Brancher. «A math educacional computer game using procedural content generation». En: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. Vol. 28. 1. 2017, págs. 756.
- [21] Bradley E Wiggins. «An overview and study on the use of games, simulations, and gamification in higher education». En: *International Journal of Game-Based Learning (IJGBL)* 6.1 (2016), págs. 18-29.
- [22] Eric Sanchez, Shawn Young y Caroline Jouneau-Sion. «Classcraft: from gamification to ludicization of classroom management». En: *Education and Information Technologies* 22.2 (2017), págs. 497-513.
- [23] Debbita Tan, Malini Ganapathy y Manjet Kaur Mehar Singh. «Kahoot! It: Gamification in Higher Education». En: *Pertanika Journal of Social Science and Humanities* 26 (mar. de 2018), págs. 565-582.
- [24] Maria-Blanca Ibanez, Angela Di-Serio y Carlos Delgado-Kloos. «Gamification for engaging computer science students in learning activities: A case study». En: *IEEE Transactions on learning technologies* 7.3 (2014), págs. 291-301.
- [25] Christopher Groening y Carmen Binnewies. «"Achievement unlocked!"-The impact of digital achievements as a gamification element on motivation and performance». En: *Computers in Human Behavior* 97 (2019), págs. 151-166.
- [26] John Hunt. «Feature-driven development». En: *Agile Software Construction* (2006), págs. 161-182.