



Diseño, Desarrollo y Validación de una Versión de PiLands para Aumentar la Práctica de Matemáticas en el Hogar

Rodrigo Alarcón Milla

`rodrigo.alarconm@sansano.usm.cl`

Mauricio Figueroa Colarte
Profesor Guía

Claudio Torres
Profesor Correferente



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Diseño, Desarrollo y Validación de una Versión de PiLands para Aumentar la Práctica de Matemáticas en el Hogar

Nombre del candidato(a): Rodrigo Andrés Alarcón Milla

Carrera / Grado: Ingeniería civil en informática

Campus: Casa central **Departamento:** Informática

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Mauricio Figueroa Colarte, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 21 de octubre de 2026 **Firma:**

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 21-01-2026 **Firma:**

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.



Resumen: En Chile, la práctica de matemáticas de los alumnos de enseñanza básica se interrumpe fuera del colegio, donde depende de un adulto con poco tiempo. Esta memoria presenta PiLands, una versión para el hogar de una plataforma gamificada usada en aulas, para aumentar la frecuencia de práctica del alumno y la conciencia del tutor sobre su progreso. La aplicación, desarrollada en Godot para Android, funciona con conexión intermitente, envía avisos según el horario que define el tutor y, tras cada sesión, le entrega un análisis y un consejo generados con un modelo de lenguaje. La validación siguió un diseño antes y después, con cuestionarios a tutores y registros de uso, en dos establecimientos de Arica y Parinacota durante septiembre de 2026. Diez de dieciséis tutores instalaron la aplicación, pero sus alumnos completaron solo 19 sesiones: los criterios basados en los registros no se cumplieron y los del cuestionario final no pudieron evaluarse, por lo que el efecto de PiLands no pudo determinarse. Los resultados sugieren que el principal obstáculo fue la adopción: el alumno la usó sin acompañamiento, aunque se diseñó para el tutor. PiLands queda como una base técnica funcional, con lecciones para una versión diseñada para el alumno.

Palabras Clave: evolución de software educativo, tolerancia a desconexión, gamificación, modelos de lenguaje, práctica de matemáticas en el hogar

1 Introducción

1.1 Contexto y Motivación

La educación matemática en Chile enfrenta un escenario preocupante. En PISA 2025, el país obtuvo 403 puntos en matemáticas, su resultado más bajo desde que participa en la prueba: 9 puntos menos que en 2022 y 60 puntos bajo el promedio de la OCDE, lo que lo ubica en el lugar 35 de los 38 países miembros [1]. Además, el 59% de los estudiantes chilenos no alcanzó el nivel 2, que la OCDE considera el nivel mínimo de competencia matemática. Es decir, la mayoría tiene dificultades para aplicar conceptos matemáticos incluso en situaciones simples de la vida cotidiana [1].

Frente a este problema se desarrolló PiLands, una plataforma educativa gamificada que ajusta la dificultad de los ejercicios según el desempeño del alumno, entrega retroalimentación personalizada y permite al docente gestionar sesiones y revisar reportes de progreso. La plataforma se usó en aulas durante el segundo semestre de 2025. En este documento, esa versión original se denomina *PiLands en el aula*, y el nombre *PiLands* se reserva para la versión para el hogar desarrollada en esta memoria.

Tras analizar el efecto de PiLands en el aula en los cursos donde se utilizó, junto con los comentarios de alumnos y profesores, se identificó un espacio de mejora fuera del aula: el hogar. En particular, los docentes señalaron que la práctica no se sostenía fuera de las sesiones de clase. Esto coincide con lo reportado por la mayoría de los tutores entrevistados en el levantamiento de necesidades (capítulo 3): en el hogar, la práctica de matemáticas se limita principalmente a las tareas, cerca de una vez por semana, y al estudio previo a las pruebas. Ese patrón es relevante porque la práctica distribuida en el tiempo, es decir, frecuente y espaciada en vez de concentrada en pocas sesiones, es una de las técnicas de estudio con mayor respaldo empírico [2].

1.2 Problemática y Actores Involucrados

El problema que aborda esta memoria no es la ausencia de una herramienta de práctica, sino la interrupción de un proceso. En el aula, la práctica de matemáticas cuenta con alguien que la inicia, la estructura y la supervisa: en PiLands en el aula, el docente inicia la sesión y el curso trabaja de forma simultánea. Al salir del colegio, ninguno de esos roles está asegurado, y la práctica pasa a depender de que el alumno o un adulto del hogar la pongan en marcha por iniciativa propia. Como se señaló en la sección anterior, el resultado es que el estudio en el hogar se limita a las tareas y a la preparación de pruebas. En este proceso intervienen tres actores, cada uno con dificultades distintas.

Alumno. Corresponde al estudiante de enseñanza básica que practica matemáticas. Según casi todos los tutores entrevistados, el alumno no inicia la práctica por su cuenta: necesita que un adulto se lo pida. A esto se suman la resistencia frente al estudio, mencionada por la totalidad de los tutores, y la dificultad para sostener la atención durante periodos prolongados, destacada por los docentes. En conjunto, estas condiciones hacen que la práctica en el hogar dependa casi por completo de la intervención de un adulto.

Tutor. En esta memoria, se entiende por tutor al adulto a cargo del alumno que lo acompaña en su estudio en el hogar. En la mayoría de los casos corresponde a la madre o al padre, aunque puede ser cualquier otro adulto responsable, y no siempre coincide con el apoderado registrado en el colegio. Para efectos de la validación, se consideró tutor al adulto en cuyo dispositivo se instaló la aplicación. Todos los tutores entrevistados mencionaron la falta de tiempo como barrera, y varios señalaron además que se consideraban "malos para las matemáticas", lo que los llevaba a no ir más allá de acompañar las tareas (este punto se retoma en la sección 2.2). Además, el tutor suele enterarse tarde de las dificultades del alumno, cuando la situación ya requiere atención.

Docente. Es el profesor que le enseña matemáticas al alumno. Según señalaron los docentes, no tienen visibilidad de lo que ocurre con la práctica de sus alumnos fuera del aula. Aunque el docente se ve afectado por el problema, PiLands no incluye funcionalidades dirigidas a él: la solución se enfoca en el alumno y el tutor, por lo que el docente queda como un actor afectado, pero fuera del alcance de esta memoria.

1.3 Definición del Problema

A partir de lo anterior, el problema central que aborda esta memoria se define como sigue: el aprendizaje de matemáticas de los alumnos de enseñanza básica se interrumpe fuera del colegio, con escasa práctica en el hogar. La Figura 1 presenta el árbol del problema, que organiza sus principales causas y efectos.

Se identifican tres causas. Primero, el alumno no inicia la práctica por su cuenta y requiere que un adulto la ponga en marcha. Segundo, el tutor carece de recursos para acompañar el estudio, principalmente por falta de tiempo e inseguridad respecto de la materia. Tercero, en el hogar no suele existir una rutina u horario de estudio establecido; esta condición se planteó inicialmente como supuesto y luego se confirmó en las entrevistas. Entre los efectos, el tutor tiende a involucrarse solo de forma reactiva, cuando ya aparecieron malas notas; el alumno no desarrolla un hábito de estudio, lo que puede arrastrar dificultades a cursos superiores; y se consolida una relación de frustración o rechazo hacia las matemáticas, mencionada en varias entrevistas como un tema recurrente. Ni la formación de hábito ni este último efecto se miden en esta memoria: el primero requiere un período de observación más largo que el disponible (sección 2.2), y el segundo excede el alcance de la validación.

Resolver este problema implica desafíos de ingeniería que van más allá de construir una aplicación de ejercicios. En primer lugar, se debe trasladar una experiencia diseñada para el aula, grupal, sincrónica y mediada por el docente, a un contexto individual y autónomo, en que el inicio de cada sesión depende del tutor y cada alumno avanza a su propio ritmo. En segundo lugar, la aplicación debe funcionar con conexión intermitente: el alumno debe poder practicar sin conexión, y los registros de uso, de los que depende la validación, deben llegar a la nube sin perderse ni duplicarse cuando se recupere la conexión. En tercer lugar, los recordatorios deben llegar

a la hora programada en dispositivos Android de distintos fabricantes, varios de los cuales restringen las alarmas para ahorrar batería. En cuarto lugar, el cliente se desarrolla sobre un motor de videojuegos (Godot) que no cuenta con un SDK oficial de Firebase, el servicio en la nube utilizado, por lo que la autenticación y el envío de datos deben implementarse directamente. Por último, el informe para el tutor incorpora un análisis y un consejo generados por un modelo de lenguaje a partir de los datos de práctica del alumno, lo que exige decidir qué datos de un menor se envían a un servicio externo y cómo acotar el riesgo de que el texto generado contenga afirmaciones incorrectas o inadecuadas. El capítulo 4 describe cómo se abordó cada uno de estos desafíos.

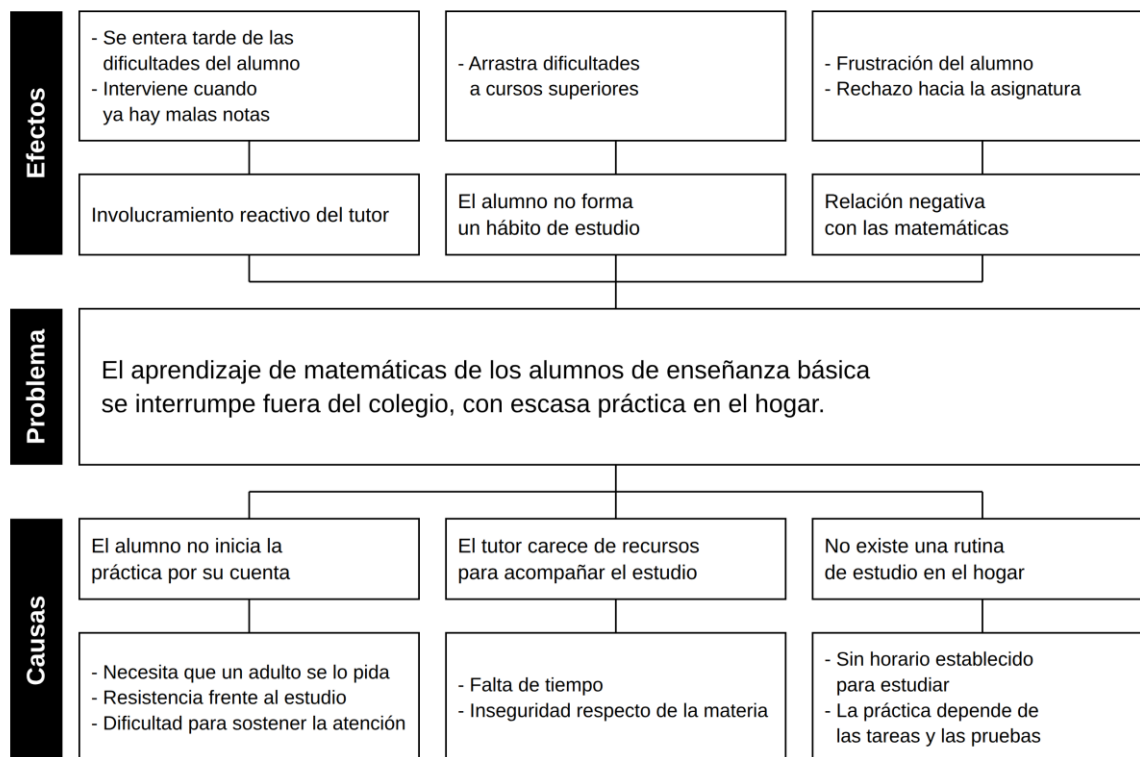


Figura 1. Árbol del problema
Fuente: Elaboración propia

1.4 Propuesta de Solución y Objetivos

Para abordar este problema, esta memoria propone PiLands, una versión de la plataforma adaptada al hogar, orientada a que el alumno aumente la frecuencia de su práctica de matemáticas fuera del aula y a que su tutor tenga mayor conciencia de su desempeño y progreso. La aplicación se instala en el dispositivo del tutor y se organiza en torno a una aldea, la escena principal, que el alumno va construyendo con los martillos que gana al practicar. Desde la configuración, el tutor indica el curso del alumno y los temas que quiere que practique, y define un horario para las sesiones. Antes de cada sesión y a su hora, recibe avisos para iniciar una sesión breve, de 15 minutos por defecto y configurable a 5 o 10. Los ejercicios provienen de bancos construidos a partir del currículum nacional del Ministerio de Educación [3] para los cursos de los alumnos participantes, y su dificultad se ajusta por tema según el desempeño del alumno. Al terminar cada sesión, el tutor puede revisar un informe con los ejercicios realizados y correctos por tema, junto con un análisis en lenguaje natural y un consejo para apoyar al alumno en el tema que más le cuesta, ambos generados con un modelo de lenguaje. Además, un informe semanal muestra el avance por tema y las preguntas en que el alumno más se equivoca. Los informes quedan guardados en el dispositivo y pueden consultarse en cualquier momento.

El diseño se apoya en los fundamentos descritos en el capítulo 2: la evolución del software y el reuso de diseño, que guían la adaptación desde PiLands en el aula; la consistencia eventual, que permite operar con conexión intermitente; el ajuste dinámico de la dificultad; la generación de texto con modelos de lenguaje, y la evidencia sobre la frecuencia de práctica, el rol del tutor y la gamificación. Quedan fuera del alcance las funcionalidades para el docente (sección 1.2), una versión para iOS y el rediseño de la línea gráfica.

Objetivo general: Desarrollar y validar una versión de PiLands adaptada al hogar que aumente la frecuencia de práctica de matemáticas del alumno fuera del aula y la conciencia del tutor sobre su progreso.

Objetivos específicos:

- **OE1.** Analizar necesidades de tutores y docentes en el contexto del hogar, proponiendo un conjunto priorizado de funcionalidades validado con usuarios reales.
- **OE2.** Diseñar y desarrollar las funcionalidades priorizadas hasta obtener una versión funcional.
- **OE3.** Validar comparando antes y después la frecuencia de práctica y la percepción del tutor, mediante encuestas y registros de uso.

1.5 Criterios de Éxito y Metodología de Validación

La validación siguió un diseño antes y después, sin grupo de control, de carácter exploratorio y descriptivo: dado el tamaño de la muestra, sus resultados no buscan generalizarse, sino entregar una primera evidencia sobre el uso de PiLands en el hogar. Participaron alumnos de enseñanza básica y sus tutores, seleccionados por disponibilidad, con una muestra mínima de 8 alumnos y en establecimientos distintos a los que usaron PiLands en el aula durante 2025. Como la aplicación se desarrolló para Android, fue requisito que el tutor contara con un teléfono o una tablet con ese sistema.

El estudio se organizó en tres etapas. El 28 de agosto de 2026, los tutores respondieron un cuestionario inicial sobre la rutina de estudio del alumno y su percepción como tutor. Luego, desde ese día y durante septiembre, los alumnos tuvieron acceso a PiLands por aproximadamente cuatro semanas, período en que la aplicación registró automáticamente cada sesión. Finalmente, a fin de septiembre, se les compartió de nuevo a los tutores un cuestionario final que repite los ítems del inicial y agrega preguntas sobre su experiencia con la aplicación. La participación contó con el consentimiento informado del apoderado o tutor, y los datos se anonimizaron reemplazando los nombres por códigos alfanuméricos.

La Tabla 1 resume los cuatro criterios cuantitativos de éxito. Los criterios (i) y (iv) se calculan comparando las respuestas del grupo en el cuestionario inicial y en el final, y los criterios (ii) y (iii), a partir de los registros de uso, contando como sesión cada sesión dirigida completada (sección 4.5). Las demás preguntas del cuestionario final y el uso de cada funcionalidad se reportan como resultados complementarios, sin umbral de éxito.

Tabla 1. Criterios cuantitativos de éxito de la validación

Criterio	Indicador	Instrumento	Umbral de éxito
(i) Frecuencia de práctica en el hogar	Distribución de los días de práctica de matemáticas en el hogar en los últimos 7 días, declarados por los tutores (0; 1–2; 3–4; 5 o más días), al inicio y al cierre.	Cuestionario a tutores (inicial y final)	El porcentaje de alumnos que practica 3 o más días por semana aumenta respecto del inicio.
(ii) Uso regular	Promedio de sesiones semanales por alumno durante el período.	Registros de uso de la aplicación.	Al menos el 75% de los alumnos tiene un promedio de 2 o más.



Criterio	Indicador	Instrumento	Umbral de éxito
(iii) Persistencia más allá del efecto novedad	Total de sesiones del grupo en la última semana del periodo respecto del total de la primera.	Registros de uso de la aplicación.	Uso de la última semana de al menos el 50% del de la primera.
(iv) Conciencia del tutor	Promedio del grupo en la escala de cuán informado se siente el tutor sobre cómo le va al alumno en matemáticas de manera general (Likert 1 a 5), al inicio y al cierre.	Cuestionario a tutores (inicial y final)	El promedio del grupo sube al menos 1 punto.

Fuente: Elaboración propia

1.6 Organización del Informe

El resto de este informe se organiza de la siguiente manera. El capítulo 2 presenta los fundamentos de ingeniería de software en que se basa el desarrollo, la evidencia sobre la práctica, el rol del tutor y la gamificación que orienta el diseño y la validación, y el estado del arte, con estudios sobre intervenciones que involucran a los padres y una comparación con aplicaciones existentes. El capítulo 3 describe el levantamiento de necesidades con tutores y docentes, y la priorización de funcionalidades (OE1). El capítulo 4 detalla el diseño y desarrollo de PiLands, desde su punto de partida en PiLands en el aula hasta su arquitectura, los principales desafíos de ingeniería y el registro de uso para la validación (OE2). El capítulo 5 presenta el diseño del estudio de validación, sus resultados respecto de cada criterio de éxito y su discusión (OE3). El capítulo 6 expone las limitaciones del trabajo y las líneas de trabajo futuro que se desprenden de ellas. Finalmente, el capítulo 7 presenta las conclusiones. Los anexos incluyen los temas de las entrevistas, los instrumentos de la validación y el formulario de consentimiento.

2 Marco Teórico y Estado del Arte

2.1 Fundamentos de Ingeniería de Software

Evolución del software y reuso de diseño. El desarrollo de software no termina con su primera versión: todo sistema en uso real está sujeto a un proceso continuo de cambio para adaptarse a nuevas condiciones de operación, lo que Lehman [4] formalizó como las leyes de la evolución del software. En particular, su primera ley, de cambio continuo, establece que un sistema debe modificarse continuamente o se vuelve progresivamente menos satisfactorio en su entorno de uso. En el caso de PiLands, esto se traduce en que una plataforma diseñada para el aula no puede trasladarse al hogar sin revisar sus supuestos de diseño.

Sin embargo, esta adaptación no implicó reutilizar el código fuente de la versión original, sino sus artefactos de diseño: los algoritmos, las decisiones y la lógica detrás de funcionalidades como la dificultad adaptativa, el sistema de recompensas y el banco de contenidos. Este tipo de reuso, de ideas y abstracciones antes que de código, está reconocido en la literatura de ingeniería de software. Krueger [5] plantea que los artefactos reutilizables no se limitan a fragmentos de código, sino que incluyen estructuras de diseño, especificaciones y documentación, y que la abstracción es el elemento común a toda forma de reuso, ya que reduce la "distancia cognitiva" entre el concepto original de un sistema y su nueva implementación. En PiLands, esa distancia se salvó reconstruyendo cada función desde su lógica de diseño en un proyecto nuevo, en vez de heredar o adaptar el código existente.

Consistencia eventual y tolerancia a desconexión. En un sistema distribuido, mantener todas las copias de un dato idénticas en todo momento tiene un costo: si la red falla, el sistema debe elegir entre seguir disponible o garantizar que todos vean el mismo dato. Vogels [6] describe cómo muchos sistemas de gran escala resuelven ese conflicto mediante la consistencia eventual: si un dato deja de modificarse, todas las lecturas terminan por

devolver su último valor, aunque durante un tiempo las copias difieran. Este modelo es adecuado cuando la disponibilidad importa más que la sincronía inmediata, como ocurre con una aplicación que se usa en el hogar con conexión intermitente. PiLands adopta este modelo: los registros de uso se crean en el dispositivo y llegan a la nube cuando hay conexión, y como solo se crean y nunca se modifican, no pueden producirse conflictos entre versiones de un mismo dato (secciones 4.2 y 4.3).

Modularidad y patrones de diseño. Parnas [7] propuso descomponer un sistema en módulos, de modo que cada uno oculte una decisión de diseño detrás de una interfaz bien definida, lo que permite modificar y comprender cada parte de forma independiente. Sobre esa base, Gamma et al. [8] catalogaron soluciones reutilizables a problemas recurrentes del diseño orientado a objetos, entre ellas el patrón *Singleton*, que garantiza que una clase tenga una única instancia con un punto de acceso global. En PiLands, ambos principios organizan el cliente: el estado global se mantiene en objetos únicos que el motor Godot ofrece de forma nativa, y la lógica que no depende de la interfaz se separa de las pantallas para poder probarse de forma aislada (sección 4.2).

Ajuste dinámico de dificultad. Hunicke [9] llama ajuste dinámico de dificultad (*dynamic difficulty adjustment*) a modificar el nivel de desafío de un juego según el desempeño del jugador, para mantenerlo en un rango adecuado: ni tan fácil que aburra ni tan difícil que frustre. Este ajuste puede implementarse con reglas simples o con modelos estadísticos del desempeño, como los sistemas de calificación de tipo Elo. PiLands aplica este concepto mediante reglas fijas por tema, elegidas por su transparencia, ya que pueden explicarse a un tutor sin conocimientos técnicos (sección 4.4).

Generación de texto con modelos de lenguaje. Los modelos de lenguaje permiten redactar textos en lenguaje natural a partir de datos estructurados, como un resumen del desempeño de un alumno escrito para un adulto sin formación en la materia. Sin embargo, pueden producir contenido no respaldado por los datos de entrada, fenómeno conocido como alucinación, que Ji et al. [10] identifican como un problema transversal de la generación de lenguaje natural. Por eso, en PiLands el modelo no decide qué tema reforzar ni calcula cifras: la aplicación le entrega esos datos ya calculados y el modelo solo los redacta, con reglas explícitas sobre lo que puede y no puede afirmar (sección 4.4).

2.2 Frecuencia de Práctica e Involucramiento del Tutor

La validación de esta memoria mide la frecuencia de práctica y no la formación de un hábito de estudio, por el tiempo que requiere un hábito. En el estudio de Lally et al. [11], 96 participantes repitieron a diario una conducta simple durante 84 días. Entre aquellos cuyos datos pudieron modelarse, el tiempo para que la conducta se volviera automática tuvo una mediana de 66 días, con un rango de 18 a 254 días según la persona y la conducta. Un período de uso de unas cuatro semanas, como el de esta validación, no basta para observar ese proceso. La frecuencia, en cambio, es una condición previa del hábito que sí puede medirse en ese plazo, y la formación de hábito queda como trabajo futuro.

El rol que PiLands asigna al tutor se apoya en otra evidencia. Maloney et al. [12] observaron que, cuando padres con ansiedad hacia las matemáticas ayudaban con frecuencia a sus hijos en las tareas de esa asignatura, los niños aprendían menos durante el año escolar y desarrollaban más ansiedad matemática; el efecto prácticamente desaparecía cuando esos padres ayudaban poco. Aunque el estudio se realizó en Estados Unidos con padres de alumnos de primero y segundo básico, su resultado es relevante aquí, porque varios tutores entrevistados se consideraban "malos para las matemáticas" (capítulo 3). Por eso, PiLands asigna al tutor un rol de acompañamiento y no de enseñanza: el informe le indica qué tema reforzar sin exigirle dominar la materia (sección 4.4).



2.3 Efecto Novedad en el Uso de Software Gamificado

Deterding et al. [13] definen la gamificación como el uso de elementos de diseño de juegos en contextos que no son juegos. En PiLands, la gamificación se implementa mediante una aldea que el alumno construye con las recompensas que obtiene al practicar (sección 4.4).

La evidencia advierte, sin embargo, que los efectos de la gamificación pueden no sostenerse. En su revisión de estudios empíricos, Hamari, Koivisto y Sarsa [14] concluyen que la gamificación funciona, aunque con matices, y señalan que algunos estudios mostraron que sus resultados podrían no ser de largo plazo, sino deberse a un efecto novedad. Por eso, la validación no solo mide si los alumnos usan PiLands, sino también si el uso se mantiene: el criterio (iii) compara el uso de la última semana con el de la primera.

2.4 Estado del Arte: Aplicaciones para practicar Matemáticas en el Hogar

El antecedente más cercano a PiLands en la literatura es el estudio de Berkowitz et al. [15], del mismo grupo de investigación que el de Maloney et al. [12]. En un experimento aleatorizado con 587 alumnos de primero básico de 22 escuelas de Chicago, las familias recibieron una aplicación para tablet con problemas breves de matemáticas para que padres e hijos los resolvieran juntos, mientras que el grupo de control recibió una aplicación similar de lectura. Al final del año escolar, los alumnos que usaron con frecuencia la aplicación de matemáticas junto a sus padres superaban por casi tres meses de aprendizaje a alumnos similares del grupo de lectura. El beneficio fue especialmente alto en los hijos de padres con ansiedad hacia las matemáticas, y bastaba usar la aplicación una vez por semana para mejorar el desempeño. Este estudio respalda dos supuestos de PiLands: que una herramienta estructurada permite al adulto acompañar la práctica sin dominar la materia, y que el efecto depende de la frecuencia de uso, que es lo que PiLands busca aumentar.

La información que reciben los padres también puede cambiar lo que ocurre en el hogar sin exigirles mucho tiempo. York, Loeb y Doss [16] evaluaron READY4K!, un programa que durante ocho meses envió tres mensajes de texto por semana a padres de niños de cuatro años de los preescolares públicos de San Francisco: un dato sobre una habilidad de lectoescritura, una actividad concreta para practicarla dentro de las rutinas que la familia ya tiene y un mensaje de refuerzo. En un experimento aleatorizado con cerca de mil familias, el programa aumentó la participación de los padres en el aprendizaje de sus hijos, tanto en la casa como en la escuela, y produjo una mejora moderada en la lectoescritura inicial de los niños. Su idea central, dividir el acompañamiento en pasos pequeños y fáciles de cumplir, es la misma que sigue la actividad para el hogar del informe de PiLands (sección 4.4). Sin embargo, a diferencia de PiLands, los mensajes llegaban al adulto por un canal que ya revisaba, sin pedirle que abriera una aplicación.

La Tabla 2 compara PiLands con cuatro aplicaciones comerciales de práctica de matemáticas para niños: Khan Academy Kids, Prodigy Math, Matific y Smartick. La comparación se basa solo en información publicada por sus desarrolladores. Ninguna de ellas publica detalles de su arquitectura técnica, por lo que la comparación se centra en el funcionamiento sin conexión, la adaptación de la dificultad, la información que recibe el adulto y la estructura de las sesiones.

Las cuatro aplicaciones siguen enfoques distintos. Khan Academy Kids es gratuita, la desarrolla una organización sin fines de lucro y abarca lectura, escritura y matemáticas para niños de 2 a 8 años, con una ruta personalizada que avanza con el niño [17]. Prodigy Math es un juego de aventuras en que el niño debe responder correctamente preguntas de matemáticas para ganar desafíos y subir de nivel; se puede usar gratis, y una membresía pagada desbloquea más zonas del juego y más recompensas [18]. Matific ofrece actividades de matemáticas con formato de juego para niños de 4 a 12 años, mediante una suscripción pagada [19]. Smartick limita la práctica a una sesión diaria de 15 minutos como máximo [20]. Así, Prodigy apuesta por que el juego

atraiga al niño, y Smartick, por sesiones breves y diarias. PiLands combina ambas ideas: sesiones cortas y una aldea que el alumno construye con lo que gana al practicar.

Tabla 2. Comparación de aplicaciones para practicar matemáticas en el hogar

Aplicación	Uso sin conexión	Adaptación de la dificultad	Información al adulto	Sesiones y recordatorio
Khan Academy Kids [17]	Sí, con contenido descargado	Ruta personalizada que avanza con el niño; no se detalla cómo se ajusta la dificultad	Herramientas para docentes; no se documenta un reporte para los padres	No documentado
Prodigy Math [18]	No documentado	Algoritmo adaptativo según el nivel del niño	Reporte mensual, avisado por correo; más datos con suscripción pagada	No documentado
Matific [19]	Sí	Algoritmo que se adapta al ritmo y progreso de cada niño	Panel para padres con frecuencia de uso, temas y desempeño	Uso sugerido de 30 minutos por semana; no se documentan recordatorios
Smartick [20]	No; requiere conexión a internet	Adaptación en tiempo real a las necesidades de cada niño	Correo al terminar cada sesión, con tiempo, desempeño y progreso; aviso si no se completa la sesión del día	Una sesión de 15 minutos al día como máximo
PiLands	Sí; los registros se guardan en una cola local y se envían después	Reglas fijas por tema, con tres niveles	Informe al terminar cada sesión, con análisis y consejo generados con IA y un informe semanal	Horario definido por el tutor, con avisos antes y a la hora de la sesión; sesiones de 5, 10 o 15 minutos

Fuente: Elaboración propia

Según la información publicada, ninguna de las aplicaciones comparadas documenta que el adulto pueda definir un horario con avisos antes de cada sesión, ni que se le sugiera una actividad concreta para hacer en casa. La más cercana en la información al adulto es Smartick, que envía un correo al terminar cada sesión, pero no funciona sin conexión. PiLands reúne esos elementos en una sola aplicación: sesiones breves en un horario que define el tutor, con avisos; ejercicios contruidos a partir del currículum nacional [3]; un informe tras cada sesión con una actividad para el hogar, y funcionamiento sin conexión. Se trata de diferencias de diseño y no de evidencia de efectividad: los estudios revisados muestran que involucrar al adulto puede mejorar el aprendizaje, pero en el de Berkowitz et al. [15] ese efecto dependió de la frecuencia de uso.



3 Levantamiento de Necesidades

3.1 Método

Para el levantamiento de necesidades se realizaron entrevistas individuales, presenciales o por videollamada, a 5 tutores y 2 docentes de cuarto básico, antes de iniciar el desarrollo de PiLands. La entrevista fue de tipo abierto y abordó la rutina de estudio actual, sus motivos, las barreras percibidas y los resultados académicos del alumno. Las respuestas se analizaron mediante una síntesis simple por tema, a partir de las notas tomadas durante las conversaciones.

3.2 Hallazgos

En cuanto a la rutina actual, la mayoría de los tutores reportó que el alumno solo practicaba matemáticas al hacer las tareas escolares, con una frecuencia cercana a una vez por semana, además de un estudio adicional concentrado antes de las pruebas. La ausencia de una rutina u horario de estudio establecido, que se había planteado como supuesto antes de las entrevistas, se confirmó en ellas. Casi todos los tutores señalaron, además, que el alumno no inicia la práctica por su cuenta: necesita que un adulto se lo pida.

Respecto a las barreras, dos motivos se repitieron en la totalidad de los tutores entrevistados: la falta de tiempo disponible y la fricción o resistencia del alumno frente al estudio. Varios tutores mencionaron también, sin profundizar, que no iban más allá de acompañar las tareas porque se consideraban "malos para las matemáticas". En varias entrevistas surgió, como tema recurrente, una relación de frustración o rechazo del alumno hacia las matemáticas. Por otra parte, de lo relatado por tutores y docentes se desprende que el tutor suele enterarse tarde de las dificultades del alumno: a través de las notas, de las reuniones de apoderados o de mensajes del profesor cuando la situación ya requiere atención.

Los docentes coincidieron en general con estas observaciones, aunque pusieron un énfasis particular en la dificultad para sostener la atención de los niños durante períodos de estudio prolongados. Señalaron también que no tienen visibilidad de lo que ocurre con la práctica de sus alumnos fuera del aula.

3.3 Priorización de Funcionalidades

Las funcionalidades se priorizaron con criterio propio, considerando su impacto esperado sobre los criterios de éxito (Tabla 1) y su relación con las necesidades identificadas en las entrevistas: la falta de tiempo del tutor, la resistencia del alumno, la necesidad de que un adulto inicie la práctica, la ausencia de una rutina de estudio y la inseguridad del tutor respecto de la materia. No se aplicó un método formal de priorización con usuarios, como un ranking o una encuesta.

La Tabla 3 relaciona cada funcionalidad priorizada con la necesidad que atiende y con los criterios de éxito que apoya.

Tabla 3. Funcionalidades priorizadas y criterios de éxito que apoyan

Funcionalidad	Grupo	Necesidad detectada	Criterios
Configuración del alumno por el tutor (curso, temas y horario)	Habilitador	Sin docente, alguien debe definir qué y cuándo se practica	Todos
Inicio de la sesión a cargo del tutor	Habilitador	El alumno no inicia la práctica por su cuenta y necesita que un adulto se lo pida	(i), (ii)

Funcionalidad	Grupo	Necesidad detectada	Criterios
Banco de ejercicios por curso, alineado al currículum oficial	Habilitador	Sin docente, el contenido debe corresponder al curso del alumno	(i), (ii)
Sesión acotada con cierre claro (15 minutos por defecto, configurable a 5, 10 o 15)	Habilitador	Dificultad para sostener la atención de los niños	(ii), (iii)
Tolerancia a desconexión	Habilitador	Necesidad técnica	(ii)
Rutina con horario configurable por el tutor	Frecuencia	Falta de tiempo y ausencia de una rutina de estudio	(i), (ii)
Recordatorio a la hora de la sesión	Frecuencia	Falta de tiempo; el alumno necesita que un adulto inicie la práctica	(ii), (iii)
Aldea con recompensas (martillos, edificios y misiones)	Frecuencia	Resistencia del alumno frente al estudio	(iii)
Dificultad adaptativa por tema	Frecuencia	Frustración o rechazo hacia las matemáticas	(iii)
Informe al término de cada sesión	Tutor	El tutor se entera tarde de las dificultades del alumno	(iv)
Análisis y consejo generados con IA	Tutor	Inseguridad del tutor respecto de la materia: el consejo indica qué practicar sin exigir dominio del contenido	(iv), (i)

Fuente: Elaboración propia

4 Diseño y Desarrollo

El desarrollo de PiLands se realizó con el apoyo de un asistente de programación basado en inteligencia artificial (Claude Code, de Anthropic), utilizado durante todo el proyecto para escribir piezas de código a partir de indicaciones específicas. El asistente no definió los requisitos, la arquitectura ni las decisiones técnicas descritas en este capítulo: esas decisiones forman parte del trabajo de esta memoria, al igual que la especificación de cada funcionalidad, la revisión e integración del código generado y las pruebas en dispositivos reales.

4.1 Punto de Partida: PiLands en el Aula

PiLands en el aula se desarrolló sobre el motor Unity, elegido por su abundante documentación, sus herramientas de depuración y su catálogo de recursos. La aplicación se usaba en las tablets del establecimiento, donde tanto los alumnos como el docente iniciaban sesión con una cuenta propia. La persistencia se repartía entre dos servicios de Firebase. En Cloud Firestore se guardaba el progreso individual de cada alumno, como sus martillos, los personajes desbloqueados y su desempeño. En Firebase Realtime Database se guardaba lo que ocurría en cada sesión de clase: los ejercicios que el docente enviaba a todo el curso y las respuestas de cada alumno, con sus métricas. Esa información se sincronizaba en tiempo real: cuando el docente enviaba un ejercicio, aparecía de inmediato en las tablets de los alumnos, y el docente veía las respuestas a medida que llegaban. La dificultad se ajustaba mediante reglas, según el desempeño del alumno.

Ese diseño descansaba en tres supuestos propios del aula: que el docente inicia y conduce la sesión, que todo el curso trabaja al mismo tiempo, y que cada alumno cuenta con un dispositivo del establecimiento y con conexión durante la clase. Ninguno se cumple en el hogar. Allí la práctica depende de un adulto con poco tiempo, ocurre en momentos distintos para cada alumno y se realiza en el teléfono del tutor, con conexión intermitente. Por eso, PiLands no reutiliza código de PiLands en el aula, lo que además no habría sido posible tras el cambio de motor. Lo que sí reutiliza son algunas de sus ideas de diseño, reimplementadas desde cero. La Tabla 4 resume qué cambió.



Tabla 4. Diferencias entre PiLands en el aula y PiLands

Aspecto	PiLands en el aula	PiLands
Contexto de uso	Sala de clases, con todo el curso trabajando a la vez	Hogar, con cada alumno practicando en momentos distintos
Inicio de la sesión	El docente la inicia para todo el curso	El tutor, según un horario que define, con avisos
Dispositivo	Tablets del establecimiento	Teléfono o tablet Android del tutor
Cliente	Unity	Godot 4.7.1 (GDScript) y un plugin en Java
Cuentas	Alumnos y docente con cuenta propia	Sin cuentas: cuenta anónima e identificador de participante
Progreso del alumno	En la nube (Cloud Firestore)	Solo en el dispositivo
Datos de cada sesión	Realtime Database, sincronizados en tiempo real	Cloud Firestore, enviados en diferido desde una cola local
Conexión	Necesaria durante la clase	Funciona con conexión intermitente
Información al adulto	El docente ve respuestas y métricas en tiempo real	Informe al tutor tras cada sesión, con análisis y consejo generados con IA, e informe semanal
Recompensas	Martillos y personajes desbloqueables	Martillos para construir una aldea, con misiones

Aspecto	PiLands en el aula	PiLands
Banco de ejercicios	Tomado del currículum, con variaciones hechas a mano	Generado por programas y verificado de forma automática

Fuente: Elaboración propia

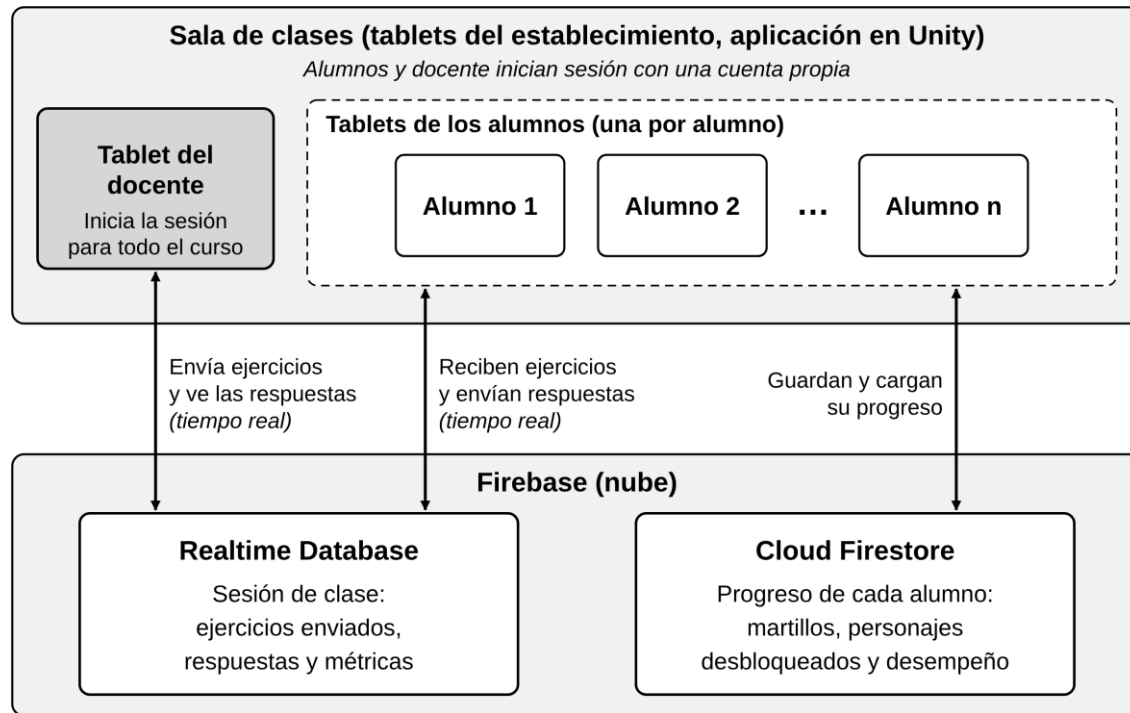


Figura 2. Arquitectura de PiLands en el aula

Fuente: Elaboración propia

4.2 Arquitectura de PiLands

La Figura 3 muestra la arquitectura de PiLands. Se compone de un cliente desarrollado en Godot 4.7.1 con GDScript, que se ejecuta en teléfonos y tablets Android, y de tres servicios externos a los que se conecta por HTTPS: Firebase Authentication, Cloud Firestore y la API de Anthropic.

Godot es un motor de videojuegos libre y de código abierto, desarrollado por su comunidad, que permite crear aplicaciones en 2D y 3D y exportarlas a distintas plataformas, entre ellas Android [21]. Una aplicación en Godot se construye como un árbol de nodos. Cada nodo cumple una función específica, como mostrar una imagen, reproducir un sonido o hacer una petición HTTP, y los nodos se agrupan en escenas reutilizables, que a su vez pueden contener otras escenas. El comportamiento de cada nodo se programa en un script, normalmente en GDScript, el lenguaje propio del motor, con una sintaxis similar a la de Python. Los nodos se comunican mediante señales: cuando ocurre algo, como que se presione un botón o que termine una petición, el nodo emite una señal, y otras partes del código pueden reaccionar a ella o esperarla con `await`. Además, Godot permite registrar autoloads: nodos que se cargan al iniciar la aplicación, se mantienen al cambiar de escena y son accesibles desde cualquier script. Se eligió Godot por su licencia libre, por la experiencia previa con el motor y por la polémica que generaron en 2023 los cambios que Unity anunció en sus condiciones de uso y sus costos.



Casi toda la lógica y el estado de la aplicación viven en el dispositivo. El estado global se organiza en once autoloads de Godot (martillos, aldea, horario, alumno, niveles, sesiones, misiones, avisos, nube, consejo y sonidos), y la mayoría guarda su propio archivo en el almacenamiento local de la aplicación. Cada pantalla es una escena con su script, mientras que la lógica que no depende de la interfaz, como construir los ejercicios, validar datos y calcular las métricas del informe, se concentra en funciones estáticas de los módulos MinigameCatalog y TutorReport. Los bancos de ejercicios se almacenan como archivos JSON incluidos en la aplicación. Los avances en la aldea, los martillos, los edificios y las misiones se guardan solo en el dispositivo y no se envían a la nube.

Los recordatorios se implementan con un plugin propio en Java, que programa alarmas del sistema mediante `AlarmManager.setAlarmClock`. Por cada sesión del horario se emiten tres avisos: diez minutos antes, cinco minutos antes y a la hora. Las alarmas se reprograman al abrir la aplicación, al volver a ella, al cambiar el horario y al reiniciar el teléfono, y tocar el aviso abre directamente la sesión.

Firebase es una plataforma de Google que ofrece servicios en la nube para aplicaciones móviles y web, lo que evita mantener un servidor propio [22]. PiLands usa dos de ellos. Firebase Authentication identifica a quien hace cada petición: además de cuentas con correo electrónico o con otros proveedores, permite crear cuentas anónimas temporales, con las que se puede acceder a datos protegidos sin que el usuario se registre. Cloud Firestore es una base de datos NoSQL orientada a documentos. En lugar de tablas y filas, guarda documentos, que son registros con campos y valores, agrupados en colecciones. Quién puede leer o escribir cada documento se define mediante reglas de seguridad, que Firestore evalúa en el servidor en cada petición, a partir de la identidad del usuario y del contenido del documento. Firebase ofrece también Realtime Database, una base de datos que sincroniza los datos con los dispositivos conectados en tiempo real y que PiLands en el aula usaba para las sesiones de clase (sección 4.1). PiLands no la necesita, porque cada alumno practica por su cuenta y no hay sesiones compartidas que sincronizar. Se eligieron Firebase y Cloud Firestore por la experiencia previa con la plataforma y porque una base de datos en la nube cubría lo que la aplicación necesitaba.

Firebase ofrece bibliotecas oficiales para plataformas como Android, iOS y la web, que en Android guardan los datos de forma local y los sincronizan automáticamente al recuperar la conexión. Como no existen para Godot, PiLands se conecta mediante la API REST de Firestore, que acepta las mismas peticiones autenticadas y aplica las mismas reglas, pero no incluye esa sincronización. Por eso, la aplicación la reemplaza con su propia cola local, descrita en la sección 4.3.

En PiLands, las peticiones a Firebase se hacen mediante nodos `HTTPRequest` de Godot. La primera vez que hay conexión, la aplicación crea una cuenta anónima en Firebase Authentication. Esa cuenta no pide ningún dato al tutor, y su identificador (`uid`) es el que exigen las reglas de Firestore para escribir. Además, el teléfono genera al azar un identificador de participante de 32 caracteres hexadecimales, que es el que se usa para agrupar los datos en el análisis. Cada sesión dirigida o actividad libre se guarda como un documento en una única colección, sesiones, que guarda el identificador de participante, el tipo de registro (sesión dirigida o actividad libre), la fecha, el estado (completada o abandonada), la duración, los aciertos y el registro completo de la sesión o actividad. Las reglas de seguridad solo permiten crear documentos, y únicamente si la aplicación está autenticada, si el `uid` del documento corresponde al de quien escribe y si el registro completo tiene menos de 200.000 caracteres. Leer, modificar o borrar está prohibido desde la aplicación. Si un documento se reenvía, Firestore lo rechaza por duplicado y la aplicación lo da por entregado, de modo que no se generan registros repetidos. La API de Anthropic se usa para generar el análisis y el consejo del informe al tutor; su funcionamiento se detalla en la sección 4.4.

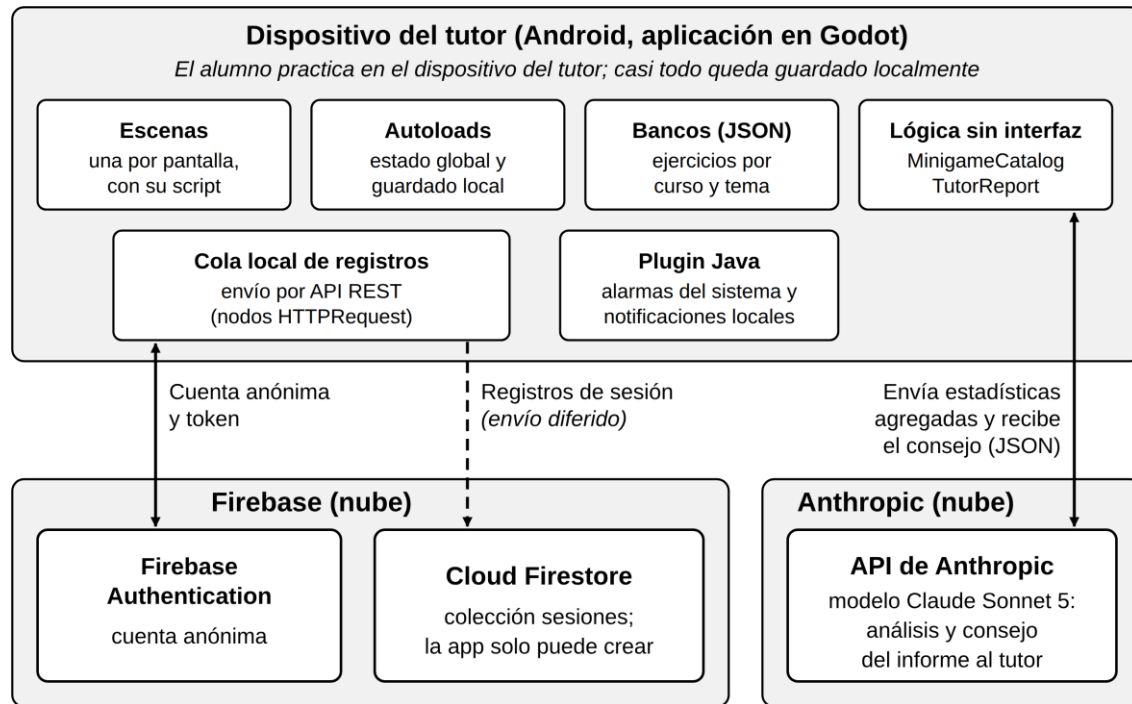


Figura 3. Arquitectura de PiLands

Fuente: Elaboración propia

4.3 Desafíos de Ingeniería y su Resolución

Integración con Firebase sin SDK. Como no existe un SDK oficial de Firebase para Godot, la autenticación anónima, la renovación del token y la creación de documentos se implementaron directamente sobre la API REST, mediante nodos `HTTPRequest`. Un nodo `HTTPRequest` realiza una sola petición a la vez: se agrega al árbol de escenas, se llama a su método `request()` y se espera la señal `request_completed`. En una primera versión, todas las peticiones compartían un único nodo, protegido por una marca de “ocupado”, lo que generaba tres problemas. Primero, si se llama a `request()` mientras hay otra petición en curso, el método devuelve `ERR_BUSY` y la nueva petición no se encola. Segundo, `cancel_request()` interrumpe la petición sin emitir la señal, por lo que quien la esperaba con `await` nunca continúa. Tercero, por defecto el nodo no tiene tiempo límite (`timeout = 0`), de modo que una conexión que queda a medias puede no terminar nunca, y tampoco emite la señal. En la práctica, dos corrutinas vieron el nodo libre al mismo tiempo, la segunda canceló la petición de la primera y la primera quedó esperando indefinidamente. Como los registros se suben de a uno, esa espera detenía toda la cola de subida.

La solución fue que cada petición cree su propio nodo y lo destruya al terminar (archivo `cloud.gd`):

```
var http := HTTPRequest.new()
# siempre termina: con respuesta o por tiempo
http.timeout = 15.0
add_child(http)
if http.request(url, headers, HTTPClient.METHOD_POST, body) != OK:
    http.queue_free()
    # si no salió, no se espera una señal que no vendrá
    return {"code": 0, "body": {}}
```



```
var answer: Array = await http.request_completed  
http.queue_free()
```

Así, ninguna petición comparte su nodo, de modo que ninguna puede cancelar la de otra, y el límite de 15 segundos garantiza que la señal siempre llegue, sea con una respuesta o por tiempo agotado. Si la petición ni siquiera logra iniciarse, la función devuelve un resultado de error en lugar de esperar una señal que no llegará. Las subidas siguen haciéndose de a una, como se describe en el desafío siguiente.

Funcionamiento con conexión intermitente. Los registros de cada sesión se guardan primero en una cola local y se suben en tres momentos: al abrir la aplicación, para reintentar lo que quedó pendiente; al volver a ella, porque puede haber conexión donde antes no la había; y al cerrar una sesión o actividad, que es cuando hay algo nuevo que subir. Ante el primer fallo, el envío se detiene para no gastar batería reintentando sin conexión. Como Firestore rechaza los documentos repetidos, un reenvío no genera duplicados. Con la aplicación cerrada no se sube nada.

Recordatorios que lleguen a la hora. Varios fabricantes de Android restringen las alarmas y el arranque automático de las aplicaciones para ahorrar batería, lo que puede retrasar o suprimir los avisos. En las pruebas, la única alarma que todos los fabricantes respetaron a la hora exacta fue la de tipo despertador, programada con `AlarmManager.setAlarmClock`. Por eso se implementó un plugin propio en Java que la utiliza. El plugin necesita tres permisos: mostrar notificaciones, volver a programar los avisos después de un reinicio y usar alarmas exactas. Desde Android 13, la aplicación usa una variante del permiso de alarmas exactas que se concede al instalarla y que el usuario no puede revocar. Google Play exige justificar su uso, pero eso no fue necesario porque la aplicación se distribuyó como archivo .apk. Antes de programar cada aviso, el plugin comprueba que tiene el permiso. Si no lo tiene, programa una alarma no exacta, que llega igual aunque Android puede retrasarla. Así, la aplicación nunca intenta una alarma exacta sin permiso, lo que la haría cerrarse por un error. El ahorro de batería es un problema distinto, porque puede detener la aplicación aunque tenga el permiso. Para detectar estos casos se agregó una pantalla de diagnóstico. Esta advierte si falta el permiso de alarmas exactas, con un botón que abre el ajuste correspondiente; si el ahorro de batería está activo; si Android restringe la aplicación o la considera poco usada, y si el fabricante bloquea su arranque automático. Además, muestra cuánto se retrasó el último aviso. Un caso que no se consideró fue el cambio al horario de verano: en la noche del sábado 5 de septiembre los relojes se adelantaron una hora y, desde entonces, todos los avisos llegaron una hora más tarde de lo programado.

Sesiones interrumpidas. En el hogar es frecuente que la práctica se interrumpa, y Android puede cerrar la aplicación cuando pasa a segundo plano. Por eso, la sesión en curso no depende de la pantalla, sino del autoloading de sesiones (sección 4.2). Este autoloading la guarda en el dispositivo como sesión activa, con su hora de término, los temas elegidos, los bloques ya presentados y las respuestas dadas. La sesión se guarda al comenzar, cada cinco respuestas, al salir de ella y cuando la aplicación pasa a segundo plano. Si el alumno sale con el botón para volver atrás, la aplicación pide confirmación, pero no cierra la sesión. Tanto las salidas como las vueltas quedan en el registro de uso (sección 4.5). Al volver, si la hora de término aún no ha pasado, la portada ofrece continuar la sesión con los mismos temas y la misma duración, que ya no pueden cambiarse. La práctica sigue con el bloque siguiente y suma las respuestas anteriores. Este mecanismo tiene tres límites. Primero, el tiempo sigue corriendo durante la interrupción, porque la hora de término es fija. Segundo, la sesión no vuelve a la pregunta exacta, sino al bloque siguiente. Además, si la aplicación se cerró por completo, puede repetirse alguna pregunta, porque la lista de preguntas usadas solo se mantiene en memoria y no se guarda en el dispositivo. Tercero, si el alumno vuelve después de la hora de término, la sesión se cierra como abandonada la próxima vez que se abre la aplicación. Lo mismo ocurre si se inicia otra sesión o si el tutor cambia el curso del alumno mientras hay una sesión activa.

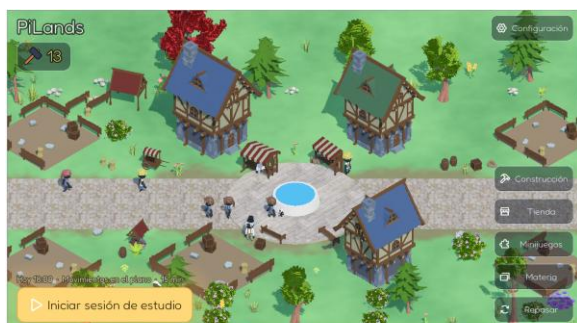
Generación y verificación de los bancos de ejercicios. Construir a mano miles de ejercicios por curso no era viable. Para cada tema, a partir del temario y de entre cuatro y seis ejemplos resueltos por nivel, se diseñaron de tres a cuatro familias de ejercicios, y se escribió un programa que genera 100 ejercicios por nivel de dificultad, construyendo cada enunciado a partir de su respuesta. Un segundo programa, independiente del

primero, recalculó la respuesta de cada enunciado y comprobó que ninguna alternativa incorrecta tuviera el mismo valor que la correcta. Además, se revisó a mano una muestra de cada nivel para asegurar que la redacción fuera natural. Algunos temas tienen menos de 300 ejercicios porque no admitían más combinaciones.

Distribución fuera de las tiendas. La aplicación se distribuyó como archivo .apk, fuera de Google Play, y en todos los dispositivos aparecieron advertencias de Google Play Protect y de los bloqueadores de los fabricantes. En algunos casos, la aplicación se instaló directamente en el dispositivo del tutor y se dejó lista para usar; en los demás, se explicó a los tutores que esas advertencias son esperables en una aplicación no publicada en la tienda. Aun así, un tutor declaró no haberla instalado por esas advertencias (capítulo 5).

4.4 Funcionalidades Implementadas

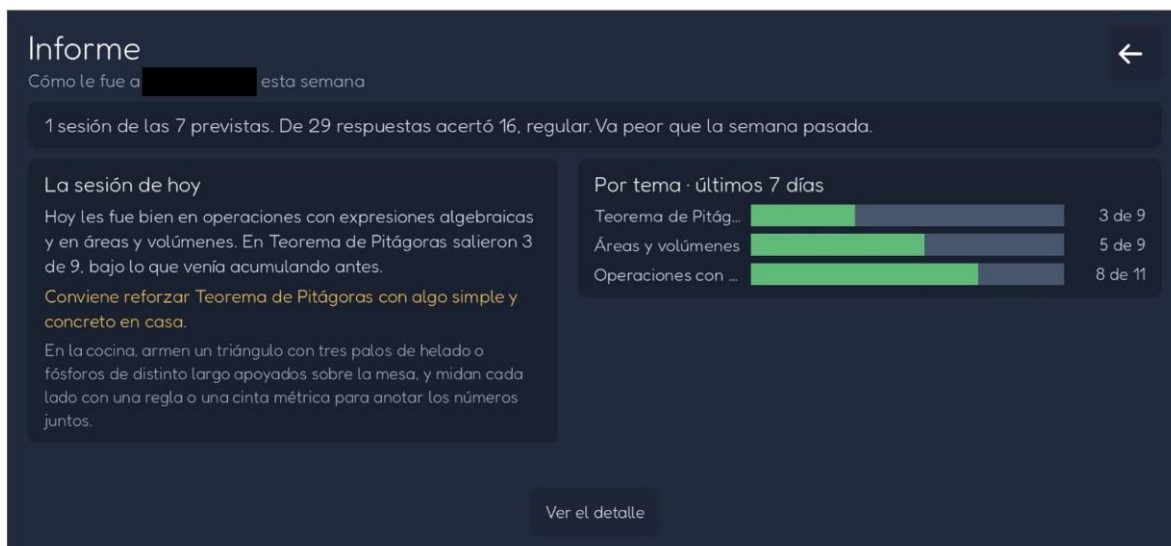
Todas las funcionalidades priorizadas en la Tabla 3 se implementaron. La Figura 4 muestra las principales pantallas.



(a) Aldea



(b) Pregunta durante una sesión



(c) Informe al terminar una sesión (nombre del alumno oculto)

Figura 4. Pantallas principales de PiLands

Fuente: Elaboración propia

Habilitadores. La aldea es la escena principal de la aplicación. Desde ella se accede a la configuración, donde el tutor indica en "Mi alumno" el curso, los temas que quiere que practique y el horario de las sesiones, y donde consulta el avance por tema y los informes. Cada sesión dura 15 minutos por defecto, con la opción de acortarla a 5 o 10, y combina preguntas de alternativas con minijuegos de los temas elegidos. Los ejercicios provienen



de bancos por curso para 3°, 4°, 5°, 7° y 8° básico, contruidos a partir del currículum nacional del Ministerio de Educación [3]. En total suman 23.045 preguntas de alternativas y 5.842 ejercicios repartidos en 20 minijuegos, como el reloj, las fracciones, el plano cartesiano o la balanza de ecuaciones. La dificultad de cada tema se ajusta en tres niveles, fácil, intermedio y desafío, según el ajuste dinámico descrito en la sección 2.1: tres respuestas correctas seguidas en un tema lo suben un nivel, y tres incorrectas seguidas lo bajan un nivel.

Frecuencia. Diez y cinco minutos antes de cada sesión, y a su hora, la aplicación emite un aviso; tocarlo abre directamente la práctica. Cada respuesta correcta entrega un martillo, que el alumno usa en la tienda para comprar edificios y ubicarlos en la aldea. Las misiones son condiciones que, al cumplirse, desbloquean nuevas versiones de los edificios comprados. Se diseñaron para que el alumno explore todos los temas de su curso y no se quede solo en los que mejor conoce.

Tutor. Al terminar cada sesión, la aplicación ofrece revisar el informe o ir a la aldea a usar los martillos ganados. El informe muestra los ejercicios realizados y correctos por tema, junto con un resumen, una recomendación y una actividad para hacer en casa sobre el tema que más le cuesta al alumno. Además, un informe semanal, accesible desde "Ver el detalle", resume la semana con una tabla por tema y las preguntas en que el alumno más se equivoca. Todos los informes quedan guardados en el dispositivo.

Durante el desarrollo se agregaron funcionalidades que no formaban parte del conjunto priorizado. La primera es el juego libre, donde el alumno elige un minijuego y la dificultad. También se agregaron el modo Repasar y el botón "Disminuir la dificultad", disponible durante la sesión, que presenta un ejercicio del mismo tema, pero de menor dificultad. La aplicación incluye además sonidos y música, una interfaz adaptada a tablets y dos pantallas de diagnóstico: una para los avisos y otra para los datos (cuenta, cola de subida y código de familia).

Análisis y consejo generados con IA. Al terminar cada sesión, la aplicación solicita al modelo Claude Sonnet 5, mediante la API de Anthropic, un resumen, una recomendación y una actividad para el hogar: el resumen corresponde al análisis, y la recomendación y la actividad, al consejo. La instrucción tiene dos partes. La primera es un conjunto de reglas fijas, que se describen a continuación. La segunda es un mensaje breve con datos ya calculados por la aplicación: los aciertos por tema en la sesión y su acumulado previo, los aciertos en los minijuegos, el tema a reforzar junto con la regla que lo eligió, una descripción breve de ese tema y las tres últimas actividades sugeridas, para evitar repeticiones. No se envía ningún dato identificable: ni el nombre del alumno, ni su identificador, ni sus respuestas concretas.

Las reglas exigen que el modelo responda solo con un objeto JSON, sin texto alrededor ni bloques de código, con la siguiente forma:

```
{
  "resumen": "...",
  "recomendacion": "...",
  "actividad": "..."
}
```

Cada campo tiene un contenido acotado:

- **resumen:** dos o tres frases sobre cómo fue la sesión. Si la aplicación le entrega la comparación con el desempeño habitual del alumno, la menciona. Debe comenzar por lo ocurrido, sin frases de relleno como "estuvo activo durante quince minutos" y sin repetir la duración de la sesión.
- **recomendacion:** una o dos frases sobre el tema a reforzar. Ese tema lo decide la aplicación, y el modelo no puede elegir ni sugerir otro.
- **actividad:** una o dos frases con una actividad concreta sobre ese tema, para hacer dentro o fuera de la casa con objetos que hay en cualquier hogar, sin material escolar, sin imprimir y sin comprar

nada. No puede repetir actividades sugeridas antes y debe variar el escenario (la cocina, el patio, el transporte público, la feria o un juego de mesa), en vez de recurrir siempre al supermercado.

Además, hay reglas que se aplican a los tres campos: escribir en español de Chile y para un padre o una madre, hablar de los ejercicios y nunca del niño, no comparar al alumno con otros niños, no usar cifras distintas de las entregadas y no suponer qué entiende el alumno. Para referirse al alumno, el modelo escribe `{alumno}`, con las llaves, porque el nombre del alumno nunca se entrega a la API.

La respuesta se controla de forma automática: si no es un JSON válido o le falta el resumen, se descarta. Cada texto se guarda con su sesión y se sube a Firestore, de modo que queda registro de lo que leyó cada familia. No hay revisión humana previa. Si al terminar la sesión no hay conexión, el informe muestra un texto calculado por la propia aplicación, y la solicitud se reintenta al abrir la aplicación o volver a ella, hasta tres intentos fallidos.

4.5 Registro de Uso para la Validación

Cada documento de la colección sesiones incluye, en el campo datos, el registro completo de la sesión o actividad. Para las sesiones dirigidas se registran:

- la hora de inicio, la de término prevista y la de fin;
- los minutos elegidos;
- si la sesión se abrió desde un aviso o a mano, y si ocurrió cerca de la hora del horario;
- los temas elegidos y el orden en que se presentaron;
- el perfil del alumno al comenzar;
- cuántas veces se salió de la aplicación y se volvió;
- si la sesión quedó completada o abandonada;
- el texto generado por el modelo.

Para las actividades libres se registran el inicio, el fin, el tipo de juego, el tema y el estado; el modo Repasar se distingue por su tema. Por cada respuesta se guardan el identificador del ejercicio, el tema, si fue correcta, el tiempo de respuesta, la alternativa elegida y la correcta, la hora y, dentro de una sesión, si provenía de las preguntas o de un minijuego. No se registran la dificultad elegida a mano, el uso del botón "Disminuir la dificultad", el nivel de cada tema en cada momento, las aperturas de la aplicación ni las compras en la aldea. La dificultad de cada ejercicio no se guarda, pero se reconstruye a partir de su identificador.

Para los criterios (ii) y (iii) se cuenta como sesión cada sesión dirigida completada; las sesiones abandonadas y las actividades libres se reportan aparte, como resultados complementarios. Los datos se agrupan por identificador de participante, ya que el código de familia no se completó en ningún dispositivo. Se excluyen los registros de las pruebas de desarrollo y los posteriores al 30 de septiembre. El criterio (ii) se calcula dividiendo el total de sesiones de cada alumno por las 4,3 semanas del período. El criterio (iii) compara el total de sesiones del grupo en la última semana (del 24 al 30 de septiembre) con el de la primera (del 1 al 7 de septiembre).

4.6 Pruebas

La aplicación se probó en dispositivos reales, y las pruebas se centraron en verificar que cada funcionalidad operara correctamente. Se usaron teléfonos Android de distintos fabricantes y gamas, entre ellos un Poco X8 Pro, un Xiaomi redmi note 9 y un Samsung Galaxy S25, y también en una tablet Amazon Fire, porque una familia quiso usar la aplicación en ese formato. Todas las pruebas se realizaron de forma manual.

Se revisaron, en particular, cuatro aspectos. Primero, el sistema de avisos: se programaron sesiones en distintos teléfonos y se observó en qué casos los avisos se retrasaban o no llegaban, lo que llevó a usar las alarmas del



sistema descritas en la sección 4.3. Las pruebas no incluyeron el cambio al horario de verano, por lo que el error descrito anteriormente solo se detectó durante el estudio. Segundo, la interfaz en distintas resoluciones y tamaños de pantalla, lo que obligó a adaptar las dimensiones de los elementos para que la aplicación pudiera usarse adecuadamente en tablets. Tercero, el funcionamiento en dispositivos de gama baja, para comprobar que la aplicación pudiera ejecutarse en teléfonos con menos recursos. Cuarto, el informe al tutor: se realizaron sesiones completas y se revisó que el informe mostrara los ejercicios realizados y correctos por tema, y que el análisis y el consejo generados por el modelo llegaran correctamente.

5 Validación y Resultados

5.1 Diseño del Estudio

Reclutamiento. El estudio se realizó con familias de dos establecimientos de la región de Arica y Parinacota. En ambos, antes de invitar a las familias, se informó del estudio a la dirección, a la unidad técnico-pedagógica (UTP) y a los profesores de los cursos involucrados. En el primer establecimiento, PiLands se presentó en una reunión de apoderados, y al final se entregó a los interesados un código QR con el cuestionario inicial, que incluía el consentimiento informado (Anexo C). En el segundo, una profesora distribuyó el mismo cuestionario entre los apoderados. Posteriormente, la aplicación se distribuyó a los apoderados que dieron su consentimiento.

En la presentación, a la que asistieron algunos de los tutores entrevistados en el levantamiento de necesidades, tres funcionalidades generaron una reacción especialmente positiva: que los ejercicios estuvieran alineados con lo que el alumno ve durante el semestre, el desglose del desempeño por área o tema, y los avisos para sesiones cortas. Esta reacción es una primera señal cualitativa de la recepción de PiLands, distinta de los criterios de éxito (i) a (iv), que se evalúan con los cuestionarios y los registros de uso.

Participantes. La población se definió inicialmente como alumnos de cuarto básico y sus tutores, el curso en que se realizó el levantamiento de necesidades (capítulo 3). Antes del estudio se amplió a toda la enseñanza básica para reunir la mayor cantidad posible de participantes y alcanzar la muestra mínima de 8 alumnos. Por eso se construyeron bancos de ejercicios para 3°, 4°, 5°, 7° y 8° básico. Finalmente, los alumnos con registros de uso fueron de 4° y 8° básico, salvo un identificador sin curso configurado (Tabla 6). Dieciséis tutores respondieron el cuestionario inicial y dieron su consentimiento. Cuatro de ellos no llegaron a usar la aplicación: tres porque tenían iPhone, y uno porque, según declaró, no la instaló por las advertencias de seguridad que mostraba el teléfono (sección 4.3). La Tabla 5 resume la participación en cada etapa.

Tabla 5. Participación en cada etapa del estudio

Etapas	Cantidad
Tutores que respondieron el cuestionario inicial y dieron su consentimiento	16
Tutores que no recibieron la aplicación por tener iPhone	3
Tutores que declararon no instalarla por las advertencias de seguridad	1
Tutores que instalaron la aplicación	10
Tutores que respondieron el cuestionario final	3

Fuente: Elaboración propia

Instrumentos. Se usaron tres instrumentos. El cuestionario inicial, aplicado en Google Forms, consultó por los días de práctica de matemáticas del alumno en los últimos 7 días, la duración de cada sesión de estudio, cuán informado se siente el tutor sobre el desempeño del alumno en general y en contenidos específicos, su mayor dificultad para acompañar el estudio, el uso previo de aplicaciones y el tipo de teléfono. El cuestionario final

repitió los cinco primeros ítems y agregó preguntas sobre el uso de PiLands, con dos recorridos según la frecuencia de uso declarada. Quienes la usaron más de dos veces respondieron sobre quién iniciaba las sesiones, las funciones usadas, la utilidad de los avisos y del informe, la dificultad de los ejercicios, la motivación que generaba la aldea, lo que les impidió usarla más y lo que más les gustó. Quienes no la usaron, o la usaron una o dos veces, respondieron sobre la instalación y sus motivos. Ambos cuestionarios se incluyen en el Anexo B. El tercer instrumento son los registros de uso de la aplicación, descritos en la sección 4.5.

Procedimiento. La aplicación se instaló entre fines de agosto y la primera semana de septiembre. En algunos casos, se dejó instalada y lista para usar en el dispositivo del tutor; en los demás, el tutor la instaló por su cuenta. Como algunas familias comenzaron durante la primera semana de septiembre, no todos los alumnos tuvieron el mes completo, pero todos contaron con al menos las tres semanas de uso indicadas en el consentimiento. Durante el período, se mantuvo contacto con algunos tutores para resolver problemas técnicos y se entrevistó a tres de ellos sobre su experiencia con la aplicación. No se enviaron actualizaciones a quienes ya tenían la aplicación instalada. La aplicación no consideraba el cambio al horario de verano (sección 4.3): desde la noche del sábado 5 de septiembre, los avisos llegaron una hora más tarde de lo programado, es decir, durante 25 de los 30 días del período. Además, ambos establecimientos tuvieron un receso sin clases por Fiestas Patrias entre el 14 y el 21 de septiembre. Finalmente, a partir del 29 de septiembre, los tutores recibieron por WhatsApp y correo electrónico la invitación a responder el cuestionario final.

Consideraciones éticas. La participación requirió el consentimiento informado del tutor (Anexo C), que podía retirar al alumno en cualquier momento. El asentimiento de los alumnos no se solicitó directamente, sino a través de sus tutores, sin un formulario adaptado a su edad. Los datos se anonimizaron: los registros de uso se identifican con un código aleatorio, el correo de los cuestionarios se eliminó antes del análisis y al modelo de lenguaje no se envía ningún dato que identifique al alumno (sección 4.4). Además, el consentimiento señalaba que el estudio «no conlleva riesgos de ningún tipo», una expresión imprecisa: el estudio era de riesgo mínimo, pero no estaba libre de riesgos. Los riesgos previsibles eran el tiempo adicional frente a una pantalla, la posible frustración ante ejercicios difíciles, el tratamiento de datos de uso de menores, la instalación de una aplicación fuera de la tienda oficial y la entrega de textos generados con IA sin revisión humana. Para acotarlos, las sesiones dirigidas duraban como máximo 15 minutos, el alumno podía disminuir la dificultad durante la sesión y el modelo se restringió con reglas explícitas. Un estudio futuro debería incorporar un asentimiento adaptado a la edad de los alumnos y describir estos riesgos en el consentimiento.

Muestra analizada. Los registros de uso se depuraron antes del análisis. Se excluyeron los del teléfono usado para el desarrollo y los de cinco identificadores con señales de corresponder a pruebas de desarrollo: tiempos de respuesta de una fracción de segundo, ejercicios sintéticos o el uso de un atajo para sesiones de prueba. También se excluyeron cinco sesiones de un mismo alumno que se cerraron en menos de un segundo y sin respuestas, a causa de un error de la aplicación al cambiar de curso.

Para los criterios (i) y (iv), se comparan las respuestas de los tutores que respondieron el cuestionario inicial con las de los tres que respondieron el final, de los cuales dos instalaron la aplicación. Como el grupo final es mucho menor que el inicial y no coincide con él, la comparación se hace a nivel de grupo y solo tiene valor descriptivo. Para los criterios (ii) y (iii), se consideran los 11 identificadores restantes, con sus registros desde la instalación hasta el 30 de septiembre y las reglas de la sección 4.5. Un identificador no equivale a un alumno: se genera en cada instalación, de modo que una reinstalación crea uno nuevo. Como diez tutores instalaron la aplicación, los 11 identificadores corresponden a entre 10 y 11 alumnos: el identificador adicional puede deberse a una reinstalación o al uso de otro niño. Como no es posible vincular los identificadores de una misma familia, los resultados se reportan por identificador.

5.2 Resultados

El estudio reunió la muestra mínima prevista, pero la aplicación casi no se usó. La Tabla 6 resume el uso de los 11 identificadores con registros, desde la instalación hasta el 30 de septiembre. Cinco de ellos usaron PiLands un solo día, y la mediana de tiempo de práctica fue de 15 minutos en todo el período, sin contar el tiempo en la



aldea, que no se registra. Entre todos completaron 19 sesiones dirigidas, cuando el criterio (ii) esperaba que cada alumno completara al menos dos por semana, es decir, cerca de nueve en el mes. Solo un alumno usó la aplicación de forma sostenida: practicó seis días entre el 13 y el 26 de septiembre y completó nueve sesiones.

Tabla 6. Uso de PiLands por identificador, desde la instalación hasta el 30 de septiembre

Identificador	Curso	Días de uso	Sesiones dirigidas (completadas)	Actividades de juego libre	Minutos
I1	4° básico	2	6 (4)	13	88
I2	4° básico	2	1 (0)	3	8
I3	4° básico	4	4 (1)	43	58
I4	4° básico	3	1 (0)	3	12
I5	4° básico	1	2 (2)	0	20
I6	8° básico	1	1 (1)	0	5
I7	4° básico	3	3 (0)	4	4
I8	8° básico	1	2 (1)	24	21
I9	Sin configurar	1	0 (0)	2	2
I10	4° básico	1	1 (1)	0	15
I11	8° básico	6	10 (9)	7	62
Total			31 (19)	99	295

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 7 resume el resultado de cada criterio. El criterio (ii) no se cumple: solo uno de los 11 identificadores alcanzó un promedio de dos sesiones por semana, es decir, entre el 9% y el 10% de los alumnos. El criterio (iii) tampoco se cumple: la última semana registra una sesión completada, frente a siete en la primera (14%), y esa única sesión corresponde al alumno que comenzó a mediados de mes. Los criterios (i) y (iv) se clasifican como no evaluables, porque dependen del cuestionario final, que solo respondieron tres tutores, uno de los cuales no instaló la aplicación. En el criterio (i), el porcentaje de alumnos que practica tres o más días por semana pasó de 19% (3 de 16) a 33% (1 de 3), un cambio que depende de una sola respuesta. En el criterio (iv), el promedio de la escala pasó de 4,4 a 4,7; además, como el promedio inicial ya era alto, la escala solo admitía un aumento de 0,6 puntos, por lo que el umbral de un punto no podía alcanzarse en este grupo.

Tabla 7. Resumen del cumplimiento de los criterios de éxito

Criterio	Umbral	Resultado	¿Cumple?
(i) Frecuencia de práctica	El porcentaje de alumnos que practica 3 o más días por semana aumenta	3 de 16 (19%) al inicio, 1 de 3 (33%) al final	No evaluable
(ii) Uso regular	Al menos el 75% de los alumnos promedia 2 o más sesiones por semana	1 de 11 identificadores (9%)	No
(iii) Persistencia	El uso de la última semana es al menos el 50% del de la primera	1 sesión frente a 7 (14%)	No
(iv) Conciencia del tutor	El promedio del grupo sube al menos 1 punto	Promedio 4,4 al inicio y 4,7 al final	No evaluable

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, el estudio no permite responder la pregunta que motivó esta memoria: si PiLands aumenta la frecuencia de práctica de matemáticas en el hogar y la conciencia del tutor sobre el progreso del alumno. Con

un uso tan bajo, el efecto de la aplicación no pudo ponerse a prueba, y los cuestionarios tampoco permiten medir un cambio: el inicial lo respondieron dieciséis tutores y el final solo tres, por lo que ambas muestras no son comparables. Este resultado no demuestra que la aplicación no tenga efecto, sino que ese efecto no pudo evaluarse. Lo que el estudio sí deja en evidencia es que el principal obstáculo fue que las familias adoptaran la aplicación y la incorporaran a su rutina.

5.3 Discusión

Las siguientes hipótesis buscan explicar el bajo uso de PiLands. Surgen de las entrevistas a tres tutores durante el periodo, del cuestionario final, de los registros de uso y del contexto del estudio. Ninguna se puso a prueba, por lo que deben leerse como explicaciones posibles y no como hallazgos.

El uso real no coincidió con el previsto. PiLands se diseñó suponiendo que la aplicación estaría en el teléfono del tutor y que él iniciaría cada sesión, recibiría los avisos y leería el informe. Sin embargo, los tres tutores entrevistados durante el periodo contaron que le entregaban el teléfono al alumno y lo dejaban practicar solo, y algunas familias prefirieron instalar la aplicación en el dispositivo del alumno. Además, aparecieron obstáculos para que el alumno accediera a la aplicación. Un tutor que administra un negocio explicó que no podía prestar su teléfono, porque no responder a tiempo los mensajes de sus clientes significaba perder ventas. En una familia con padres separados, la aplicación estaba en el teléfono de uno de ellos, por lo que el alumno no tenía acceso cuando estaba en la otra casa, lo que interrumpía la continuidad de su práctica.

Los registros coinciden con un uso sin acompañamiento. Los 11 identificadores registraron 99 actividades de juego libre y solo 31 sesiones dirigidas, y a lo más 3 de esas sesiones se abrieron desde un aviso. En cuatro identificadores, entre el 22% y el 71% de las respuestas llegó en menos de 1,5 segundos, lo cual es demasiado rápido para leer la pregunta; en el conjunto de los registros, esas respuestas acertaron un 24%, el nivel esperable al azar con cuatro alternativas. Cuando el alumno usa la aplicación solo o en otro dispositivo, los elementos pensados para el tutor pierden su función. El informe, en particular, solo puede consultarse dentro de la aplicación, y un tutor contó que no entraba a ella porque “no entiende los juegos”, una barrera que no se consideró en el diseño.

La conducción de la práctica quedó a cargo del tutor. La aplicación contiene los temas del curso, pero no ofrece una ruta que guíe al alumno por ellos en el orden en que los ve en el colegio: elegir qué temas practicar y cuándo hacerlo quedó en manos del tutor. Eso choca con dos de las causas identificadas en el capítulo 1: la falta de tiempo del tutor y su inseguridad respecto de la materia. Aunque el informe le indica qué tema reforzar sin exigirle dominar el contenido (sección 2.2), decidir qué practicar sí lo exige. En retrospectiva, delegar esa conducción en el tutor fue una decisión de diseño equivocada, y pesa aún más si, como se describió antes, el alumno termina usando la aplicación solo. Además, el supuesto de que el tutor tendría el tiempo y el teléfono disponibles para acompañar la práctica no se validó con los tutores antes del desarrollo (sección 3.3).

El diseño de juego y el atractivo para el alumno. El desarrollo priorizó las funcionalidades asociadas a los criterios de éxito, y el diseño visual y de juego recibió menos atención: el rediseño de la línea gráfica quedó fuera del alcance (sección 1.4), y la experiencia no se probó con niños para verificar que resolver ejercicios no resultara frustrante, que se sintiera gratificante y que el avance motivara a continuar. En los juegos que los niños usan hoy, esos aspectos son clave para captar su atención. Un tutor contó que su pupilo consiguió todos los edificios de la aldea en poco tiempo y que, desde entonces, seguía haciendo las sesiones por costumbre: una vez completada la aldea, la aplicación ya no ofrecía metas nuevas. Los registros respaldan esta hipótesis solo de forma indirecta. Las sesiones abandonadas se dejaron, en mediana, a los 1,9 minutos. Además, como cada acierto entrega un martillo, responder rápido y al azar puede convertirse en una forma de obtener recompensas sin esfuerzo, lo que es compatible con las respuestas rápidas descritas antes. Esta hipótesis gana importancia porque la aplicación quedó, en la práctica, en manos del alumno.

La aplicación no se presentó a los alumnos. PiLands se presentó a los apoderados (sección 5.1), pero no a los alumnos, que terminaron siendo sus principales usuarios. Así, el alumno recibió la aplicación sin una instancia



que le mostrara directamente los aspectos que podían interesarle, como la aldea, los minijuegos y las recompensas. En PiLands en el aula, en cambio, la aplicación se presentó el mismo día a los docentes y a los alumnos y, según lo observado en esa experiencia, los alumnos la usaron con entusiasmo desde el comienzo. Una presentación dirigida a los alumnos podría haber reducido su resistencia inicial y haberles dado un motivo propio para volver a la aplicación, sin depender de que el tutor se lo pidiera.

La instalación fuera de la tienda de aplicaciones. Como PiLands se distribuyó como archivo .apk, los teléfonos mostraron advertencias de seguridad al instalarla (sección 4.3). Un tutor relató en el cuestionario final que su teléfono le advirtió de un posible virus, por lo que no instaló la aplicación y la instalación “quedó pendiente”. Luego, por falta de tiempo, la olvidó, y cuando la recordó el período ya había terminado; aun así, señaló que ahora sí la utilizaría. Este caso muestra que la fricción de la instalación, sumada a la falta de tiempo del tutor, puede bastar para que una familia interesada nunca llegue a usar la aplicación.

El error en los avisos. Desde el 6 de septiembre, los avisos llegaron una hora más tarde de lo programado (sección 4.3), lo que probablemente redujo su utilidad durante la mayor parte del período.

El período del estudio. Septiembre incluye las Fiestas Patrias, y ambos establecimientos tuvieron un receso sin clases entre el 14 y el 21 de septiembre. Un receso así interrumpe la rutina escolar y familiar, y coincide con la disminución del uso en la segunda mitad del mes: los alumnos activos pasaron de seis en la semana del 7 de septiembre a tres en la semana del receso y a dos en la siguiente. Sin embargo, no explica el abandono inicial. Varios alumnos dejaron de usar la aplicación antes del receso; por ejemplo, dos que comenzaron el 3 y el 5 de septiembre no volvieron a usarla, aunque la semana siguiente tuvo clases normales.

En conjunto, estas hipótesis sugieren que el obstáculo principal estuvo en la adopción más que en la persistencia. La sección 2.3 anticipaba que el uso podría caer una vez pasado el efecto novedad, pero en este estudio la caída ocurrió antes de que el uso llegara a establecerse. Además, las hipótesis se basan en entrevistas a solo tres tutores, realizadas sin un entrevistador independiente, y en pocos comentarios del cuestionario final, por lo que podrían no representar a todas las familias.

6 Limitaciones y Trabajo Futuro

6.1 Alcance de los Resultados

Los resultados de esta memoria describen la experiencia de diez familias de dos establecimientos de la región de Arica y Parinacota durante septiembre de 2026. Son exploratorios y no buscan generalizarse: muestran cómo se usó PiLands en ese contexto y qué obstáculos aparecieron, pero no permiten concluir si la aplicación aumenta la frecuencia de práctica ni si mejora el aprendizaje.

6.2 Limitaciones del Estudio

La muestra fue pequeña y seleccionada por disponibilidad, por lo que probablemente participaron las familias más interesadas. El período fue de solo un mes e incluyó un receso de una semana por Fiestas Patrias. No hubo grupo de control, de modo que los cambios entre el cuestionario inicial y el final no pueden separarse de otros factores, como el avance del año escolar. Además, como las respuestas de los cuestionarios no se pueden vincular con los registros de uso de cada familia, la comparación solo puede hacerse a nivel de grupo. La frecuencia de práctica fue declarada por los tutores y no observada, lo que la expone a la deseabilidad social. Las entrevistas fueron solo tres y no las realizó un entrevistador independiente. Por último, el uso fue tan bajo que el estudio no alcanzó a poner a prueba el efecto de la aplicación (sección 5.2).

6.3 Limitaciones Técnicas y de Proceso

Disponibilidad solo para Android. Ya en la presentación a los apoderados se observó que varios usaban iPhone, y tres de los dieciséis tutores que respondieron el cuestionario inicial quedaron fuera por esa razón. Es una parte de la población a la que el estudio no logró llegar, y no es posible saber si su experiencia habría sido distinta.

Progreso guardado solo en el dispositivo. El avance del alumno queda únicamente en el dispositivo donde está instalada la aplicación. Si el alumno no tiene acceso a ese dispositivo, como ocurrió en la familia con padres separados, no puede continuar en otro, y si la aplicación se desinstala, el progreso se pierde.

Sin forma de actualizar la aplicación durante el estudio. El error de los avisos tras el cambio al horario de verano dejó en evidencia que no había un mecanismo para actualizar la aplicación a distancia. Como la aplicación se distribuyó como archivo .apk, cualquier corrección habría requerido que cada familia descargara e instalara a mano una nueva versión, con las mismas advertencias de seguridad que ya habían dificultado la primera instalación. Así, ni ese error ni cualquier otro detectado durante el período podían corregirse en los dispositivos de las familias. Publicarla en Google Play se descartó porque exigía pasar por los procesos de revisión de la tienda, con tiempos de espera que no eran compatibles con el calendario del estudio.

Sin prueba piloto. Antes del estudio, la aplicación no se probó con tutores y alumnos en condiciones reales. Por eso, supuestos como el de quién usaría la aplicación solo se pusieron a prueba durante la validación.

Clave de la API dentro de la aplicación. La clave para acceder a la API de Anthropic va incluida en la aplicación, por lo que alguien con conocimientos técnicos podría extraerla y usarla. Se aceptó como un riesgo acotado, dado el grupo pequeño y conocido de participantes, el período breve y la distribución fuera de las tiendas, pero no es aceptable en una versión pública.

6.4 Trabajo Futuro

Las líneas de trabajo futuro se desprenden de las hipótesis de la sección 5.3 y de las limitaciones descritas en este capítulo. Se agrupan por tema, comenzando por las que apuntan al principal obstáculo observado: la adopción de la aplicación.

Adopción y modelo de uso. Antes de un nuevo desarrollo, conviene validar con las familias cómo se usará la aplicación: quién la tiene, en qué dispositivo y quién inicia la práctica. Una prueba piloto breve, con pocos tutores y alumnos, permitiría detectar a tiempo supuestos como el que no se cumplió en este estudio (secciones 5.3 y 6.3). Como en la práctica el alumno usó la aplicación solo, la versión siguiente debería diseñarse para ese uso autónomo, con la posibilidad de instalarla en el dispositivo del alumno y con avisos que lleguen a él. Además, la aplicación debería presentarse directamente a los alumnos, como se hizo en PiLands en el aula, para que conozcan desde el comienzo lo que puede interesarles.

Conducción de la práctica. En lugar de que el tutor elija qué temas practicar, la aplicación podría ofrecer una ruta de aprendizaje que guíe al alumno por los contenidos en el orden en que los ve en el colegio. Esto aprovecharía uno de los aspectos mejor recibidos en la presentación, la alineación con el semestre, y liberaría al tutor de una tarea que exige tiempo y conocimiento de la materia (sección 5.3).

Información al tutor. El informe debería llegar al tutor por un canal que ya revise, como el correo electrónico o WhatsApp, en vez de quedar solo dentro de la aplicación. Así, el tutor podría seguir el avance del alumno sin tener que entrar a la aplicación, una barrera que apareció en las entrevistas.

Diseño de juego. La progresión de la aldea debería extenderse, con metas nuevas una vez construidos todos los edificios, y la entrega de recompensas debería revisarse para no premiar las respuestas al azar. Junto con mejorar



el diseño visual, esto requiere probar la experiencia con niños antes de una nueva validación, para verificar que resolver ejercicios no resulte frustrante y que el avance motive a continuar.

Aspectos técnicos. Las limitaciones técnicas de la sección 6.3 dan lugar a cinco mejoras: incorporar cuentas y guardar el progreso en la nube, como en PiLands en el aula (sección 4.1), para usar la aplicación desde más de un dispositivo; publicarla en Google Play, considerando con anticipación los tiempos de revisión, para distribuir actualizaciones de forma automática y evitar las advertencias de seguridad al instalarla; desarrollar una versión para iOS; proteger la clave de la API mediante un servidor intermedio, y corregir la programación de los avisos para que respete los cambios de horario.

Un nuevo estudio. Una vez resuelta la adopción, tendría sentido repetir la validación con un estudio más largo que la mediana de 66 días que tomó formar un hábito en el estudio de Lally et al. [11], para observar la formación de un hábito y no solo la frecuencia de práctica. Ese estudio debería contar con una muestra mayor y un grupo de control, realizarse fuera de períodos de vacaciones y usar un código por familia que vincule los cuestionarios con los registros de uso. También convendría medir el efecto sobre el aprendizaje, por ejemplo con una prueba al inicio y al cierre, y usar para la conciencia del tutor una medida que no parta cerca del máximo de la escala (sección 5.2).

7 Conclusiones

La Tabla 8 resume el grado de cumplimiento del objetivo general y de cada objetivo específico.

Tabla 8. Grado de cumplimiento de los objetivos

Objetivo	Grado	Fundamento
Objetivo general	Parcialmente cumplido	Se desarrolló una versión funcional de PiLands para el hogar, pero no fue posible determinar si aumenta la frecuencia de práctica ni la conciencia del tutor.
OE1	Parcialmente cumplido	Se analizaron las necesidades con cinco tutores y dos docentes, y se definió un conjunto priorizado de funcionalidades (capítulo 3). El conjunto se validó con usuarios reales en la presentación a los apoderados, en las entrevistas durante el periodo y con los registros de uso. Esa validación confirmó el valor percibido de la alineación con el currículum, del desglose por tema y de las sesiones cortas con avisos, pero mostró que el informe dentro de la aplicación y la conducción de la práctica por el tutor no funcionaron como se esperaba (sección 5.3).
OE2	Cumplido	Se implementaron todas las funcionalidades priorizadas (sección 4.4), y la aplicación funcionó en los dispositivos de las familias durante el estudio, con un error conocido en los avisos.
OE3	Parcialmente cumplido	El estudio se realizó con la muestra mínima y con los instrumentos previstos. Los criterios (ii) y (iii) no se cumplieron, y los criterios (i) y (iv) no pudieron evaluarse (sección 5.2).

Fuente: Elaboración propia

Llevar PiLands del aula al hogar resultó ser un problema distinto del que parecía al comienzo. En el aula, el uso de la aplicación estaba asegurado por el contexto: el docente iniciaba la sesión, el curso trabajaba al mismo tiempo y la clase tenía un horario fijo. En el hogar, en cambio, nada garantiza que la aplicación se abra: cada sesión compite con el tiempo del tutor, con las otras actividades del alumno y con los demás usos que la familia le da al teléfono. Por eso, resolver bien los desafíos técnicos era necesario, pero no suficiente.

La lección central es que el diseño partió de un supuesto sobre quién usaría la aplicación y cómo. PiLands se pensó para un tutor que actúa como mediador activo: define un horario, recibe los avisos, inicia cada sesión y

lee el informe. En la práctica, las familias entregaron el teléfono al niño para que practicara solo, como si fuera un juego más. Las funciones pensadas para el tutor quedaron sin quién las usara, y el alumno, el verdadero usuario, recibió una aplicación diseñada para otra persona. Ese desajuste no se detectó a tiempo porque el modelo de uso se dedujo de las entrevistas, pero no se observó antes de desarrollar.

La experiencia de validar un producto de software con personas reales deja aprendizajes que van más allá de PiLands. Reclutar participantes resultó más fácil que sostener su participación: de los dieciséis tutores que dieron su consentimiento, solo tres respondieron el cuestionario final. Factores ajenos al código, como un receso escolar, un cambio de horario, una familia con dos hogares o un teléfono que también es herramienta de trabajo, pesaron tanto como cualquier funcionalidad. Además, los registros automáticos de uso fueron una evidencia más confiable que lo declarado por los participantes. En definitiva, un diseño debe validarse con sus usuarios y en su contexto, mediante pruebas tempranas y pequeñas, antes de invertir en el desarrollo completo. PiLands queda como una base técnica funcional, y este trabajo, como una guía de lo que debe cambiar para que llegue a usarse: diseñarla para el alumno, que es quien la usa, y entregar al tutor información sin exigirle tiempo.

Referencias

- [1] OECD, PISA 2025 Results (Volume I): Future-Ready Students. París: OECD Publishing, 2026. doi: 10.1787/73451bc5-en.
- [2] J. Dunlosky, K. A. Rawson, E. J. Marsh, M. J. Nathan y D. T. Willingham, “Improving Students’ Learning With Effective Learning Techniques: Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology,” *Psychological Science in the Public Interest*, vol. 14, no. 1, pp. 4–58, 2013.
- [3] Ministerio de Educación de Chile, “Currículum Nacional.” [En línea]. Disponible en: <https://www.curriculumnacional.cl/>.
- [4] M. M. Lehman, “Programs, Life Cycles, and Laws of Software Evolution,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 68, no. 9, pp. 1060–1076, 1980.
- [5] C. W. Krueger, “Software Reuse,” *ACM Computing Surveys*, vol. 24, no. 2, pp. 131–183, 1992.
- [6] W. Vogels, “Eventually Consistent,” *Communications of the ACM*, vol. 52, no. 1, pp. 40–44, 2009.
- [7] D. L. Parnas, “On the Criteria to Be Used in Decomposing Systems into Modules,” *Communications of the ACM*, vol. 15, no. 12, pp. 1053–1058, 1972.
- [8] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson y J. Vlissides, *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1994.
- [9] R. Hunicke, “The Case for Dynamic Difficulty Adjustment in Games,” en *Proceedings of the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE ’05)*, Valencia, España, 2005, pp. 429–433. doi: 10.1145/1178477.1178573.
- [10] Z. Ji, N. Lee, R. Frieske, T. Yu, D. Su, Y. Xu, E. Ishii, Y. Bang, A. Madotto y P. Fung, “Survey of Hallucination in Natural Language Generation,” *ACM Computing Surveys*, vol. 55, no. 12, art. 248, pp. 1–38, 2023. doi: 10.1145/3571730.
- [11] P. Lally, C. H. M. van Jaarsveld, H. W. W. Potts y J. Wardle, “How are habits formed: Modelling habit formation in the real world,” *European Journal of Social Psychology*, vol. 40, no. 6, pp. 998–1009, 2010.
- [12] E. A. Maloney, G. Ramirez, E. A. Gunderson, S. C. Levine y S. L. Beilock, “Intergenerational Effects of Parents’ Math Anxiety on Children’s Math Achievement and Anxiety,” *Psychological Science*, vol. 26, no. 9, pp. 1480–1488, 2015.
- [13] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled y L. Nacke, “From Game Design Elements to Gamefulness: Defining ‘Gamification’,” en *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, Tampere, Finlandia, 2011, pp. 9–15. doi: 10.1145/2181037.2181040.
- [14] J. Hamari, J. Koivisto y H. Sarsa, “Does Gamification Work? — A Literature Review of Empirical Studies on Gamification,” en *Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, Waikoloa, HI, EE. UU., 2014, pp. 3025–3034. doi: 10.1109/HICSS.2014.377.
- [15] T. Berkowitz, M. W. Schaeffer, E. A. Maloney, L. Peterson, C. Gregor, S. C. Levine y S. L. Beilock, “Math at home adds up to achievement in school,” *Science*, vol. 350, no. 6257, pp. 196–198, 2015. doi: 10.1126/science.aac7427.
- [16] B. N. York, S. Loeb y C. Doss, “One Step at a Time: The Effects of an Early Literacy Text-Messaging Program for Parents of Preschoolers,” *Journal of Human Resources*, vol. 54, no. 3, pp. 537–566, 2019. doi: 10.3368/jhr.54.3.0517-8756R.



- [17] Khan Academy, “Khan Academy Kids” y “Learn on the go with offline content in Khan Academy Kids.” [En línea]. Disponible en: <https://www.khanacademy.org/kids> y <https://khankids.zendesk.com/hc/en-us/articles/360029139531>. [Consultado: 6 de octubre de 2026].
- [18] Prodigy Education, “Boost your child’s math learning with a Premium Membership” y “How to Support Your Child’s Learning Progress with Prodigy.” [En línea]. Disponible en: <https://www.prodigygame.com/main-en/prodigy-membership/> y <https://prodigygame.com/blog/learning-progress-support>. [Consultado: 6 de octubre de 2026].
- [19] Matific, “Personalized math learning, anywhere, anytime.” [En línea]. Disponible en: <https://www.matific.com/us/en-us/home/parents>. [Consultado: 6 de octubre de 2026].
- [20] Smartick, “What is Smartick?”, “How do I check on my child’s progress?” y “Why just 15 minutes a day?”. [En línea]. Disponible en: <https://support.smartickmethod.com/en/articles/597917>, <https://support.smartickmethod.com/en/articles/644351> y <https://support.smartickmethod.com/en/articles/597945>. [Consultado: 6 de octubre de 2026].
- [21] Godot Engine, “Godot Engine documentation (4.7).” [En línea]. Disponible en: <https://docs.godotengine.org/en/4.7/>. [Consultado: 6 de octubre de 2026].
- [22] Google, “Firebase documentation.” [En línea]. Disponible en: <https://firebase.google.com/docs>. [Consultado: 6 de octubre de 2026].

Anexos

Anexo A. Temas abordados en las entrevistas del levantamiento de necesidades

Las entrevistas del levantamiento de necesidades se realizaron a cinco tutores y dos docentes de cuarto básico (sección 3.1). Fueron de tipo abierto y no siguieron un cuestionario fijo.

Con los tutores se abordaron los siguientes temas:

- La rutina de estudio actual del alumno en el hogar.
- Los motivos de esa rutina.
- Las barreras percibidas para que el alumno estudie y para acompañarlo en su estudio.
- Los resultados académicos del alumno en matemáticas.

Con los docentes se abordaron los mismos temas desde su perspectiva: la práctica de sus alumnos fuera del aula, sus motivos, las barreras que observan y el desempeño de sus alumnos en matemáticas.

Anexo B. Cuestionarios a tutores

Ambos cuestionarios se aplicaron en Google Forms y se transcriben con su redacción y numeración originales. Todas las preguntas eran obligatorias, salvo las marcadas como opcionales. Los ítems marcados con † se repiten en ambos cuestionarios: los ítems 5 a 9 del cuestionario inicial corresponden a los ítems 2 a 6 del final. Los criterios de éxito (i) y (iv) se calculan con los ítems 5 y 7 del inicial y con los ítems 2 y 4 del final.

B.1 Cuestionario inicial

El formulario comenzaba con el consentimiento informado (Anexo C), que incluía las preguntas 1 a 4. La encuesta inicial corresponde a las preguntas 5 a 12.

5. En los últimos 7 días, ¿Cuántos días su pupilo/a estudió o practicó matemáticas en casa? (Considere tareas, cuadernos, guías o aplicaciones). †

Opción única: 0 días / 1–2 días / 3–4 días / 5 o más días.

6. Cuando practicó, ¿Cuánto duró aproximadamente cada sesión de estudio? †

Opción única: No practicó / Menos de 15 min / 15–30 min / 30–60 min / Más de 60 min.

7. ¿Qué tan informado/a se siente sobre cómo le está yendo a su pupilo/a en matemáticas de manera general? †

Escala de 1 (Nada informado) a 5 (Muy informado).

8. ¿Qué tan informado/a se siente sobre los contenidos específicos en los que el alumno tiene dificultades? †

Escala de 1 (Nada informado) a 5 (Muy informado).

9. ¿Cuál es su mayor dificultad para acompañarlo/a en matemáticas? (Puede marcar hasta dos opciones). †

Selección múltiple: Falta de tiempo / No domino la materia / Resistencia del alumno / No sé qué reforzar / Otros (texto libre).

10. ¿Ha usado alguna aplicación o recurso digital para que el alumno practique matemáticas en el hogar?

Opción única: Sí, actualmente / Sí, pero dejamos de usarla / No.

11. ¿Dispone de un teléfono Android o Iphone?

Opción única: Android / Iphone.

12. Indique su número telefónico para realizar el seguimiento durante las semanas. (*opcional*)

Respuesta abierta.



B.2 Cuestionario final

El formulario, titulado «Encuesta de finalización - Proyecto PiLands», comenzaba con el siguiente texto: «Este cuestionario cierra el período de prueba de PiLands en el hogar y le tomará entre 5 y 7 minutos. Antes de comenzar: Ingrese el mismo correo electrónico que usó en la encuesta inicial. Así se pueden comparar sus respuestas del inicio y del cierre. Responda pensando en lo que ocurrió durante el período de prueba. Si su alumna/o usó poco la aplicación o no la usó, responda igual: el cuestionario le mostrará solo las preguntas que le correspondan. Sus respuestas son confidenciales.»

1. Ingrese su correo
Respuesta abierta.
2. En los últimos 7 días, ¿Cuántos días su alumno/a estudió o practicó matemáticas en casa? (Considere tareas, cuadernos, guías o aplicaciones). †
Opción única: 0 días / 1-2 días / 3-4 días / 5 o más días.
3. Cuando practicó, ¿Cuánto duró aproximadamente cada sesión de estudio? †
Opción única: No practicó / Menos de 15 min / 15-30 min / 30-60 min / Más de 60 min.
4. ¿Qué tan informado/a se siente sobre cómo le está yendo a su alumno/a en matemáticas de manera general? †
Escala de 1 (Nada informado) a 5 (Muy informado).
5. ¿Qué tan informado/a se siente sobre los contenidos específicos en los que el alumno tiene dificultades? †
Escala de 1 (Nada informado) a 5 (Muy informado).
6. ¿Cuál es su mayor dificultad para acompañarlo/a en matemáticas? †
Selección múltiple: Falta de tiempo / No domino la materia / Resistencia del alumno / No sé qué reforzar / Otros.
7. Durante el estudio, ¿con qué frecuencia usó su alumno/a PiLands?
Opción única: Nunca / Solo una o dos veces en total / Algunas veces, pero menos de una vez por semana / Alrededor de una vez por semana / Varias veces por semana.
Las dos primeras alternativas de la pregunta 7 llevaban a la pregunta 20; las demás, a la pregunta 8. Las preguntas 8 a 19 corresponden a quienes usaron la aplicación algunas veces o más.
8. ¿Quién iniciaba normalmente las sesiones?
Opción única: Yo, cuando llegaba el recordatorio / Yo, sin esperar el recordatorio / Mi alumno/a, por su cuenta.
9. ¿Cuáles de estas funciones usó? (Marque todas las que correspondan).
Selección múltiple: Configurar el horario de las sesiones / Elegir los temas en "Mi alumno" / Cambiar la duración de la sesión / Revisar los informes / Minijuegos, juego libre / Modo Repasar / Botón "Disminuir la dificultad".
10. ¿Qué tan útiles le fueron los recordatorios?
Escala de 1 (Nada útiles) a 5 (Muy útiles).
11. La duración de las sesiones le pareció:
Opción única: Muy corta / Adecuada / Muy larga.
12. Para su alumno/a, la dificultad de los ejercicios fue:
Opción única: Fácil / Adecuada / Difícil.
13. ¿Qué tan útil le resultó el informe al final de cada sesión para entender cómo le va a su alumno/a?
Escala de 1 (Nada útil) a 5 (Muy útil).
14. ¿Siguió alguna vez el consejo del informe?
Opción única: Sí, varias veces / Alguna vez / Nunca / No lo leí.
15. Durante las sesiones, ¿le explicaba usted los contenidos a su alumno/a?
Opción única: Nunca, solo lo acompañaba / A veces / Frecuentemente.



16. ¿Qué tanto motivaban la aldea y los martillos a su alumno/a a practicar?
Escala de 1 (Nada) a 5 (Mucho).
17. Con el paso de las semanas, el interés de su alumno/a por PiLands:
Opción única: Aumentó / Se mantuvo / Disminuyó.
18. ¿Qué le impidió usar PiLands más seguido? (Marque todas las que correspondan).
Selección múltiple: Falta de tiempo / Mi alumno/a no quería / Se nos olvidaba / El horario no nos acomodaba / Problemas técnicos / Los ejercicios no eran adecuados / Nada, la usamos lo que quisimos / Otros (texto libre).
19. ¿Qué fue lo que más le gustó de PiLands? (*opcional*)
Respuesta abierta (lleva a la pregunta 23).

Las preguntas 20 a 22 corresponden a quienes no usaron la aplicación o la usaron una o dos veces.

20. ¿Llegó a instalar y abrir la aplicación?
Opción única: La instalé y la abrí / La instalé, pero no la abrí / No alcancé a instalarla.
21. ¿Por qué no la usaron, o la usaron poco? (Marque todas las que correspondan).
Selección múltiple: No tuve tiempo / Mi alumno/a no quería / Se me olvidaba / No me llegaban los recordatorios / Problemas para instalarla o abrirla / La aplicación fallaba / El teléfono no estaba disponible para mi alumno/a / No entendí cómo usarla / Mi alumno/a ya practica de otra forma / Otros (texto libre).
22. Cuéntenos brevemente qué pasó (*opcional*)
Respuesta abierta.

Las preguntas 23 y 24 corresponden a todos los participantes.

23. ¿Le gustaría seguir usando PiLands después del estudio? (*opcional*)
Opción única: Sí / Tal vez / No.
24. Comentarios adicionales. (*opcional*)
Respuesta abierta.

Anexo C. Formulario de consentimiento informado

El consentimiento informado correspondía a la primera sección del formulario del cuestionario inicial (Anexo B). Se omiten los datos de contacto del investigador. La expresión sobre los riesgos del punto 3 se discute en la sección 5.1.

Consentimiento Informado y Encuesta Inicial - Proyecto PiLands

Título del Proyecto: Diseño, desarrollo y validación de una versión de PiLands para aumentar la práctica de matemáticas en el hogar.

Investigador responsable: Rodrigo Alarcón Milla, estudiante de Ingeniería Civil en Informática, Universidad Técnica Federico Santa María.

Le invitamos a participar junto a su pupilo/a en un estudio académico que busca evaluar una nueva versión adaptada para el hogar de la plataforma educativa "PiLands". Por favor, lea la siguiente información antes de decidir su participación.

1. Objetivo del estudio

Determinar si esta herramienta interactiva ayuda a aumentar la frecuencia de práctica de matemáticas del alumno fuera del horario escolar y si mejora la información que usted recibe sobre su progreso.

2. ¿En qué consiste la participación?

Si decide participar, el proceso se estructurará en las siguientes etapas:

- **Encuesta inicial:** Responder las preguntas de la sección siguiente de este formulario para recopilar información sobre las rutinas de estudio previas al uso de la herramienta.



- **Fase de prueba en el hogar:** Se le otorgará acceso a la aplicación PiLands para que usted y su pupilo/a la utilice libremente para practicar matemáticas en casa durante un período de al menos 3 semanas. La plataforma registrará automáticamente la información de uso para su posterior análisis.
- **Encuesta de finalización:** Luego del tiempo de prueba, se le solicitará responder un breve cuestionario digital para evaluar su experiencia, nivel de satisfacción y su percepción sobre la utilidad de la herramienta.

3. Riesgos y Beneficios

Este estudio no conlleva riesgos de ningún tipo. El principal beneficio esperado es el fomento de la práctica matemática mediante una plataforma gamificada que envía notificaciones para incentivar sesiones diarias de al menos 15 minutos. A través de la práctica, el estudiante ganará puntos para personalizar su propia aldea e interactuar en el juego. Adicionalmente, la aplicación le entregará a usted reportes sobre el desempeño del alumno, acompañados de recomendaciones y consejos generados por Inteligencia Artificial.

4. Confidencialidad y Manejo de Datos

Toda la información recopilada será estrictamente confidencial. Los nombres serán reemplazados por códigos alfanuméricos para garantizar el anonimato. Los datos obtenidos se utilizarán exclusivamente para los fines de esta investigación de memoria universitaria y serán eliminados de forma segura una vez finalizado el proceso de titulación.

5. Voluntariedad

La participación es completamente voluntaria. Usted puede decidir retirar a su pupilo/a en cualquier momento sin necesidad de dar explicaciones y sin que esto genere ninguna consecuencia negativa para el estudiante en su establecimiento educativo.

6. Contacto

Si tiene dudas sobre el estudio, pueden contactar al correo - o mi número: -

IMPORTANTE: Para dejar registro de su consentimiento y acceder a la encuesta inicial, por favor ingrese su correo electrónico (donde recibirá una copia de este documento para su respaldo) y responda las preguntas de autorización que aparecen a continuación.

1. Correo electrónico

Respuesta abierta.

2. He leído la información del documento, comprendo de qué trata el estudio y acepto que mi pupilo/a participe:

Opción única: Sí, acepto participar (continúa a la encuesta inicial, pregunta 5) / No, no acepto.

3. Nombre completo del Apoderado/Tutor

Respuesta abierta.

4. Nombre completo del estudiante

Respuesta abierta.