
Quauhtlemallan: aplicación educativa y gamificada para facilitar el aprendizaje de la geografía y cultura de Guatemala

Christopher Emanuel Alexander García Pixolá



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería

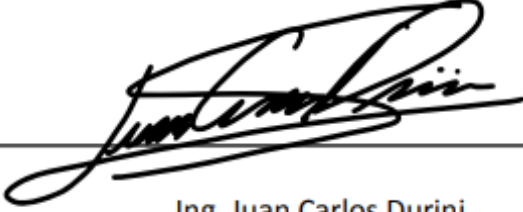


Quauhtlemallan: aplicación educativa y gamificada
para facilitar el aprendizaje de la geografía y cultura
de Guatemala

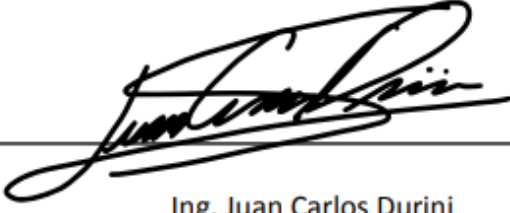
Trabajo de graduación en modalidad de Trabajo Profesional presentado
por
Christopher Emanuel Alexander García Pixolá
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencias
de la Computación y Tecnologías de la Información


Guatemala, 2024


Vo. Bo.:

(f) 
Ing. Juan Carlos Durini

Tribunal examinador:

(f) 
Ing. Juan Carlos Durini

(f) 
Ing. Eddy Castro Jauregui

(f) 
Ing. Rodrigo Zea

Fecha de aprobación: Guatemala, 5 de diciembre de 2024.

Actualmente, no es tan recurrente escuchar identidad guatemalteca y puede deberse a la brecha de conocimientos que se suele tener respecto a nuestro país. Podemos desconocer fechas, lugares, tradiciones, comidas y muchas cosas más provocando no sentirnos identificados con Guatemala. Este proyecto buscó reducir esa brecha y ofrecer una solución amigable, llamativa y, lo más importante, educativa.

La realización de este trabajo de graduación fue una experiencia desafiante y llena de altibajos que me dejaron mucho aprendizaje. Requirió de mucho esfuerzo, dedicación y ayuda de otros para poder completarse y soy consciente de que no podría haberlo logrado sólo por mi cuenta.

Primero agradezco a Dios por abrir y cerrar todas las puertas necesarias para concluir este proyecto y ser mi soporte durante todo su desarrollo. En segundo lugar, agradezco a la Fundación Juan Bautista Gutiérrez y a mis couches: Karin, Wendy, Eugenia, Mayirita y Evelyn por creer en mí, por apoyarme cuando sentí que ya no podía más y por ver desde un inicio a la persona en la que podía convertirme y me convertí. Del mismo modo, le agradezco especialmente a doña Isabelita (†) por la confianza que me dio y por creer en las promesas que hablamos antes de recibir mi beca de estudios, por los abrazos y por ser una inspiración y motivación para completar esta etapa.

Este trabajo se lo dedico a mi familia; mis papás, Jorge García y Matilde López; mis hermanos, Margareth, Joshua y Marjoerie; y a mi perrito Cooper. Sé que fue un sacrificio también para ellos y les agradezco infinitamente por su apoyo y por acompañarme en los momentos de éxito y en los momentos donde no todo salía de la mejor manera. A mis papás, les agradezco por enseñarme a nunca rendirme y por brindarme todo lo que estaba a su alcance para que yo completara este proyecto. A mis hermanos les agradezco por estar presentes en las desveladas, en las adversidades y por creer en mí cuando yo no lo hacía.

También quiero agradecerle a todos mis amigos por hacer mi tiempo en la universidad algo diferente a solo lo académico. A mis mejores amigos, Fernando Rodríguez, Daniel Vicente y Maria Isabel Solano (Michy) por estar desde el inicio hasta el fin. A mis amigos de la Fundación por acompañarme en este proceso y poder compartir muchas experiencias similares. A los amigos que hice en la universidad, el trabajo y la iglesia por alentarme siempre y no permitir que me rindiera.

No menos importante, le agradezco a mi asesor Juan Carlos Durini por todo el apoyo que me dio, por guiarme con sus conocimientos y por la confianza y paciencia depositada en mí. Y por último, agradezco a mi jefe Abner Melgar por las facilidades que me brindó en mi primer trabajo para que no interfiriera con mis estudios y con su guía y experiencia enseñarme más sobre mi carrera.

Prefacio	iii
Lista de Figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
1. Introducción	1
2. Objetivos	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. Justificación	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Geografía y ciencias sociales	6
4.2. Design thinking	7
4.3. Diseño UI/UX	7
4.3.1. Definiciones	7
4.3.2. Metodologías utilizadas	8
4.3.3. Figma	11
4.4. Gamificación	12
4.4.1. Definición	12
4.4.2. Técnicas mecánicas	12
4.4.3. Técnicas dinámicas	12
4.5. Android Studio	13
4.5.1. Descripción	13
4.5.2. Kotlin	13
4.5.3. Jetpack Compose	13
4.5.4. Requerimientos mínimos	14
4.5.5. Arquitecturas de software	14
4.6. Inteligencia artificial	15
4.6.1. Modelos generativos	15
4.6.2. NLP (<i>natural language processing</i>)	15
4.6.3. Meta LLaMa	17

4.6.4. Fine-Tuning	19
4.6.5. Hugging Face	21
5. Metodología	24
6. Resultados	54
7. Discusión	86
7.1. Desarrollo de aplicación	86
7.2. Percepción de usuarios	87
7.2.1. Aspectos visuales	87
7.2.2. Aspectos funcionales	87
7.2.3. Modelo de generación de texto	88
8. Conclusiones	89
9. Recomendaciones	90
10. Bibliografía	94
11. Anexos	95
11.1. Repositorio de Github	95
11.2. Encuesta 1: recolección de datos inicial	96
11.3. Encuesta 2: evaluación de prototipo inicial	99
11.4. Encuesta 3: evaluación de aplicación	104

Lista de Figuras

1.	Lean UX Canvas	9
2.	Entorno de diseño en Figma	11
3.	Ejemplo de red neuronal	16
4.	Comparación de modelos de procesamiento de lenguaje	18
5.	Ejemplo de sintaxis utilizado por modelos LLaMa	19
6.	Métodos de <i>fine-tuning</i> : LoRA y QLoRA	20
7.	Modelos y filtros disponibles en Hugging Face	21
8.	Datasets y filtros disponibles en Hugging Face	22
9.	Perfil de Hugging Face	22
10.	Ambiente de Jupyter y ejemplo de los <i>notebook</i> utilizados	23
11.	Pantalla <i>home</i>	27
12.	Pantalla insignias	27
13.	Pantalla de juegos	28
14.	Pantalla de progreso	28
15.	Pantalla inicial de la aplicación	29
16.	Pantallas de autenticación	29
17.	Pantallas <i>home</i> e insignias	30
18.	Pantallas juegos y progreso	30
19.	Pantallas de inicio y registro en prototipo de Figma	31
20.	Pantallas <i>home</i> y perfil en prototipo de Figma	32
21.	Pantallas Progreso y Insignias en prototipo de Figma	33
22.	Pantallas de juegos y <i>chatbot</i> en prototipo de Figma	34
23.	Diferentes actividades en el prototipo de Figma	35
24.	Estructura final de la aplicación	37
25.	Ambiente de Firebase	38
26.	Servicio en Google Cloud	38
27.	Archivos en contenedor de Google Cloud	39
28.	Perfil en Hugging Face	39
29.	API de Hugging Face para consultar modelo	40
30.	Repositorio en Github	40
31.	Workflow desarrollado para actualización de <i>branches</i>	41
32.	Ejecución de Github Actions	41
33.	Código para creación de <i>prompts</i>	42
34.	Métodos de autenticación	45
35.	<i>Dashboard</i> de <i>Analytics</i>	45

36.	<i>Dashboard</i> de <i>Crashlytics</i>	46
37.	Datos almacenados en <i>Realtime Database</i>	46
38.	Almacenamiento dedicado a imágenes utilizadas en la aplicación	46
39.	Endpoint del modelo refinado	47
40.	Programa de Flask para conectar modelo con la aplicación	48
41.	Ejemplos de Iconos utilizados	49
42.	Colores y contrastes	49
43.	Tipografías recomendadas por usuarios	50
44.	Flujo de la aplicación completa	50
45.	Flujo de arquitectura MVVM	51
46.	Visualización de edades de las personas encuestadas	54
47.	Respuestas a pregunta No.2 sobre uso de aplicaciones educativas y/o gamificadas	55
48.	Respuestas a pregunta No.3 sobre la integración de juegos en aplicaciones educativas	55
49.	Respuestas a pregunta No.4 sobre los juegos más relevantes en aplicaciones educativas	56
50.	Respuestas a pregunta No.5 sobre la integración de <i>chatbots</i> en aplicaciones educativas	56
51.	Respuestas a pregunta No.6 sobre el sistema operativo de dispositivos móviles más utilizado en Guatemala	57
52.	Respuestas a pregunta No.7 sobre el nivel de conocimientos que se tiene respecto a Guatemala	58
53.	Respuestas a pregunta No.8 sobre la capacidad de nombrar todos los departamentos de Guatemala	59
54.	Respuestas a pregunta No.9 sobre temas que se desconocen respecto a Guatemala	59
55.	Respuestas a pregunta No.10 sobre temas fundamentales que deberían conocerse sobre Guatemala	60
56.	Visualización de edades de las personas encuestadas	61
57.	Selección de paleta de colores	61
58.	Selección de tipografías	62
59.	Percepción sobre el logo de la aplicación	62
60.	Percepción sobre los íconos de la aplicación	63
61.	Percepción sobre insignias de la aplicación	63
62.	Percepción sobre los juegos de la aplicación	64
63.	Percepción sobre qué tan amigable era la aplicación	64
64.	Percepción sobre facilidad de uso de la aplicación	65
65.	Percepción sobre el aspecto visual de la aplicación	65
66.	Aspectos agradables de la aplicación	66
67.	Aspectos desagradables de la aplicación	66
68.	Aspectos confusos de la aplicación	66
69.	Aspectos a mejorar de la aplicación	67
70.	Comentarios extras de la aplicación	67
71.	Pantalla de inicio	70
72.	Pantallas finales de registro e inicio de sesión	70
73.	Pantallas finales de <i>home</i> y perfil	71
74.	Pantallas finales de categorías e insignias	71
75.	Pantallas finales de progreso y juegos	72
76.	Pantalla final de Pregunta diaria	72
77.	Pantalla final de Pruebas contratiempo	73
78.	Pantallas finales de Pruebas por categorías y Verdadero o Falso	73
79.	Pantalla de Kukul (<i>chatbot</i>)	74
80.	Pantalla de traducciones	74
81.	Rangos de edades	75
82.	Perspectiva de colores de la aplicación	75
83.	Perspectiva de tipografías de la aplicación	75
84.	Perspectiva del logo de la aplicación	76

85.	Perspectiva de pantalla inicial	76
86.	Perspectiva de íconos utilizados	76
87.	Perspectiva de insignias planteadas	77
88.	Perspectiva de pantalla de traducciones	77
89.	Perspectiva de pantalla de juegos	77
90.	Perspectiva de orden en las pantallas de juegos	78
91.	Perspectiva de qué tan llamativa era la aplicación	78
92.	Perspectiva de qué tan ordenada era la aplicación	78
93.	Perspectiva de qué tanto motivaba la interfaz a continuar aprendiendo	79
94.	Perspectiva de características funcionales	79
95.	Perspectiva de qué tanto incentiva la aplicación a aprender	79
96.	Perspectiva de formas que incentivan al usuario a aprender más	80
97.	Perspectiva de categorías disponibles	80
98.	Perspectiva de qué tan intuitiva era la aplicación	80
99.	Perspectiva de juegos implementados	81
100.	Perspectiva de dificultad planetada	81
101.	Perspectiva de aporte de traducciones a la aplicación	81
102.	Perspectiva de fallos	82
103.	Perspectiva de la utilidad de la aplicación en diferentes rangos de edad	82
104.	¿Con qué frecuencia Kukul lograba resolver la duda?	82
105.	¿Con qué frecuencia, escribir con alguna falta ortográfica o sin signos de puntuación Kukul lograba resolver la duda?	83
106.	¿Con qué frecuencia Kukul generaba más palabras de las necesarias para responder las preguntas?	83
107.	¿Con qué frecuencia Kukul respondía de manera vaga o sin mucha explicación?	83
108.	¿Con qué frecuencia Kukul respondía con palabras y oraciones a medias?	84
109.	Perspectiva de la utilidad y aporte de Kukul a la aplicación	84
110.	Comparación de eficiencia de modelos (V1 y V2)	84
111.	Comentarios sobre la aplicación	85
112.	Comentarios sobre la experiencia con la aplicación	85
113.	Introducción a la encuesta sobre percepción de aplicaciones móviles	96
114.	Preguntas relacionadas a aplicaciones educativas y/o gamificadas	96
115.	Preguntas relacionadas a integración de juegos y chatbots	97
116.	Pregunta sobre sistema operativo más utilizado en dispositivos móviles	97
117.	Preguntas relacionadas a temas culturales, categorías e insignias	98
118.	Introducción de encuesta para evaluar el prototipo inicial	99
119.	Preguntas relacionadas a edad del encuestado y paleta de colores	100
120.	Pregunta sobre tipografía adecuada para la aplicación	100
121.	Pregunta sobre logo de la aplicación	101
122.	Pregunta sobre los íconos de la barra de navegación	101
123.	Preguntas relacionadas a las posibles categorías	102
124.	Preguntas relacionadas a los posibles juegos	102
125.	Preguntas sobre experiencia de usuario con el prototipo	103
126.	Preguntas abiertas sobre experiencia de usuario con el prototipo	103
127.	Introducción a encuesta sobre aplicación final (Consentimiento informado)	104
128.	Explicación breve del proyecto y pregunta sobre edad	105
129.	Apartado de detalles visuales de la aplicación	105
130.	Pregunta sobre logo final	106
131.	Pregunta sobre apariencia de íconos	106
132.	<i>Home</i>	107
133.	Preguntas sobre apariencia de pantalla de insignias y chatbot	108
134.	Preguntas sobre apariencia de pantalla de traducciones y juegos	108
135.	Pregunta sobre apariencia de las pantallas de los juegos	109

136. Preguntas extra sobre experiencia con interfaz gráfica	109
137. Apartado de detalles funcionales	110
138. Preguntas sobre utilidad de elementos de gamificación y educación implementados .	111
139. Preguntas sobre eficiencia de chatbot en sus respuestas	111
140. Preguntas sobre posibles fallos de chatbot en sus respuestas	112
141. Pregunta sobre comparación de modelos	112
142. Preguntas opcionales para búsqueda de mejoras	113

El objetivo general de este proyecto era desarrollar una aplicación móvil educativa que fomentara el interés por aprender más sobre la geografía y temas culturales de Guatemala dejando la misma como una base para futuras mejoras o adaptaciones en estos u otros campos de estudio. Se trabajaron temas de gamificación y se buscó alinear todos los componentes a temas guatemaltecos reflejando así la diversidad cultural que se posee. Se implementaron herramientas y técnicas actuales para el desarrollo de la aplicación como uso de Jetpack Compose, arquitectura MVVM, refinamiento de un modelo de inteligencia artificial con información específica sobre el país la cual se recopiló de forma manual para generar datasets apropiados, entre otros.

Dado que el enfoque era educativo, se tomaron grupos de diferentes edades para evaluar la facilidad de uso, el aporte de la aplicación a brechas de conocimientos y lo atractiva que era la misma para el usuario, siendo esta una motivación para continuar aprendiendo.

Como resultado final se encontró que este tipo de aplicaciones, con un enfoque gamificado, aportan al aprendizaje de diferentes temas, en este caso temas relacionados a cultura y geografía de Guatemala, y se puede utilizar como método de enseñanza. Se implementó una interfaz amigable, intuitiva y atractiva, un sistema de datos que alimentara la aplicación, un apoyo para resolución de dudas y conexión con proveedores que mejoraran la experiencia del usuario.

The general objective of this project was to develop an educational mobile application that fosters interest in learning more about the geography and cultural topics of Guatemala, while also serving as a foundation for future improvements or adaptations in these or other fields of study. Gamification elements were incorporated, and efforts were made to align all components with Guatemalan themes, reflecting the country's cultural diversity. Current tools and techniques were implemented for the development of the application, such as the use of Jetpack Compose, MVVM architecture, and the refinement of an artificial intelligence model with specific information about the country, which was manually collected to generate appropriate datasets, among others.

Given the educational focus, groups of different ages were involved to evaluate the ease of use, the application's contribution to bridging knowledge gaps, and how engaging it was for users, making it a motivation to continue learning.

As a final result, it was found that this type of application, with a gamified approach, contributes to learning various topics, in this case, topics related to Guatemalan culture and geography, and can be used as a teaching method. A friendly, intuitive, and attractive interface was implemented, along with a data system to feed the application, support for resolving doubts, and connections with providers to enhance the user experience.

CAPÍTULO 1

Introducción

La geografía es una ciencia esencial que se centra en el estudio de la superficie terrestre, los fenómenos naturales, y las relaciones entre los seres humanos y su entorno. Esta disciplina es fundamental para entender los procesos naturales, los sistemas sociales y económicos y las dinámicas culturales que moldean nuestro mundo. Además, la geografía juega un papel crucial en la educación, proporcionando una base sólida para el desarrollo de habilidades críticas y analíticas, promoviendo la conciencia ambiental y la sostenibilidad, y contribuyendo al desarrollo económico y social.

En el contexto de Guatemala, la geografía es un recurso invaluable para el desarrollo y la mejora de la sociedad. A pesar de ser la economía más grande de Centroamérica, con un PIB de US\$77.600 millones [10] y una población de 17 millones [11], Guatemala enfrenta desafíos significativos en términos de pobreza y desigualdad. Según datos del censo de 2018, cuenta con uno de los índices de escolaridad más bajos a nivel latinoamericano, rozando los 6.2 años promedio entre su población y con una expectativa en niños de 10.6 años [29]. Además, es el país con más analfabetismo de Hispanoamérica, con una tasa del 20 % entre su población [29]. Tomando todos estos datos en cuenta, se puede apreciar que la un punto vital en el cual invertir y brindar herramientas que faciliten el acceso a la información necesaria es la educación para mejorar la calidad de esta en el país.

La geografía puede ayudar a identificar las áreas con mayor necesidad de desarrollo, a diseñar políticas y programas que promuevan la equidad y la sostenibilidad, y a fomentar la cooperación y el entendimiento entre las diferentes regiones y comunidades de Guatemala. Por ejemplo, el Banco Mundial ha estado trabajando en Guatemala para fortalecer la capacidad del Ministerio de Educación para recopilar, administrar, analizar y utilizar información estadística de alta calidad, y para implementar intervenciones para prevenir la deserción escolar. Además, ha apoyado proyectos que mejoran la competitividad de encadenamientos productivos con fuerte participación indígena en zonas rurales y fortalecen la capacidad institucional de las entidades públicas.

La importancia de las ciencias sociales en Guatemala se manifiesta en la necesidad de abordar de manera integral los desafíos nacionales a través de una visión multidisciplinaria e interdisciplinaria. La Dra. Alice Burgos, especialista en Educación y coordinadora del programa del Doctorado en Educación de la Facultad de Humanidades de la Universidad de San Carlos de Guatemala, enfatiza la importancia de la investigación en ciencias sociales y humanidades para entender y resolver problemas nacionales. Burgos destaca que la educación debe promover la necesidad de multi e interdisciplinaria para atender los problemas nacionales, subrayando la importancia de una visión integral que permita comprender mejor los desafíos específicos de Guatemala, como la pobreza, la desigualdad y la falta de acceso a la educación de calidad [6].

Esta perspectiva es crucial en el contexto de Guatemala, donde la investigación en ciencias sociales y humanidades es fundamental para desarrollar soluciones efectivas a los problemas nacionales. La necesidad de ampliar la mirada hacia la comprensión de lo humano desde un punto de vista cualitativo es esencial para abordar de manera efectiva los desafíos que enfrenta el país. La investigación en ciencias sociales y humanidades puede contribuir significativamente a la formulación de políticas y programas que promuevan la equidad, la sostenibilidad y el desarrollo económico y social en Guatemala [6]. Todo esto permite crear un contexto más amplio de las necesidades del país y poder buscar soluciones más prontas. El comprender mejor la riqueza de Guatemala a través de las diferentes ciencias sociales, permitirá el crecimiento de la identidad nacional y se fomentará un espíritu de orgullo que apoye a levantar el nombre de Guatemala a nivel mundial.

Con este proyecto se busca brindar una aplicación educativa enfocada en facilitar el aprendizaje de la geografía, ciencias sociales y cultura de Guatemala a través de diferentes actividades y herramientas como juegos interactivos y datos que faciliten el entendimiento, memorización y comprensión de la estas ramas y sus impactos en Guatemala.

2.1. Objetivo general

Desarrollar una aplicación móvil educativa, diseñada para fomentar el aprendizaje interactivo de la geografía y cultura de Guatemala, con el propósito de establecerla como base para futuras expansiones y mejoras del proyecto en esta rama o su posible adaptación y uso en otros campos de estudio.

2.2. Objetivos específicos

- Desarrollar una interfaz de usuario intuitiva y atractiva que promueva la interacción y el compromiso de los estudiantes con el contenido educativo, utilizando elementos gráficos, animaciones y otros componentes para mejorar la experiencia de usuario.
- Incorporar elementos de gamificación en la enseñanza de la geografía y cultura de Guatemala, utilizando tecnologías actuales para crear experiencias de aprendizaje inmersivas y atractivas.
- Implementar un sistema de seguimiento de progreso basado en la tecnología y la gamificación, que permita a los usuarios medir su comprensión de los temas geográficos y culturales.
- Refinar un modelo con información específica sobre Guatemala, enfocado en cultura y geografía, que permita la implementación de un chatbot capaz de responder temas como diversidad étnica, historia, arte, música, gastronomía, festividades y puntos geográficos de interés ofreciendo un aporte al aprendizaje del usuario.

En el mundo actual, la tecnología juega un papel crucial en la educación, transformando la forma en que los estudiantes aprenden y acceden a la información. La educación digital, que incluye el uso de aplicaciones móviles y plataformas en línea, ofrece oportunidades únicas para personalizar el aprendizaje, aumentar la participación de los estudiantes y mejorar los resultados educativos. La gamificación, en particular, ha demostrado ser una herramienta poderosa en este ámbito, ofreciendo beneficios significativos para los estudiantes, como un mayor interés y disfrute en las actividades de aprendizaje, lo que puede conducir a un mayor compromiso y retención. Además, promueve la colaboración y la competencia, lo que puede mejorar las habilidades sociales y emocionales, al tiempo que apoya la diferenciación y la personalización para atender a diversos estilos y preferencias de aprendizaje [38, 39].

La gamificación en la educación ha demostrado ser efectiva para aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes, proporcionando retroalimentación significativa para monitorear su progreso y ajustar estrategias, así como alentándolos a establecer y alcanzar metas, lo que puede aumentar su autoeficacia y confianza [39]. A través de la gamificación, los estudiantes pueden experimentar el aprendizaje de manera más inmersiva, lo que puede ser particularmente valioso en el estudio de la geografía, donde la comprensión de los espacios y las relaciones entre ellos es fundamental.

Entender la geografía y cultura de un país, en este caso, Guatemala, es fundamental para los jóvenes, ya que les permite desarrollar una conciencia crítica sobre su entorno, fomentar la empatía hacia las comunidades y la biodiversidad y promover la sostenibilidad. La geografía no solo enseña sobre la ubicación y características físicas de un lugar, sino que también abarca aspectos culturales, económicos y políticos, proporcionando una comprensión más profunda y completa de la realidad global. Para los jóvenes, el aprendizaje de la geografía puede ser una herramienta poderosa para el desarrollo personal y profesional, preparándolos para enfrentar desafíos globales y contribuir a la construcción de una sociedad más justa y sostenible.

Para los maestros, por otra parte, el uso de tecnologías educativas como aplicaciones gamificadas puede ser una estrategia efectiva para mejorar los resultados educativos en geografía. Estas herramientas pueden hacer que el aprendizaje sea más atractivo y significativo para los estudiantes, fomentando su participación activa y motivándolos a explorar y descubrir el mundo de manera más profunda. La gamificación, al integrar elementos de juego en el proceso de aprendizaje, puede aumentar la retención de información, mejorar la comprensión de los conceptos y promover la colaboración y la competencia entre los estudiantes. Además, las TIC pueden facilitar una mejor

práctica y unos mejores resultados en el proceso de enseñanza de la geografía escolar, permitiendo a los docentes acceder a recursos educativos en línea, realizar evaluaciones en línea y fomentar el aprendizaje basado en proyectos que involucren a los estudiantes en la exploración y el análisis de temas geográficos relevantes [24].

El proyecto 'Quauhtlemallan' se propone como una solución a las dificultades de comprender todo lo relacionado a la geografía y cultura de Guatemala, desarrollando una aplicación educativa en la cual se facilite el aprendizaje de estos campos, al integrar elementos de gamificación y hacer uso de tecnologías emergentes. La aplicación busca captar la atención de los usuarios y motivarlos a aprender de manera activa y participativa. Aunque es cierto que la solución a problemas complejos como la pobreza y la desigualdad no se puede resolver con una sola aplicación, el proyecto 'Quauhtlemallan' representa un paso significativo hacia la mejora de la educación en temas culturales de Guatemala. Al hacer que el aprendizaje de estos temas sea más atractivo y significativo para los usuarios, la aplicación puede contribuir a desarrollar una generación de ciudadanos más informados y comprometidos con su país y su entorno.

4.1. Geografía y ciencias sociales

Las ciencias sociales son aquellas que se relacionan al comportamiento humano y la sociedad en general; su objetivo es lograr determinar los impactos que tienen las experiencias, realidades, situaciones y contextos en la conducta y desenvolvimiento de los grupos sociales. Dentro de los campos y ramas que engloban las ciencias sociales, se encuentran las ciencias políticas, antropología, sociología, psicología, historia, demografía, economía y geografía [48].

La geografía es la ciencia que estudia la relación entre las sociedades y el espacio que estas habitan. Tiene como objetivo poder analizar el funcionamiento de dicha relación, y para esto busca identificar los sujetos sociales involucrados, sus intereses, el impacto de sus acciones en el ambiente y las desigualdades que surgen. Dependiendo del enfoque, la geografía se divide en diferentes ramas de estudio. Entre las más importantes se encuentran: la geografía física, la geografía social, la geografía política, la geografía económica y la geografía urbana [52].

La importancia de las ciencias sociales, incluyendo la geografía, radica en que permiten conocer qué situaciones han conducido a la sociedad hasta la realidad actual, cuáles son las principales características y problemas de esta época y cómo ciertos elementos impactan el comportamiento humano [48]. Estos conocimientos permiten a la sociedad actual determinar cómo afrontar de mejor forma la realidad del presente y prepararse para el futuro. Adicionalmente, el tema cultural que también va de la mano con estas ramas tiene gran importancia e impacto en la forma de identificarse con el país de origen. En Guatemala, esta identidad y patriotismo no es algo muy frecuente en la población, ya que dado el historial político con el que se cuenta la mayoría de los ciudadanos ha caído en desesperanza y en vez de ver un progreso, sienten que existe un retroceso [37]. Muchos han perdido el interés por conocer más sobre Guatemala, pero, el conocer más sobre el país, permite ver el otro lado de la moneda, encontrando el verdadero significado de ser guatemalteco y esto puede ir desde conocer el valor de un logro hasta entender por qué los símbolos patrios fueron escogidos; desde conocer aquellos que ponen en alto el nombre de Guatemala hasta quienes construyeron el país que es hoy en día [56].

4.2. Design thinking

Es una metodología de diseño de resolución de problemas que permite desarrollar soluciones centradas en las personas. Se desarrolló inicialmente por John E. Arnold en la Escuela de Diseño de Stanford, y cuenta con 5 etapas que permiten resolver situaciones ambiguas o problemas. Este trabajo tuvo un par de iteraciones hasta que Herbert Simon pudo definirlo como “las ciencias de lo artificial” considerado las bases del proceso de design thinking en la actualidad [35].

El proceso de design thinking no es un proceso lineal, al contrario, es un proceso iterativo sin final definido. Es importante comprender que cada etapa puede (y debe) proporcionar información para los demás pasos. Las etapas que se trabajan en esta metodología son:

- **Empatizar:** se busca observar el problema y empatizar con el mismo para comprender de qué maneras afecta a los demás y determinar los grupos objetivo, a los cuales se les “entrevista” para entender sus puntos de vista y poder encontrar soluciones base como punto de partida. Esta fase deja de lado cualquier suposición y sesgo inconsciente que se pueda tener sobre la situación.
- **Definición:** se busca definir y delimitar claramente un problema con ayuda de la creación de declaraciones de problemas centradas en el ser humano. La declaración del problema ayuda a enmarcar el problema de una manera que proporcione un contexto relevante y de una manera comprensible.
- **Ideación:** se crean soluciones potenciales para resolver el problema descrito en la declaración del problema. En esta fase se suelen utilizar lluvias de ideas (usando técnicas como SCAMPER), mapas mentales y “la peor idea posible” para encontrar todas las soluciones que contribuyan a la solución final del problema planteado.
- **Prototipo:** durante esta fase, se diseñan versiones económicas o reducidas de la posible solución al problema. Se suelen construir múltiples versiones del producto para crear la oportunidad de refinar y modificar el diseño final antes de ponerlo a prueba con usuarios reales.
- **Prueba:** tanto esta fase como la anterior son procesos iterativos. En esta fase, como el nombre indica, se ponen a prueba los prototipos diseñados con usuarios que brinden *feedback* puntual para mejorar, reiterar, rediseñar y prototipar nuevamente las soluciones al problema principal, gracias a la mejor comprensión del usuario final. [35]

Esta metodología permite el diseño de un producto más apegado a las necesidades del usuario y encontrar aquellos puntos que serán necesarios para mantener al mismo interesado en el producto. Las distintas fases del design thinking permiten abordar el proceso de diseño de una app, en el contexto de este proyecto, de forma más eficiente, reduciendo el tiempo necesario para desarrollarla y disminuyendo sus costes. Además de esto, desarrollar una app desde el punto de vista del pensamiento de diseño permitirá obtener mejores resultados y un producto único que servirá como elemento diferenciador con la competencia [3].

4.3. Diseño UI/UX

4.3.1. Definiciones

Diseño UX

UX son las siglas de User Experience cuya definición actualmente consiste en lo que una persona piensa, siente o percibe al momento de interactuar con un producto o servicio. Esta experiencia se

mide de acuerdo con factores como la utilidad o la usabilidad y son determinantes para el nivel de satisfacción de los clientes. Para lograr el diseño de una nueva experiencia de usuario, se contemplan 3 aspectos principales:

- Usabilidad: hace referencia a la funcionalidad misma, la cual permite que un producto cumpla el objetivo para el que fue creado sin ninguna complicación.
- Accesibilidad: se refiere a qué tan intuitivo y fácil resulta para el usuario entender el producto.
- Interacción usuario-producto: se refiere a cómo el usuario percibe el producto.

Para cumplir con estos 3 aspectos se pueden tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Investigación del usuario
- Pruebas de usabilidad
- Arquitectura de la información
- Diseño de la interacción
- Estrategia del contenido
- Diseño visual
- Recolección de datos y análisis de indicadores. [12]

Diseño UI

UI son las siglas de User Interface y el diseño de esto es lo que se usa para interactuar con un producto o servicio. Este diseño de interfaz, o también llamado la ingeniería de la interfaz, es utilizado para las aplicaciones móviles, web, software y dispositivos con un enfoque en la experiencia de usuario e interacción. Sus componentes principales son:

- Diseño de interacción
- Guías de interacción
- Diseño de elementos
- Diseño visual
- Guía de estilo [12]

Entonces, el diseño UI/UX es la combinación de ambos puntos buscando la armonía en los mismos y mientras uno se encarga de los aspectos técnicos, otro se encarga del aspecto visual. En términos generales, es la disciplina de crear productos digitales que sean simples, intuitivos, eficientes y visualmente atractivos para el usuario final. [21]

4.3.2. Metodologías utilizadas

Para este tipo de diseño existen diferentes metodologías que se basan en una variedad de procesos, métodos y prácticas que buscan las formas más efectivas de satisfacer las necesidades y expectativas de los usuarios. Entre estas se encuentran:

Metodología Lean

De acuerdo con O'Reilly, la metodología de la UX clásica se centra en requisitos y entregables (Vision, Framing, and Outcomes - Designing for Product Strategy [Book], n.d.). Por otra parte, la metodología Lean UX, de Jeff Gothelf, propone operar el UX en un entorno ágil; es decir, acelerando los procesos de diseño en función a los usuarios. El origen de Lean UX proviene de Lean Manufacturing, un método implementado por Toyota que buscaba reducir el tiempo de planificación y producción de sus autos. Su objetivo se centró en seguir los requerimientos de los usuarios eliminando los desperdicios que no sean útiles para ellos, logrando que el proceso de producción sea más ágil y se alcancen los objetivos en un periodo más corto. [12]

Lean UX Canvas		
Problema ¿Qué problema has identificado que necesitas resolver? 1	Ideas de soluciones Lista de ideas acerca de productos, funciones o mejoras que te ayudarían a que el público objetivo obtenga los beneficios que busca. 5	Resultados (Cambios en el comportamiento del usuario) ¿Qué cambios en el comportamiento del usuario indicaría que has solucionado un problema real de manera que añada valor a sus vidas? 2
Usuarios ¿Con quiénes usuarios y clientes tienes que trabajar primero? 3		Beneficios para los usuarios ¿Cuáles son los beneficios que los usuarios deberían obtener? ¿Qué los motiva a buscar "tu solución"? 4
Hipótesis Contiene las suposiciones de 2, 3, 4 y 5 en el siguiente modelo de afirmación de hipótesis. Creemos que el [resultado] se conseguirá si [assumptions] obtenemos [beneficio] con [usuarios]. Cada hipótesis debería combinarse en una hipótesis. 6	¿Qué es lo más importante que tenemos que aprender primero? Para cada hipótesis, identifica la suposición más importante. Pinta en la hipótesis que más que lo más importante que necesitas validar para que tu idea funcione. 7	¿Cuál es el trabajo mínimo que tenemos que hacer para aprender lo siguiente más importante? Haz una lista de ideas con los tipos de experimentos que puedes hacer a corto plazo para descubrir si tu suposición más importante es cierta o falsa. 8

Figura 1: Lean UX Canvas

[15]

En esta metodología se busca obtener la información suficiente para poder completar el cuadro anterior siguiendo los siguientes pasos:

Problema: En este apartado hay que definir el problema que se ha identificado. Se puede utilizar una plantilla como:

“Hemos observado que [producto, servicio, organización] no cumple [estos objetivos, necesidades], que están provocando [este efecto adverso]. ¿Cómo podemos mejorar para que nuestro producto/-servicio/equipo/organización tenga más éxito basándose en [estos criterios medibles]?”

1. Resultados: aquí habrá que poner cuáles son los cambios que se tendrían que dar en el comportamiento de los usuarios/clientes para que interpretemos que el problema se ha resuelto. Normalmente, los miembros del grupo hacen una votación para indicar tres cambios principales.
2. Usuarios: en esta sección se identificará cuáles son los usuarios y clientes principales con los que hay que trabajar, es decir, en quiénes nos tenemos que centrar o a quiénes nos dirigimos.
3. Beneficios para los usuarios: hay que añadir los objetivos que los usuarios/clientes quieren alcanzar, así como aquello que les motive en alcanzar una solución.
4. Ideas y soluciones: lista de las ideas acerca de productos, funciones o mejoras que ayudarán a que el público objetivo obtenga los beneficios que busca.
5. Hipótesis: en esta parte combinamos en oraciones las suposiciones de los pasos 2, 3, 4 y 5 en el siguiente modelo de afirmación de hipótesis:

“Creemos que [resultado] se conseguirá si [usuario] obtiene [beneficio] con [función].”

Cada hipótesis debería centrarse en una función.

1. ¿Qué es lo más importante que tenemos que aprender primero?: para esto se clasifican las hipótesis en básicas, desconocidas o con riesgo. Esto será clave, ya que primero se busca asegurar que las hipótesis más riesgosas no sean falsas.
2. ¿Cuál es el trabajo mínimo que tenemos que hacer para aprender lo siguiente más importante? Hacer lluvia de ideas con los tipos de experiencias que se podrían llevar a cabo para descubrir si la suposición más arriesgada es verdadera o falsa. [15]

Diseño centrado en el ser humano

Este comprende al usuario final mediante la construcción de empatía a través de la investigación y experiencia del usuario. Comprende también los objetivos de la marca mediante el conocimiento del valor para el negocio [12]. El origen del diseño centrado en el humano se remonta a las décadas de 1950 y 1960, con pioneros como el psicólogo Donald Norman. A medida que la tecnología avanzaba, surgió la necesidad de abordar no solo la usabilidad, sino también la experiencia emocional de los usuarios. Se basa en principios fundamentales que buscan garantizar la creación de productos y servicios que se ajusten a las necesidades y expectativas del usuario final y estos son:

- Entender las necesidades del usuario
- Iteración y retroalimentación continua
- Desarrollo de prototipos
- Pruebas con usuarios reales
- Enfoque holístico en la experiencia del usuario

Design Sprint

Es similar al método UX clásico, pero mucho más rápido y efectivo. En cada sprint (“proceso de cinco días para responder preguntas comerciales críticas mediante el diseño, la creación de prototipos y las pruebas de ideas con los clientes.” [23]) se buscan obtener datos claros de un prototipo realista en un periodo de tiempo muy breve, sin necesidad de construirlo y lanzarlo. [12]

Metodología Agile

Esta metodología nace en Estados Unidos en el 2001 y se basa en el planeamiento de los pasos a seguir, pero con la posibilidad de tomar las mejores alternativas disponibles llegado el momento. Los cuatro valores que cualquier proyecto de diseño UX debe seguir si quiere contar con este método son:

- Las interacciones de las personas antes que los procesos y las herramientas.
- Un software en funcionamiento por sobre una documentación exhaustiva.
- La participación del cliente durante todo el proceso de desarrollo.

- La capacidad de respuesta rápida y creativa ante los cambios e imprevistos.

Se implementa en cinco etapas principales:

- Diagnóstico: involucra la participación tanto de los diseñadores, como del cliente y los desarrolladores. Se basa en el análisis de los requerimientos.
- Diseño: incluye la documentación del diseño y el prototipado del sitio web o la aplicación.
- Desarrollo: es la construcción, las pruebas, la revisión y la clarificación.
- Aseguramiento de calidad: en varias pruebas, se produce la identificación y la resolución de defectos.
- Puesta en producción y venta. [12]

4.3.3. Figma

En 2015, nace la primera herramienta de diseño que combinaba la accesibilidad de la web con la funcionalidad de una aplicación nativa. La primera versión se ofreció de manera gratuita para que cualquiera pudiera comenzar a usarla. La finalidad de figma es ofrecer un entorno de diseño colaborativo, ilimitado, de código abierto e impulsado por la comunidad. Su visión es hacer que el diseño sea accesible para todos. Figma fue expandiendo sus casos de uso más allá del diseño web y hoy en día cuenta con espacio para:

- Diseño UI y UX
- Wireframing y creación de mapas mentales
- Diagramado y prototipado
- Lluvia de ideas y pizarra *online*
- Metodología Agile y planificación estratégica

[19]

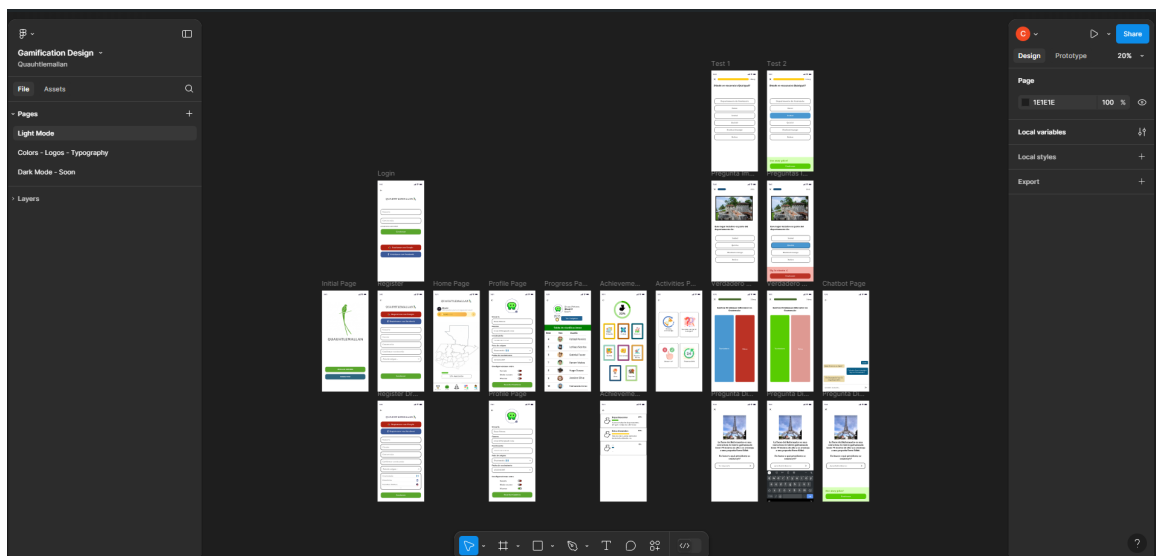


Figura 2: Entorno de diseño en Figma

4.4. Gamificación

4.4.1. Definición

La gamificación es una técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo-profesional con el fin de conseguir mejores resultados [2]. Esta técnica se utiliza para mejorar habilidades y absorber conocimiento de una forma más interactiva; Es un término cuyo auge ha aumentado en los últimos años por los entornos digitales que cada día forman más parte de la vida cotidiana. Para mantener al usuario motivado se utilizan técnicas mecánicas en función de los objetivos alcanzados.

4.4.2. Técnicas mecánicas

Algunas de las técnicas mecánicas más utilizadas se encuentran:

- Acumulación de puntos: se asigna un valor cuantitativo a determinadas acciones y se van acumulando a medida que se realizan.
- Escalado de niveles: se definen una serie de niveles que el usuario debe ir superando para llegar al siguiente.
- Obtención de premios: a medida que se consiguen diferentes objetivos se van entregando premios a modo de “colección”.
- Regalos: bienes que se dan al jugador de forma gratuita al conseguir un objetivo.
- Clasificaciones: clasificar a los usuarios en función de puntos u objetivos logrados, destacando los mejores en una lista o ranking.
- Desafíos: competiciones entre los usuarios, el mejor obtiene los puntos o el premio.
- Misiones o retos: conseguir resolver o superar un reto u objetivo planteado, ya sea solo o en equipo.

4.4.3. Técnicas dinámicas

Por otro lado, también existen las técnicas dinámicas que hacen referencia a la motivación del propio usuario para jugar y seguir adelante en la consecución de sus objetivos. Algunas de estas técnicas son las siguientes:

- Recompensa: obtener un beneficio merecido.
- Estatus: establecer un nivel jerárquico social valorado.
- Logro: como superación o satisfacción personal.
- Competición: por el simple afán de competir e intentar superar a los demás.

Dependiendo de las finalidades que tenga la aplicación, se irán aplicando más o menos técnicas. La idea de la gamificación no es desarrollar un juego, sino apoyarse en los sistemas de puntuación-recompensa-objetivo que normalmente componen los mismos y crear un entorno de aprendizaje que aliente al usuario a seguir aprendiendo. [20]

4.5. Android Studio

4.5.1. Descripción

Entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones Android, basado en el software JetBrains IntelliJ IDEA. Para soportar el desarrollo de aplicaciones sobre el sistema operativo Android, Android Studio utiliza un sistema de construcción basado en Gradle, emuladores, plantillas de código e integración con Github. Incluye un editor de código, herramientas de construcción, simulación, gestor de paquetes y otras herramientas para crear, probar, ejecutar y empaquetar las aplicaciones [16]. El sistema operativo de Android se ha desarrollado a través del lenguaje de programación Java, sin embargo, también es compatible con lenguajes como Kotlin, NDK y C++. De estos Kotlin es el más utilizado por su interoperabilidad natural con Java. [49]

4.5.2. Kotlin

Kotlin es un lenguaje de programación de código abierto y tipado estático, creado por la empresa JetBrains. Se ha popularizado gracias a que se puede utilizar para desarrollar aplicaciones Android.

Características y ventajas de Kotlin

- Interoperabilidad con código Java: Kotlin está diseñado para interoperar completamente con la sintaxis del lenguaje de Java. Es decir, con una base de código existente escrita en Java, es posible interactuar de forma correcta con Kotlin y viceversa.
- Menor tiempo de programación: Kotlin elimina el código redundante, además de ser compacto y conciso, lo que optimiza bastante el proceso de escritura de código y evita la repetición.
- Orientación a objetos y programación funcional: aunque lo habitual en el desarrollo de aplicaciones móviles es un paradigma orientado a objetos, Kotlin demuestra que también se puede trabajar de la mano de la programación funcional.
- Corrutinas: posee corrutinas que optimizan la programación asíncrona. Simplifican así el trabajo de las llamadas de red y acceso a las bases de datos, y dejan atrás los callbacks.
- Desarrollo multiplataforma: Kotlin se puede emplear para cualquier tipo de desarrollo, desde la web del lado del servidor y del lado del cliente, hasta Android e iOS. Además, permite compartir código entre diferentes plataformas.

4.5.3. Jetpack Compose

Jetpack Compose es el kit de herramientas moderno de Android para compilar IU nativas. Simplifica y acelera el desarrollo de la IU en Android [17]. Es un sistema de creación de interfaces declarativas para Android. Las interfaces declarativas consisten en sistemas de vistas que utilizan el paradigma de la programación declarativa: con Compose decimos cómo queremos que sean las vistas, en lugar de especificar todos los pasos de implementación [36].

Beneficios

- Menos código: simplifica el proceso de desarrollo haciendo menos código, todo se basa en funciones de modo que el código será simple y fácil de mantener.

- Intuitiva: tan solo se describe la UI con un enfoque declarativo explicando “que hay que hacer” en vez de “cómo se debe hacer”.
- Potente: tiene integrado Material Design con el cual se pueden crear apps atractivas para usuario con animaciones y mucho más.
- Acelera el desarrollo: es compatible con proyectos existentes, se puede empezar a integrar por partes cuando sea necesario.
- Kotlin: está escrito 100 % en Kotlin lo cual permite usar sus herramientas potentes y API's intuitivas. [45]

4.5.4. Requerimientos mínimos

Para un óptimo funcionamiento se recomiendan las siguientes especificaciones:

- Windows 10, 8, o 7 de 32/64 bits – Mac OS X 10.10 hasta 10.13 – GNOME o KDE Linux.
- 4 GB de RAM como mínimo, aunque el recomendado es de 8 GB.
- 2 GB de almacenamiento mínimo, aunque se recomienda más de 4.
- Java Development Kit (JDK) 8.
- Una resolución mínima de 1280 x 800, pero se recomienda de 1440 x 900 en adelante.

4.5.5. Arquitecturas de software

Una arquitectura de software se refiere a la estructura y diseño de un sistema de software. Esta es una representación de alto nivel que define cómo los componentes de software interactúan entre sí, cómo se organizan y cómo cumplen con los requisitos funcionales y no funcionales del sistema [22].

Poseer un arquitectura de software permite la planificar el desarrollo del proyecto y escoger las herramientas necesarias para desarrollar el mismo. Escoger una arquitectura, permite:

- Organizar de forma eficiente el software.
- Reutilizar componentes y módulos en otras partes del sistema.
- Otorga mantenibilidad, escalabilidad y adaptabilidad ante nuevos cambios.
- Mejora el rendimiento, seguridad y documentación.

Existen diversos patrones de arquitectura [22], pero los más utilizados son:

- Modelo-Vista-controlador (MVC): este divide una aplicación en 3 componentes principales. El modelo (que maneja los datos y la lógica), la vista (que se encarga de la presentación e interfaz del usuario) y el controlador (que coordina las interacciones entre el modelo y la vista).
- Capas: divide una aplicación en capas lógicas como capa de presentación, capa de acceso a datos, capa de control, entre otras. Busca crear un proyecto modular y escalable.

- Arquitectura de microservicios: fragmenta la aplicación en servicios pequeños e independientes que se comunican entre sí a través de APIs. Esto mejora la escalabilidad, flexibilidad y mantenibilidad.
- Hexagonal (puertos y adaptadores): separa la lógica del código de infraestructura lo que permite que la aplicación sea independiente de las tecnologías y las interfaces externas.
- Capas de servicio: similar al patrón de capas, pero con un enfoque en la exposición de servicios web a través de capas, lo que facilita la integración con otros sistemas.
- Arquitectura orientada a servicios (SOA): basada en la creación y el uso de servicios independientes que se pueden reutilizar en toda la aplicación. Esto promueve la interoperabilidad y la flexibilidad.
- Modelo-vista-vistamodelo (MVVM): es un patrón de diseño especialmente útil en aplicaciones de interfaz de usuario, donde el modelo representa los datos y la lógica de negocio, la Vista maneja la presentación y el ViewModel actúa como intermediario entre el modelo y la vista. Es un patrón eficaz para aplicaciones de interfaz de usuario que ofrece ventajas en términos de organización, reutilización, pruebas y colaboración. [32, 46]

4.6. Inteligencia artificial

La inteligencia artificial es un campo que combina la informática y conjuntos de datos robustos para permitir la resolución de problemas. Este también engloba los subcampos del aprendizaje automático y el aprendizaje profundo, los cuales están compuestos por algoritmos de IA que buscan crear sistemas expertos que hagan predicciones o clasificaciones basadas en datos de entrada. [26]

4.6.1. Modelos generativos

La IA generativa se refiere a los modelos de aprendizaje profundo que pueden tomar datos sin procesar y “aprender” a generar resultados estadísticamente probables cuando se solicite. En un alto nivel, los modelos generativos codifican una representación simplificada de sus datos de capacitación y los extraen para crear un nuevo trabajo similar, pero no idéntico, a los datos originales. Los modelos generativos se han utilizado durante años en estadísticas para analizar datos numéricos. Sin embargo, el auge del aprendizaje profundo permite ampliarlos a imágenes, voz y otros tipos de datos complejos. [25]

4.6.2. NLP (*natural language processing*)

El procesamiento de lenguaje natural (NLP) es una tecnología de machine learning que brinda a las computadoras la capacidad de interpretar, manipular y comprender el lenguaje humano [50]. También se entiende que combina la lingüística computacional (modelización del lenguaje humano basada en reglas) con modelos estadísticos y de machine learning para que los ordenadores y dispositivos digitales reconozcan, comprendan y generen texto y voz.

Importancia

Es fundamental para analizar los datos de texto y voz de manera eficiente y en profundidad. Puede resolver las diferencias en dialectos, jerga e irregularidades gramaticales típicas en las conversaciones

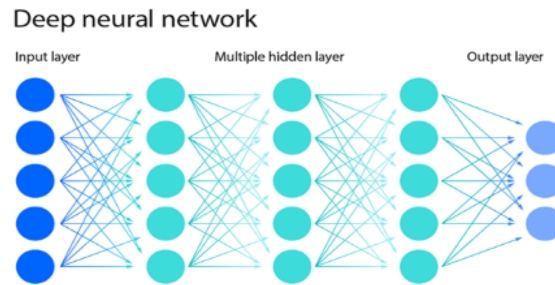


Figura 3: Ejemplo de red neuronal

cotidianas. Se puede emplear en tareas de automatización para lectura y procesamiento de archivos grandes, creación de *chatbots*, clasificación y extracción de texto entre otras aplicaciones.

Fundamentos

Lingüística computacional

Es la ciencia de entender y crear modelos de lenguaje humano con computadoras y herramientas de software. Para la creación de marcos que ayuden a las máquinas a entender el lenguaje humano conversacional, los investigadores utilizan métodos con esta fundamentación como el análisis sintáctico y semántico.

Machine learning

Tecnología que entrena a una computadora con datos de muestra para mejorar su eficiencia. Dada la complejidad del lenguaje humano, los programadores utilizan métodos de *machine learning* para enseñar a los modelos NLP a reconocer y comprender con precisión todas las características que podrían aparecer como metáforas, variaciones en la estructura de las oraciones, sarcasmo, entre otras.

Aprendizaje profundo

Consiste en una red neuronal (método de la inteligencia artificial que enseña a las computadoras a procesar datos de una manera que está inspirada en la forma en que lo hace el cerebro humano). Se trata de un tipo de proceso de *machine learning* llamado aprendizaje profundo, que utiliza los nodos o las neuronas interconectados en una estructura de capas que se parece al cerebro humano. Crea un sistema adaptable que las computadoras utilizan para aprender de sus errores y mejorar continuamente [51] que consta de nodos de procesamiento de datos estructurados para reconocer, clasificar y correlacionar patrones complejos en los datos de entrada.

[25]

Componentes

- Análisis morfológico o léxico: consiste en el análisis interno de las palabras que forman oraciones para extraer lexemas, rasgos flexivos, unidades léxicas compuestas. Es esencial para la información básica: categoría sintáctica y significado léxico.
- Análisis sintáctico: consiste en el análisis de la estructura de las oraciones de acuerdo con el modelo gramatical empleado (lógico o estadístico).

- Análisis semántico: proporciona la interpretación de las oraciones, una vez eliminadas las ambigüedades morfosintácticas.
- Análisis pragmático: incorpora el análisis del contexto de uso a la interpretación final. Aquí se incluye el tratamiento del lenguaje figurado (metáfora e ironía) como el conocimiento del mundo específico necesario para entender un texto especializado. [43]

4.6.3. Meta LLaMa

LLaMa

LLaMA(Large Language Model Meta AI) es una colección de modelos de lenguaje básico de última generación que van desde parámetros 7B a 65B. Estos modelos son más pequeños y ofrecen un rendimiento excepcional, lo que reduce significativamente la potencia computacional y los recursos necesarios para experimentar con metodologías novedosas, validar el trabajo de otros y explorar casos de uso innovadores.

Los modelos de la fundación fueron entrenados en grandes conjuntos de datos sin etiqueta, lo que los hace ideales para ajustar en una variedad de tareas. El modelo fue entrenado en la siguiente fuente:

- 67,0 % CommonCrawl
- 15,0 % C4
- 4,5 % GitHub
- 4,5 % Wikipedia
- 4,5 % Libros
- 2,5 % ArXiv
- 2,0 % otros

La amplia variedad de conjuntos de datos ha permitido a los modelos lograr un rendimiento de última generación que rivaliza con los modelos de mayor rendimiento, a saber, Chinchilla-70B y PaLM-540B.

LLaMA, un modelo de lenguaje auto-regresivo, se basa en la arquitectura del transformador. Al igual que otros modelos de lenguaje prominentes, LLaMA funciona tomando una secuencia de palabras como entrada y prediciendo la siguiente palabra, generando texto recursivamente.

Lo que distingue a LLaMA es su formación en una amplia gama de datos de texto disponibles públicamente que abarcan numerosos idiomas, como búlgaro, catalán, checo, danés, alemán, inglés, español, francés, croata, húngaro, italiano, holandés, polaco, portugués, rumano, ruso, esloveno, serbio, sueco y ucraniano. A partir de 2024, se ha introducido LLaMA 2, que presenta una arquitectura mejorada y metodologías de capacitación, mejorando aún más sus capacidades y eficiencia multilingües.

Para evaluar la eficiencia de estos modelos, se realizó una evaluación integral [54] de los modelos LLaMA, comparándolos con otros modelos de lenguaje de última generación como GPT-3, GPT-NeoX, Gopher, Chinchilla y PaLM, como se muestra en la imagen 4. Las pruebas de referencia incluyen razonamiento de sentido común, curiosidades, comprensión de lectura, respuesta a preguntas, razonamiento matemático, generación de código y conocimiento general del dominio. A

pesar de tener limitaciones como un número de parámetros reducido, complicaciones en razonamiento matemático y conocimientos profundos en áreas específicas con el modelo de base más pequeño LLaMA-13B se han superado las capacidades de GPT-3 y LLaMA-65B, demostrando un rendimiento comparable a los modelos de vanguardia como Chinchilla-70B y PaLM-540B, estos avances han revelado el potencial para lograr resultados de vanguardia a través de la capacitación en datos disponibles públicamente, todo mientras se utilizan recursos informáticos mínimos. [8]

		Humanities	STEM	Social Sciences	Other	Average
GPT-NeoX	20B	29.8	34.9	33.7	37.7	33.6
GPT-3	175B	40.8	36.7	50.4	48.8	43.9
Gopher	280B	56.2	47.4	71.9	66.1	60.0
Chinchilla	70B	63.6	54.9	79.3	73.9	67.5
	8B	25.6	23.8	24.1	27.8	25.4
PaLM	62B	59.5	41.9	62.7	55.8	53.7
	540B	77.0	55.6	81.0	69.6	69.3
	7B	34.0	30.5	38.3	38.1	35.1
LLaMA	13B	45.0	35.8	53.8	53.3	46.9
	33B	55.8	46.0	66.7	63.4	57.8
	65B	61.8	51.7	72.9	67.4	63.4

Figura 4: Comparación de modelos de procesamiento de lenguaje

Versiones posteriores

Siguiendo la misma línea de modelos de procesamiento de lenguaje se lanzaron más versiones de LLaMa, con una mayor capacidad de parámetros que brinda mejores resultados. Para hacer uso de los modelos más actuales (la versión 3.x), se necesita una cantidad mayor de recursos que la versión 2, la cual ofrece una colección de modelos de texto preentrenados y afinados que varían en escala de 7 mil millones a 70 mil millones de parámetros y que no requieren tantos recursos para ser utilizados. Además de esta característica la familia de modelos de LLaMa 2 fueron pensados y optimizados para casos de uso donde el diálogo o los chats sean utilizados. [55]

Para el uso de este tipo de modelos se utiliza una sintaxis específica, como se observa en la imagen 5, que facilita, tanto al modelo como al usuario, comprender el mensaje del remitente y el destino. La sintaxis consta de tres tokens:

- `<s></s>`: se utilizan para separar las diferentes conversaciones.
- `INST /INST`: se utilizan para encerrar los mensajes del usuario.
- `«SYS»«/SYS»`: se utilizan para encerrar los mensajes del sistema.

```

<s>[INST] <<SYS>>
{{ system_prompt }}
<</SYS>>

{{ user_message }} [/INST]

```

Figura 5: Ejemplo de sintaxis utilizado por modelos LLaMa

4.6.4. Fine-Tuning

Fine-tuning, en el contexto de *machine learning*, se refiere al proceso de adaptar un modelo previamente entrenado para tareas o casos de uso específicos. Esta técnica se convirtió en algo fundamental dentro del *deep learning*, especialmente en modelos relacionados a IA generativa [27].

La idea detrás de este proceso radica en que es más sencillo y barato perfeccionar un modelo base preentrenado que ya ha adquirido conocimientos relevantes para una tarea dada que entrenar un modelo desde 0 que busca el mismo fin. Esto se aplica mucho en modelos con miles o millones de parámetros que ya han sido entrenados como modelos de procesamiento de lenguaje natural, complejas redes neuronales convolucionales o modelos especializados en visión artificial como clasificadores de imágenes o detectores de objetos [27].

El *fine-tuning* utiliza las ponderaciones de un modelo previamente entrenado como punto de partida para continuar con el entrenamiento en un conjunto de datos más pequeño de ejemplos que reflejan de manera más directa las tareas y los casos de uso específicos para los que se utilizará el modelo. Los conjuntos de datos utilizados para el *fine-tuning* transmiten el conocimiento, el estilo, las tareas o los casos de uso del dominio específico para los cuales se está ajustando el modelo previamente entrenado [27].

Optimización y parametrización

A pesar de ser muy similar al entrenamiento de modelos, como se mencionó anteriormente, el proceso de *fine-tuning* utiliza valores de un modelo previamente entrenado como punto de partida y mediante técnicas y nuevos parámetros se logran conducir a un propósito específico. Tipos de *fine-tuning*:

- *Fine-tuning* eficiente en parámetros (PEFT): este abarca diversos métodos para reducir el número de parámetros entrenables que deben actualizarse para adaptar de manera efectiva un modelo preentrenado grande a aplicaciones posteriores específicas.
- *Fine-tuning* parcial o selectivo: tienen como objetivo reducir las demandas computacionales actualizando solo el subconjunto seleccionado de parámetros preentrenados más cruciales para modelar el rendimiento en tareas posteriores relevantes. Los parámetros restantes están "congelados", asegurándose de que no se cambien. En este enfoque suele ser actualizar solo las capas externas o términos de sesgo en el modelo.

- *Fine-tuning* aditiva: este consiste en que en lugar de ajustar los parámetros existentes de un modelo previamente entrenado, los métodos aditivos agregan parámetros o capas adicionales al modelo, congelan las ponderaciones existentes previamente entrenadas y entrenan solo los componentes nuevos. Este enfoque ayuda a mantener la estabilidad del modelo al garantizar que las ponderaciones originales previamente entrenadas permanezcan sin cambios.
- Adaptadores: otro subconjunto de fine-tuning aditivos inyecta módulos adaptadores (nuevas capas específicas para cada tarea que se añaden a la red neuronal) y entrena estos módulos adaptadores en lugar de ajustar con precisión cualquiera de las ponderaciones del modelo previamente entrenadas (que están congeladas).
- Reparametrización: los métodos basados en la reparametrización, como la adaptación de rango bajo (LoRa) , aprovechan la transformación de bajo rango de matrices de alta dimensión (como la enorme matriz de ponderaciones de modelo previamente entrenadas en un modelo de transformador).

[27]

LoRA y QLoRA

- Lora: la adaptación de bajo rango (LoRA) es una técnica para adaptar rápidamente los modelos de aprendizaje automático a nuevos contextos. LoRA ayuda a que los modelos de aprendizaje automático complejoss sean mucho más adecuados para usos específicos. Funciona añadiendo piezas ligeras al modelo original, en lugar de cambiar todo el modelo [14].

La manera en la que funciona LoRA es que busca limitar el rango de la matriz de actualización del modelo dividiéndola en dos matrices de rango más pequeñas provocando que ya no se deba alterar toda la matriz de pesos sino que solo una parte haciendo las tareas más eficientes [42]. Otra característica de esta técnica es que en vez agregar capas a los transformadores agrega valores que aporten al procesamiento de pesos [5].

- QLoRA: QLoRA es la versión extendida de LoRA que funciona cuantificando la precisión de los parámetros de peso en el LLM preentrenado a una precisión de 4 bits. Por lo general, los parámetros de los modelos entrenados se almacenan en un formato de 32 bits, pero QLoRA los comprime a un formato de 4 bits. Esto reduce la huella de memoria del LLM, lo que permite afinarlo en una sola GPU. Este método reduce significativamente la huella de memoria, lo que hace posible ejecutar modelos LLM en hardware menos potente, incluidas las GPU [5].

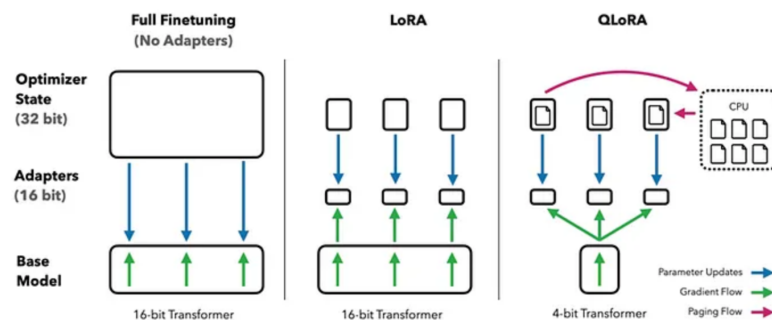


Figura 6: Métodos de *fine-tuning*: LoRA y QLoRA

- Términos utilizados en estas técnicas:

- Cuantificación: técnica que es útil para reducir el tamaño del modelo al convertir datos de alta precisión en baja precisión. En términos simples, convierte el tipo de datos de bits altos en menos bits.
- NF4: NF4 es un tipo de datos diseñado específicamente para aplicaciones de IA, particularmente en el contexto de la cuantificación de los pesos de las redes neuronales para reducir significativamente las huellas de memoria de los modelos al intentar mantener el rendimiento.
- 4-bit NormalFloat Cuantificación: método diseñado para cuantificar de manera eficiente los pesos de las redes neuronales en un formato de 4 bits. El tipo de datos NormalFloat está diseñado para cuantificar datos de manera óptima, particularmente para su uso en redes neuronales y se basa en un método llamado “*quantile quantization*” que garantiza que cada contenedor (o categoría) en el proceso de cuantificación tenga un número igual de valores de los datos de entrada (en este caso, los pesos de una red neuronal).

[5]

4.6.5. Hugging Face

Hugging Face es una plataforma *open source* de ciencia de datos y machine learning. Actúa como un repositorio para expertos en estos campos, similar a Github solo que este se enfoca en Inteligencia Artificial. En esta plataforma se pueden encontrar modelos de *machine learning* (7) y *datasets* (8).

Originalmente fue lanzado como una aplicación de chatbot para adolescentes en 2017 pero con el paso de los años ha evolucionado para convertirse en un lugar donde se pueden: encontrar y utilizar modelos y *datasets* creados por otras personas; alojar y publicar modelos propios; entrenar modelos y colaborar con otras personas; encontrar documentación sobre la infraestructura para ejecutarlo todo, desde la primera línea de código hasta el despliegue en aplicaciones o servicios en vivo. A finales de 2022 contaba con más de 1M de usuarios semanales y compañías como Microsoft, Meta y *OpenAI* utilizan hoy en día esta plataforma. [13]

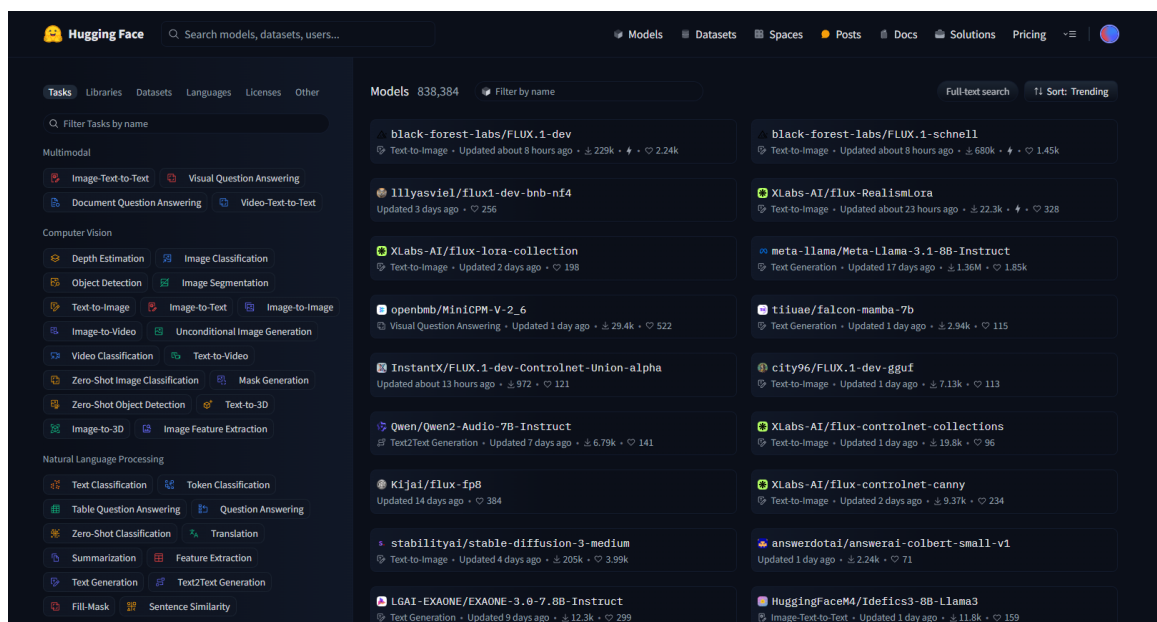


Figura 7: Modelos y filtros disponibles en Hugging Face

Hugging Face cuenta con una cantidad inmensa de modelos de inteligencia artificial que se dividen de acorde al tipo de datos que manejan. Las categorías más utilizadas son: clasificación de sonidos, clasificación de imágenes, clasificación de textos, pronósticos de series de tiempo, similitud de oraciones, detección de discursos automática, transformación de imágenes, entre otros. Además de estos filtros también se pueden buscar modelos acorde al lenguaje que manejan, librerías y licencias utilizadas.

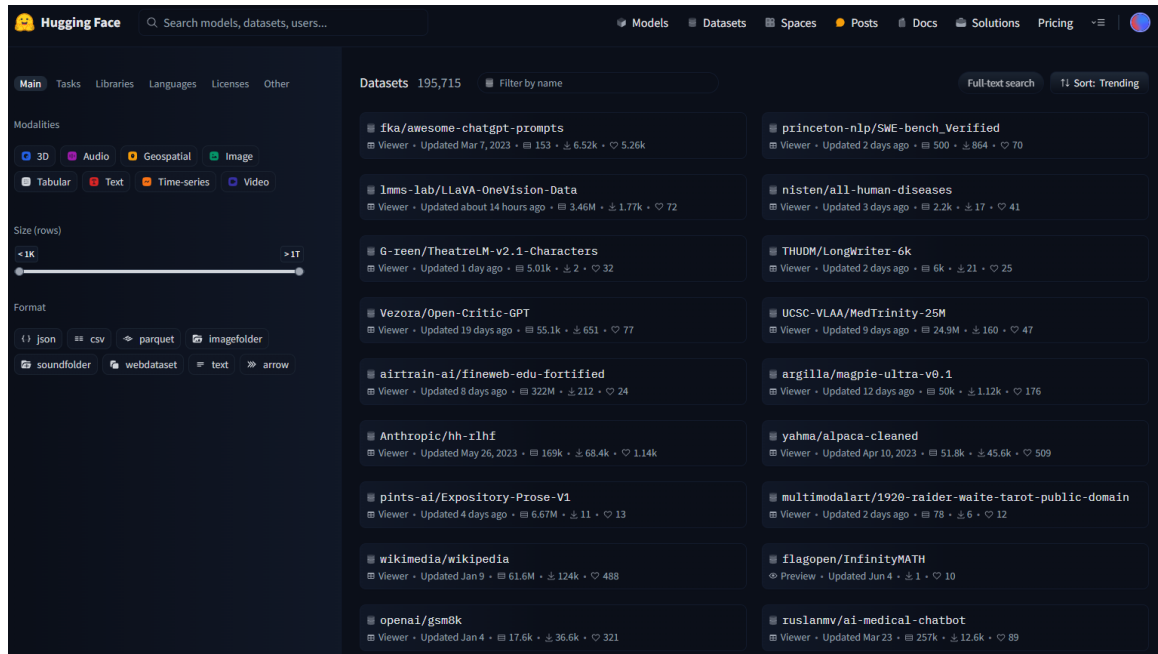


Figura 8: Datasets y filtros disponibles en Hugging Face

De igual forma para encontrar *datasets* se cuentan con las siguientes categorías: 3D, audio, geoespacial, imágenes, texto, tabular, video y series de tiempo. Adicionalmente también se incluyen filtros de lenguaje, librerías, licencias y tipos de formato para que el usuario pueda escoger el que mejor se acople al modelo que esté utilizando o desarrollando.[18]

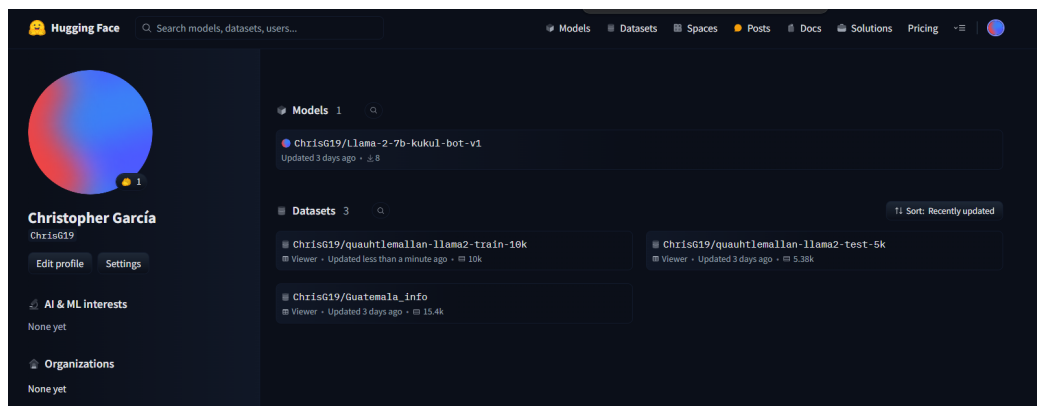


Figura 9: Perfil de Hugging Face

Cada usuario cuenta con un perfil en el cual aparecen sus contribuciones, desde modelos y *datasets*, hasta *spaces* creados o implementaciones de mejoras a otros modelos realizados.

Jupyter Notebooks

Aplicación simplificada de creación de cuadernos, y es parte de Proyecto Jupyter, un gran proyecto centrado en el objetivo de proporcionar herramientas (y normas) para programación interactiva con cuadernos computacionales [47]. Un cuaderno computacional es un documento compartido que combina código, descripciones en texto plano, información, visualizaciones como modelos 3D, gráficas, cuadros y figuras, y controles interactivos [33]. Estos cuadernos dentro del ambiente de Jupyter facilitan el prototipado y explicación de código utilizando ayudas visuales como las anteriormente mencionadas.

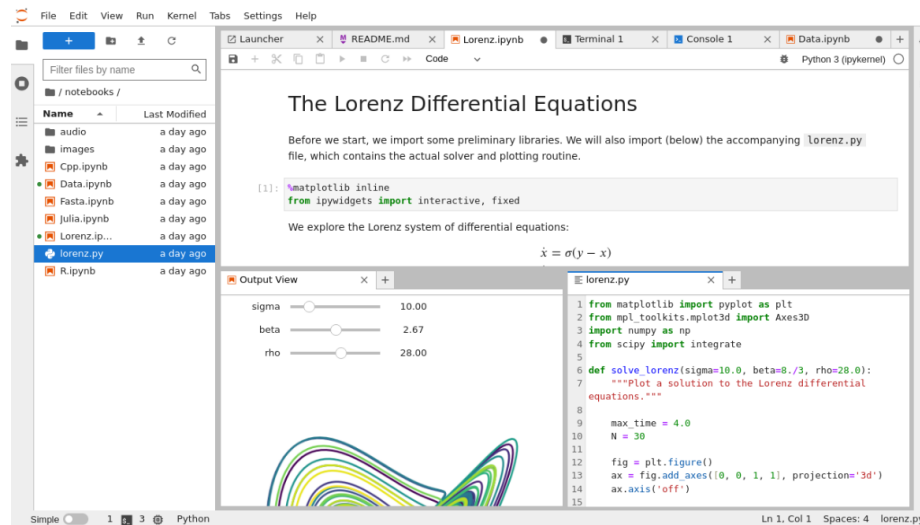


Figura 10: Ambiente de Jupyter y ejemplo de los *notebook* utilizados

Este tipo de cuadernos trabaja con IPython, una arquitectura que se enfoca en una versión interactiva del lenguaje de programación Python. Esta arquitectura brinda un núcleo y una consola lo suficientemente robusta para soportar manejo y visualización de información, así como librerías externas. Es fácil de utilizar y presenta alto rendimiento en computación paralela [30].

El alcance de este proyecto es el proceso completo de producción de una aplicación educativa y gamificada. Dicho proceso se puede dividir en las siguientes etapas: definición de temas y ramas de enseñanza, diseño amigable y funcional de la aplicación, definición y desarrollo de conceptos de gamificación, integración de gamificación a la aplicación, desarrollo de dataset para entrenamiento de chatbot, entrenamiento y *fine-tuning* de modelo, implementación de modelo a la aplicación, pruebas durante todo el proceso y evaluación del despliegue o distribución de la aplicación en caso exista un periodo de pruebas y tiempo adecuado.

Durante la primera fase se buscó delimitar las ramas que se trabajarían en la aplicación relacionados a las ciencias sociales, porque una de las principales y que ya se ha establecido, es la geografía, y cultura de Guatemala. La razón de esta delimitación fue evitar la sobrecarga de temas que provoquen un aprendizaje más lento o nulo. Para determinar estas ramas se consideró la revisión del CNB, documentos del Mineduc y artículos que resaltaran la importancia de ciertas ramas de las ciencias sociales y elementos culturales del país.

Recolección de datos inicial

Para poder comprender mejor al usuario y delimitar los temas que fueran más relevantes y con un mayor impacto en el aprendizaje que se tendría sobre Guatemala se utilizó una encuesta para entender la perspectiva que se tenía sobre temas relacionados a las ciencias sociales, sobre aplicaciones de aprendizaje y funcionalidades que integraran temas de gamificación e inteligencia artificial. La encuesta constaba de dos apartados, el primero buscaba recolectar información sobre aplicaciones gamificadas similares a Duolingo y Kahoot!, y también comprender qué tan útiles eran las funcionalidades como *chatbots*, juegos de memoria, *tests* contratiempo, recompensas a modo de insignias y cualquier otra sugerencia que tuviera el usuario. Para la segunda parte de la encuesta se tocaron temas relacionados a cultura y geografía de Guatemala con el fin de tener un sondeo de los conocimientos actuales (en los diferentes rangos de edades) sobre estos temas y la perspectiva sobre cuáles ramas de las ciencias sociales tenían un mayor impacto en el desarrollo de las personas individuales y el país.

- Apartado 1: percepción sobre aplicaciones móviles
 - Pregunta 1: **edad**
Para esta pregunta se trabajó con 4 rangos de edades:

- Entre 10 y 17 años (niños y adolescentes entre 4to. primaria y 5to. bachillerato): se tomó esta muestra como el rango de edad más pequeño por su capacidad de utilizar aplicaciones educativas y manejar material en dispositivos móviles.
- Entre 18 y 25 años (jóvenes adultos): este grupo engloba a personas con un mayor control de aplicaciones móviles en general y que son universitarios o se encuentran trabajando. También poseen cierto nivel académico en temas sociales.
- Entre 26 y 40 años (adultos): este grupo se enfoca en personas con un nivel más avanzado en temas relacionados a Guatemala, manejan la tecnología con cierto nivel y que además cuentan con conocimientos en educación.
- Mayor a 40 años (adultos mayores): este grupo engloba a personas que posiblemente no se encuentren familiarizadas con aplicaciones móviles del tipo gamificadas y que por alguna razón pueden no tener todos los conocimientos relacionados a temas puntuales de Guatemala.

- **Pregunta 2: Del 1 al 10, ¿qué tan a menudo utilizas aplicaciones educativas y/o gamificadas para aprender en algún tema?**

- **Pregunta 3: ¿Consideras que el uso de aplicaciones móviles educativas, que integran juegos y actividades interactivas (como Duolingo, Kahoot!, etc.), facilitan el aprendizaje?**

Para esta pregunta se trabajó con una respuesta binaria (sí o no) y se buscó conocer la perspectiva en cuanto a temas educativos con la ayuda de aplicaciones móviles con la finalidad de ver el impacto que estas generan hoy en día.

- **Pregunta 4: De las siguientes opciones, ¿qué actividades consideras más relevantes o efectivas al momento de aprender sobre un tema nuevo?**

Para esta pregunta se mostraron 5 opciones (Tests contratiempo, responder preguntas basadas en una imagen, memoria, insignias de progreso y 'otro' para escribir sugerencias). En esta pregunta se buscó distinguir aquellas actividades, más recurrentes en aplicaciones móviles gamificadas y educativas, que fueran más útiles y amigables en el proceso de aprendizaje.

- **Pregunta 5: Del 1 al 10, ¿qué tan útiles consideras los chatbots (similares a ChatGPT, que es una inteligencia artificial) para responder preguntas en aplicaciones educativas?**

- **Pregunta 5: Según datos de StatCounter GlobalStats (Junio 2024), el sistema operativo más utilizado a nivel mundial en dispositivos móviles es Android. Acorde a tu entorno, del 1 al 10, ¿consideras que en Guatemala los dispositivos Android son más utilizados?**

Para esta pregunta se trabajó con una escala lineal del 1 al 10 también y se buscó determinar si el sistema operativo Android era el más recurrente en Guatemala con la finalidad de delimitar el alcance que tendría la aplicación y enfocarla en un solo sistema operativo en un principio.

- Apartado 2: Cultura y geografía de Guatemala

- **Pregunta 6: Del 1 al 10, ¿qué tanto conoces de Guatemala? (tomando en cuenta estos temas: símbolos patrios, departamentos, platillos, lugares turísticos, chapinismos, moneda, política, idiomas, historia)**

Para esta pregunta se trabajó con una escala lineal del 1 al 10 y su finalidad era comprender el estado actual de la población guatemalteca en temas relacionados a Guatemala.

- **Pregunta 7: De los siguientes temas (siempre relacionados a Guatemala), ¿En cuáles no tienes muchos conocimientos al respecto?**

Esta pregunta abarcaba 10 posibles respuestas, incluyendo la opción de 'otro' para cualquier sugerencia, y se buscó determinar aquellos temas donde la mayoría de personas tendían a no conocer mucho.

- **Pregunta 8: En relación a la pregunta anterior, ¿qué temas consideras más valiosos y que tienen un mayor aporte para el desarrollo de una persona y el país?**

Esta pregunta abarcaba 10 posibles respuestas, incluyendo la opción de 'otro' para cualquier sugerencia, y seguía el mismo camino que la anterior, pero la diferencia radicaba en poder entender que temas generaban un mayor valor para cada usuario y para el país en general.

- **Pregunta 9: ¿Qué tipo de insignias o logros consideras apropiados para una aplicación educativa que presente algunos temas de los mencionados anteriormente?**

Dado que también se buscaban limitar los tipos de insignias que se podrían dar como recompensa se utilizó esta pregunta para conocer la perspectiva del usuario, quien sería el que utilizaría la aplicación educativa.

- **Pregunta 10: Sugerencias (temas, componentes, actividades, funcionalidades de aplicaciones educativas, aplicaciones que utilices, etc.)**

Esta última pregunta era opcional y buscaba escuchar al usuario y hacerlo parte del proceso de creación y diseño de la aplicación base.

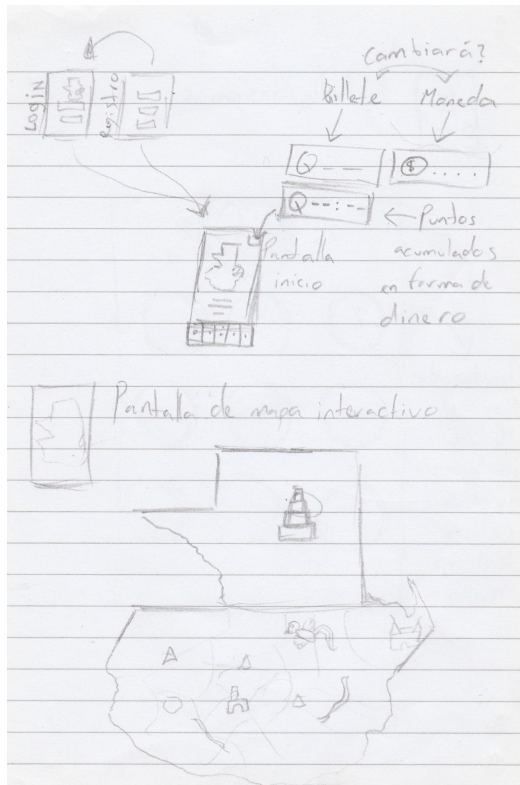
Bocetos

Posterior a la recolección inicial de datos se procedió con el desarrollo de los bocetos correspondientes al diseño inicial de la aplicación. Para este proceso se realizaron tres iteraciones, la primera contó con bocetos de ideas simples y anotaciones sobre posibles integraciones; la segunda estaba conformada por dibujos más claros, ideas definidas y un flujo más completo; finalmente, en la tercera iteración se optó por utilizar Figma, donde se utilizaron los bocetos de las anteriores iteraciones para diseñar el prototipo inicial que se le presentaría al usuario para obtener *feedback*, hacer las correcciones e iniciar con la parte de programación.

Boceto 1

Para este boceto se trabajaron 4 pantallas:

- *Home*: que englobaba también las pantallas de *login* y registro.
- Insignias: que mostraba la organización de las insignias.
- Juegos/Cuestionarios
- Progreso



Las pantallas de registro y *login* se plantearon como un diseño genérico y simple por lo que en un inicio no se contemplaron detalles al respecto. Para la pantalla de inicio o *home* se planteó un mapa interactivo de forma que el usuario pudiera desarrollar un sentido de curiosidad por continuar explorando la aplicación. Además de esto se plasmó la idea del contador de puntos en formato de billetes de Guatemala (estos pequeños detalles buscaban mejorar la experiencia del usuario y ser considerados parte de la gamificación de la aplicación); sin embargo, dado que en algún punto este contador se quedaría sin billete o moneda equivalente, para los siguientes bocetos se descartó la idea.

Figura 11: Pantalla *home*

En cuanto a la pantalla de insignias, se diseñó un *grid* y un porcentaje general basado en la cantidad total de insignias obtenidas. Cada sección del *grid* sería una categoría diferente y dentro de cada categoría se planteó la idea de desglosar las diferentes insignias que poseían. Para este apartado no se contemplaban los temas todavía por lo que sólo se anotaron algunos temas puntuales.

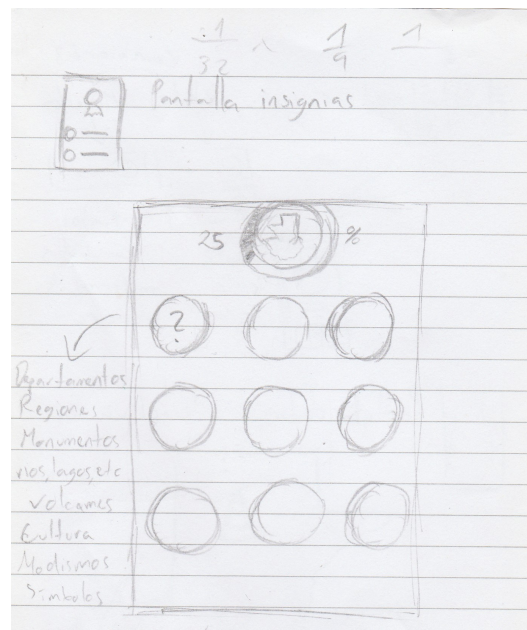


Figura 12: Pantalla insignias

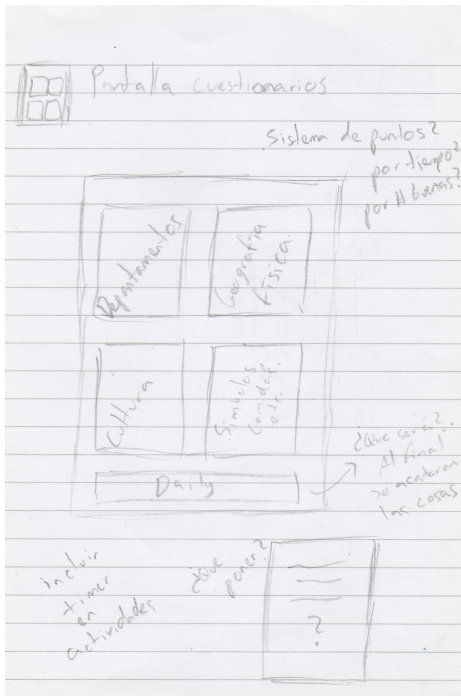


Figura 13: Pantalla de juegos

La pantalla de juegos o cuestionarios se diseñó como un *grid* de cinco actividades. Esta pantalla tuvo un rediseño para la segunda iteración puesto que se contemplaron temas como actividades y no juegos puntuales. En este boceto se anotaron las dudas sobre el sistema de puntos y las características generales de todos los juegos.

La pantalla de progreso se diseñó como parte del acercamiento de gamificación que se buscaba alcanzar con esta aplicación. El boceto refleja un resumen de las insignias obtenidas y el avance que el usuario tiene en las diferentes categorías o temas de la aplicación, así como un par de interrogantes sobre funcionalidades propias de esta pantalla.

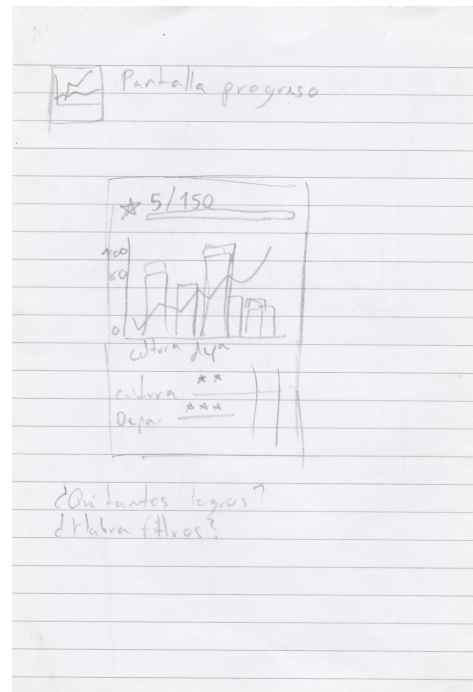


Figura 14: Pantalla de progreso

Boceto 2

El segundo boceto de la aplicación no presenta muchas diferencias del primer boceto con excepción de que este se comprende un poco más al estar ligeramente mejor detallado y también son dibujos más elaborados. En este se tomaron sugerencias de la primera encuesta y se modificaron, simplificaron o ajustaron características en las diferentes pantallas con la finalidad de presentar un producto más llamativo y funcional al usuario.

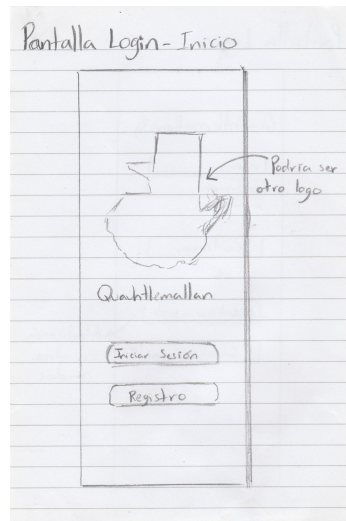
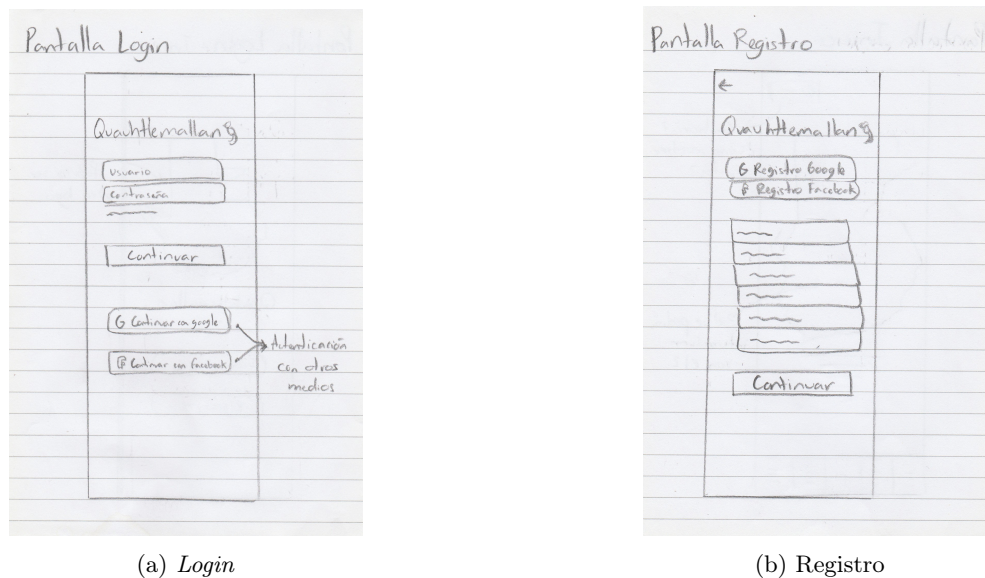


Figura 15: Pantalla inicial de la aplicación

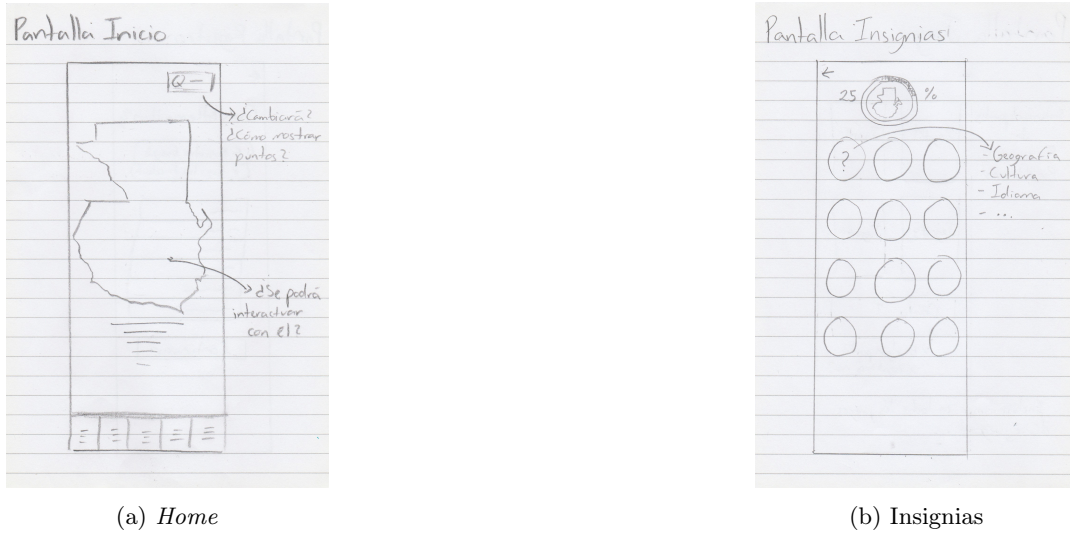


(a) Login

(b) Registro

Figura 16: Pantallas de autenticación

A diferencia del primer boceto, en este se diseñó, de forma sencilla, tanto el *login* como el registro con el fin de poder establecer mejor las pantallas y sus funcionalidades. En estas pantallas se mostraron detalles relacionados al logo, campos a llenar, formas de autenticación y la estructura inicial con la que se trabajaría.

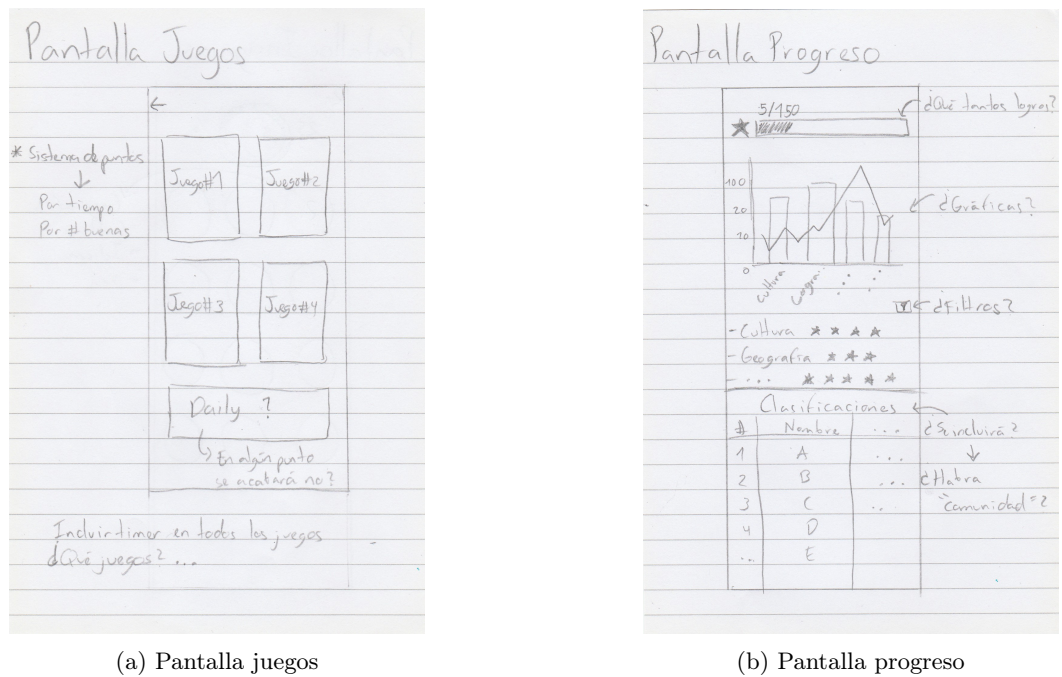


(a) Home

(b) Insignias

Figura 17: Pantallas home e insignias

La pantalla de home e insignias se mantuvo igual con ligeros cambios para apreciar mejor el boceto de estas pantallas.



(a) Pantalla juegos

(b) Pantalla progreso

Figura 18: Pantallas juegos y progreso

Para la pantalla de juegos se cambió el *grid* y cada elemento en vez de ser una categoría se convirtió en un juego; Se redujeron las interrogantes a los tipos de juegos que se incluirían y cómo se ganarían puntos. Para la pantalla de progreso se agregó un apartado de clasificaciones con el fin de incentivar la competencia sana, agregando otra característica de la gamificación de aplicaciones; Y se agregaron pequeñas detalles para explicar mejor las funcionalidades.

Este segundo boceto se completó posterior a obtener y analizar los resultados de la primera encuesta, la cual se explicó durante la fase 5.

Prototipo en Figma (basado en boceto 2)

Utilizando el boceto 2 se utilizó la herramienta Figma para realizar un prototipo interactivo que les permitiera a los usuarios objetivo darse una idea del producto final esperado.

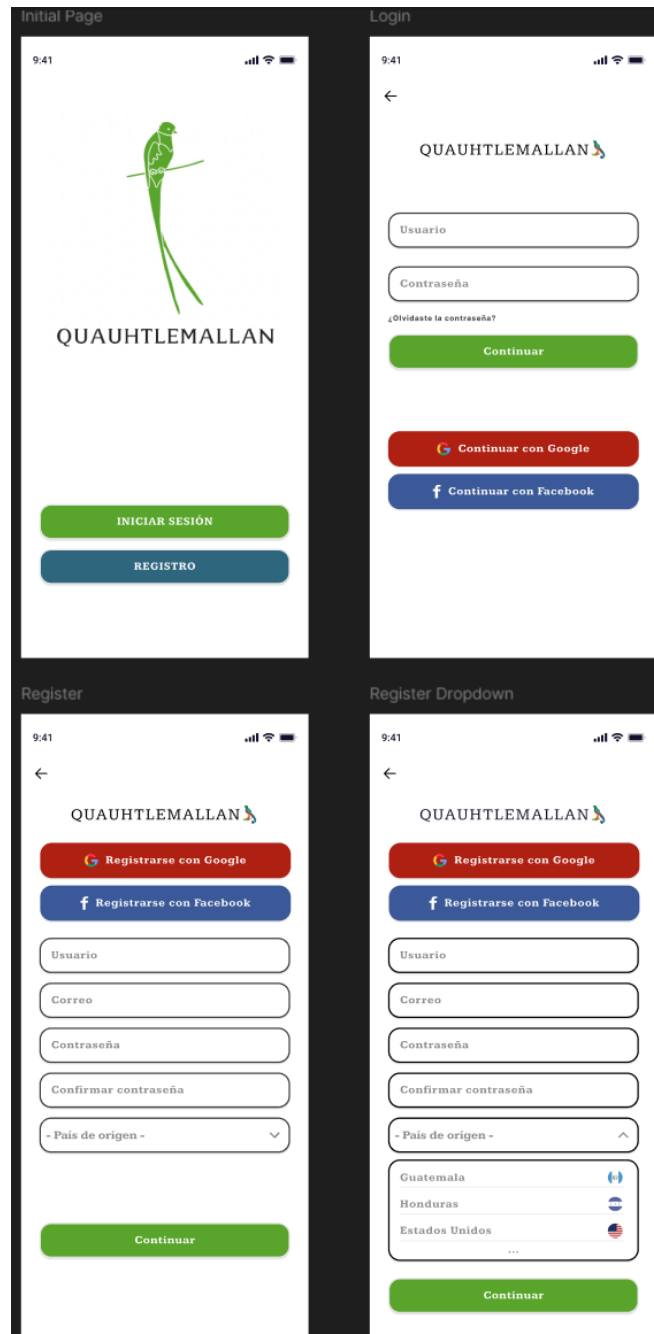
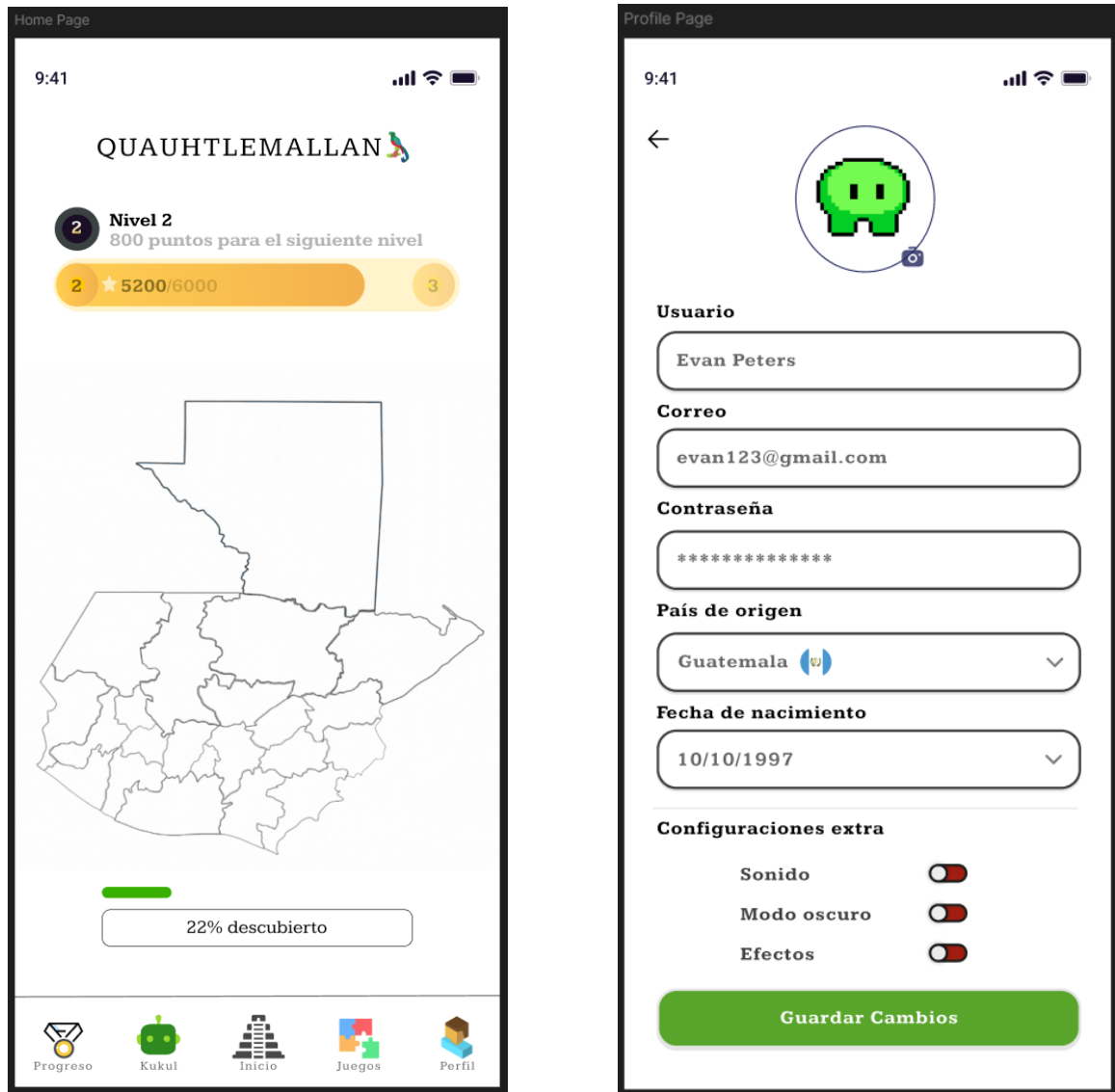


Figura 19: Pantallas de inicio y registro en prototipo de Figma

Para comenzar se muestra una pantalla principal en conjunto con las pantallas de registro e inicio de sesión. Se permite el ingreso a la aplicación tanto con un correo y contraseña como con proveedores como Google y Facebook.

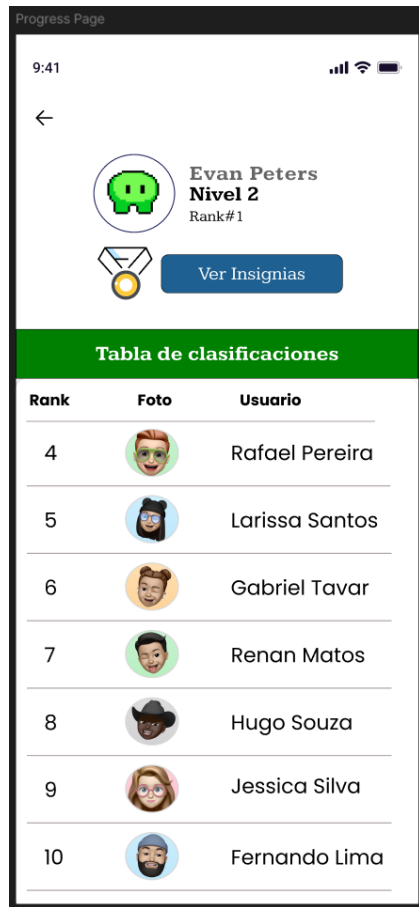


(a) home

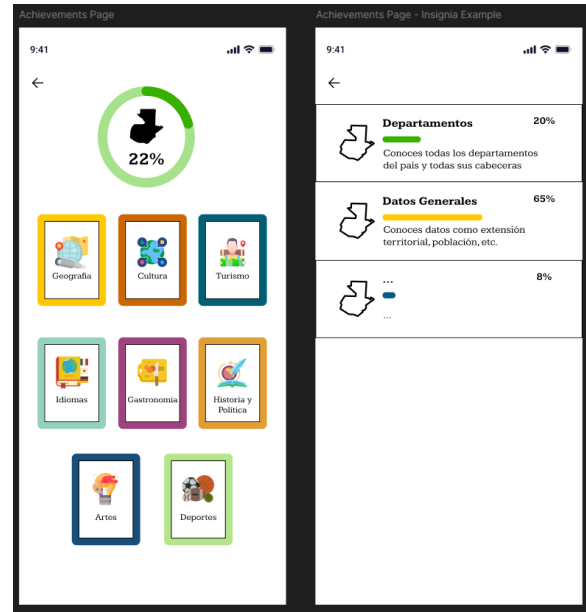
(b) Perfil

Figura 20: Pantallas *home* y perfil en prototipo de Figma

Para la pantalla del *home* se muestra una imagen del mapa de Guatemala (dentro del prototipo este es un *gif* que va iluminando cada departamento), el porcentaje "descubierto", el nivel del usuario en base a los puntos obtenidos y la barra de opciones disponibles. Y en cuanto al perfil se mantuvieron algunos campos del registro, un par de datos extras sobre el usuario y configuraciones básicas.



(a) Progreso

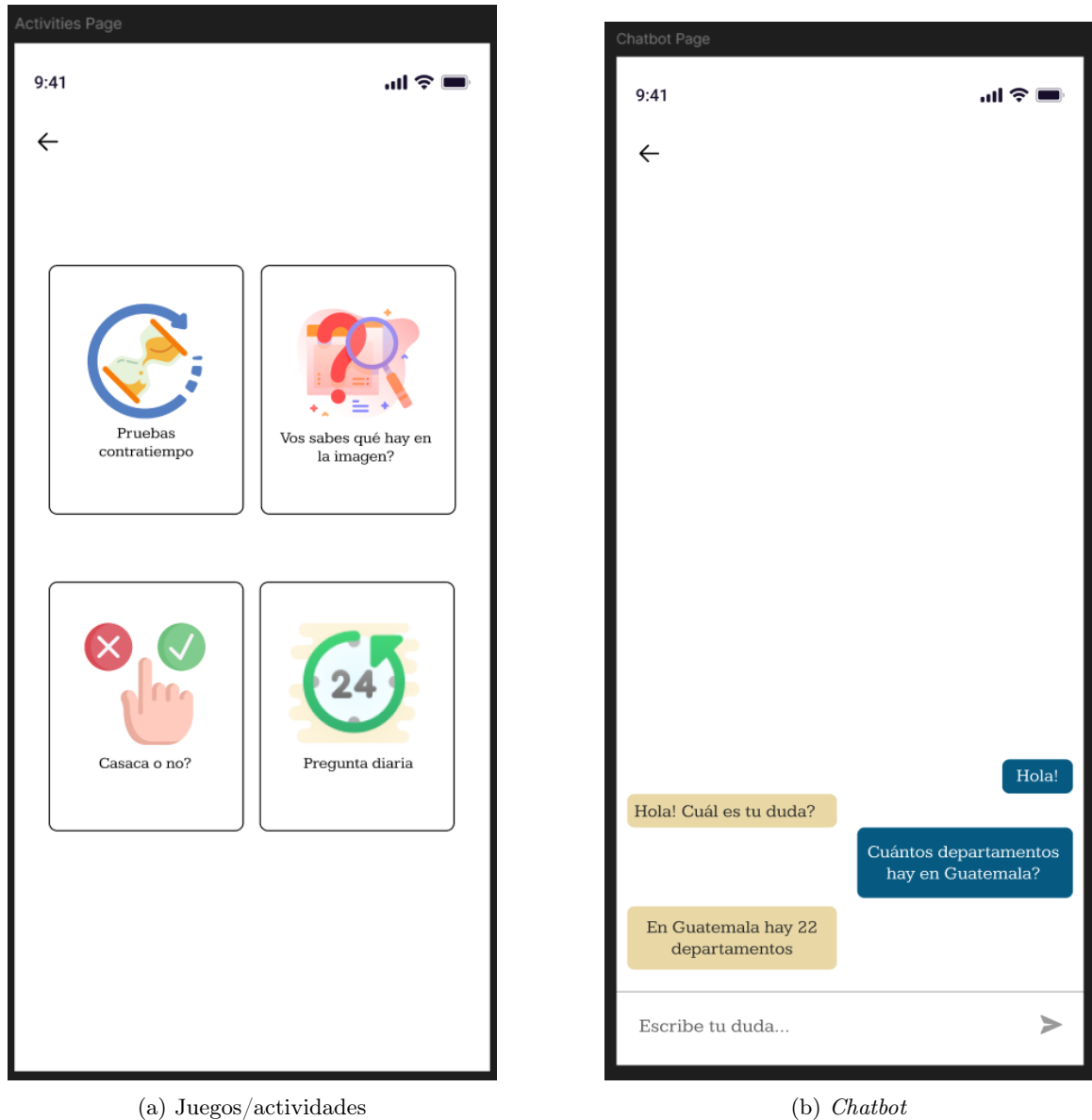


(b) Insignias

Figura 21: Pantallas Progreso y Insignias en prototipo de Figma

Con las sugerencias obtenidas en la primer encuesta se determinó que la competitividad sana aportaba al aprendizaje de los usuarios, es por esto que la pantalla de progreso se modificó a manera de presentar una tabla de clasificaciones de los usuarios con mayor puntaje, el nivel del usuario registrado y el acceso a las insignias obtenidas.

La pantalla de insignias se dividió por categorías en 8 temas principales, también seleccionados a razón de los resultados de la primera encuesta, y un porcentaje de "descubrimiento" (el mismo que el de la pantalla *home*). Los temas son: geografía, cultura, turismo, idiomas, gastronomía, historia, artes y deportes. Cada una de estas categorías muestra un apartado de las insignias acordes al tema y un progreso individual.

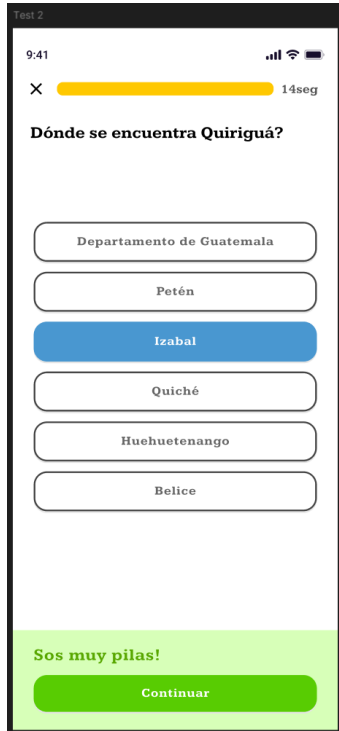


(a) Juegos/actividades

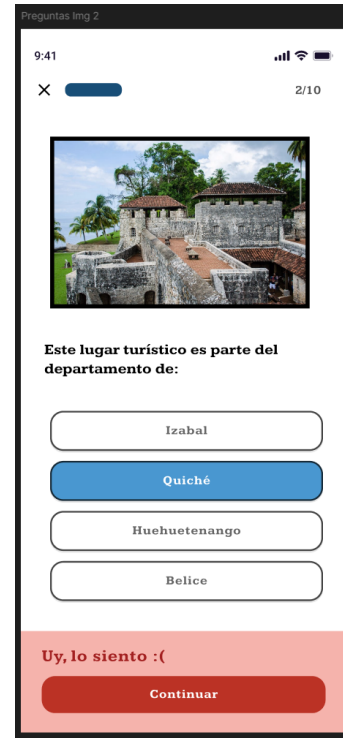
(b) Chatbot

Figura 22: Pantallas de juegos y *chatbot* en prototipo de Figma

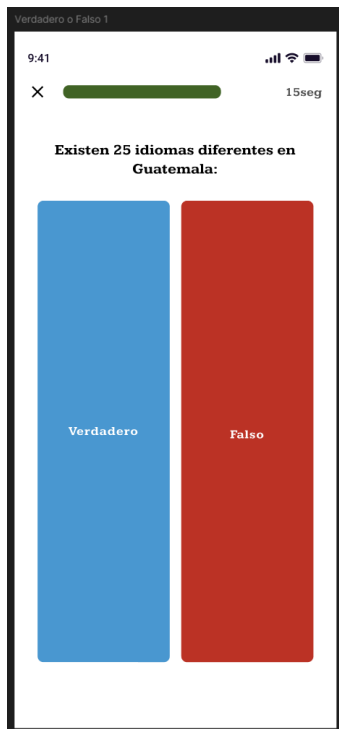
La pantalla del *chatbot* consiste en un chat simple donde el usuario ingresa sus inquietudes respecto a temas relacionados a la cultura y geografía de Guatemala y se obtiene una respuesta del modelo. Y por último la pantalla de actividades que cuenta con 4 juegos/actividades principales, tomando como referencia los resultados de la encuesta y otras aplicaciones similares como Duolingo o Kahoot!, que son: pruebas contratiempo, preguntas en base a imágenes, preguntas de verdadero o falso y preguntas diarias. Un pequeño vistazo de lo que abarca cada actividad se muestra en las figuras posteriores.



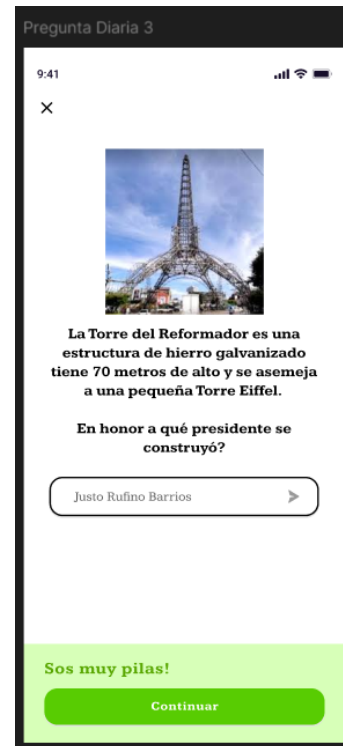
(a) Actividad de *test* contratiempo



(b) Actividad de preguntas en base a imágenes



(c) Actividad de verdadero o falso



(d) Actividad de preguntas diarias

Figura 23: Diferentes actividades en el prototipo de Figma

Evaluación de prototipo

Para evaluar el prototipo desarrollado se trabajó una segunda encuesta que permitiera afinar detalles y comprender las necesidades del usuario en base a su experiencias con el mismo. En esta encuesta se tomaron en cuenta temas relacionados a los colores, tipografías, iconos, organización de juegos, categorías y pantallas.

- Apartado 1: Detalles visuales y funcionales
 - Pregunta 1: **Con los colores se buscó representar el Quetzal, Guatemala como tierra de árboles, lagos y ríos. De las siguientes paletas de colores, ¿cuáles consideras que representan más a Guatemala?** (Figura 119b)
 - Pregunta 2: **¿Qué tipo de letra (1 o varios) consideras más atractivo, más entendible y más apropiado para la aplicación?** (Figura 120)
 - Pregunta 3: **¿Consideras que este logo es adecuado para la aplicación? (El color del quetzal podrá variar)** (Figura 121)
 - Pregunta 4: **¿Consideras que estos íconos son llamativos y representativos de sus pantallas? (Kukul será una IA que responderá dudas de los diferentes temas y su nombre significa "Quetzal", nuestro símbolo patrio)** (Figura 122)
 - Pregunta 5: **¿La agrupación de insignias e íconos utilizados la consideras amigable, entendible y apropiada?** (Figura 123)
 - Pregunta 6: **Los juegos buscan ser retadores y que no consuman mucho tiempo para evitar perder la atención. ¿Consideras que estos 4 juegos cumplen esta función, y además son llamativos?** (Figura 124)

Con la primera sección de preguntas se buscó determinar los detalles más llamativos y entendibles para el usuario y posteriormente durante la implementación se tomaron en cuenta.

- Apartado 2: Experiencia con el prototipo inicial
 - Pregunta 7: **Del 1 al 10, ¿qué tan amigable consideras la aplicación?**
 - Pregunta 8: **Del 1 al 10, ¿qué tan intuitiva y fácil de utilizar consideras la aplicación?**
 - Pregunta 9: **Del 1 al 10, ¿qué tan atractiva consideras la aplicación?**
 - Pregunta 10: **¿Hubo algún aspecto de la aplicación que te resultara especialmente agradable?**
 - Pregunta 10: **¿Hubo algún aspecto de la aplicación que te resultara especialmente desagradable?**
 - Pregunta 11: **¿Hubo algún momento en que te sentiste perdido/a o confundido/a al usar la aplicación?**
 - Pregunta 12: **¿Hay algún aspecto del diseño que cambiarías o mejorarías? ¿Qué sería?**
 - Pregunta 13: **¿Hay algo más que te gustaría comentar sobre tu experiencia con la aplicación?**

Con la segunda sección de preguntas se buscó encontrar los puntos de mejora en cuanto a facilidad de uso, navegación y qué tan intuitiva era la aplicación de forma que el usuario no se sintiera perdido en ningún momento y su aprendizaje se viera afectado de algún modo.

Implementación del código

Una vez se concretó el diseño base y se obtuvo retroalimentación del prototipo inicial se procedió con la implementación del código. El desarrollo se dividió en la construcción del *frontend* de la aplicación, las conexiones con Firebase como parte del *backend* y la construcción, *fine-tuning* y despliegue del modelo.

Configuración de entornos

Se utilizaron diferentes entornos acorde a las funcionalidades trabajadas, en cuanto al apartado visual de la aplicación se decidió utilizar Android Studio como IDE y Kotlin como lenguaje principal. Para el apartado del backend y refinamiento del modelo se utilizó Firebase, Google Colab, Google Cloud, Hugging Face y Github.

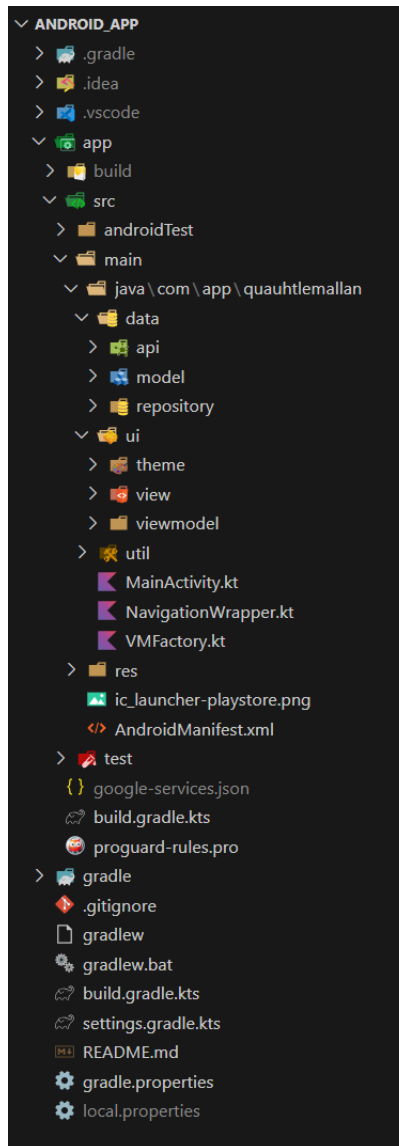


Figura 24: Estructura final de la aplicación

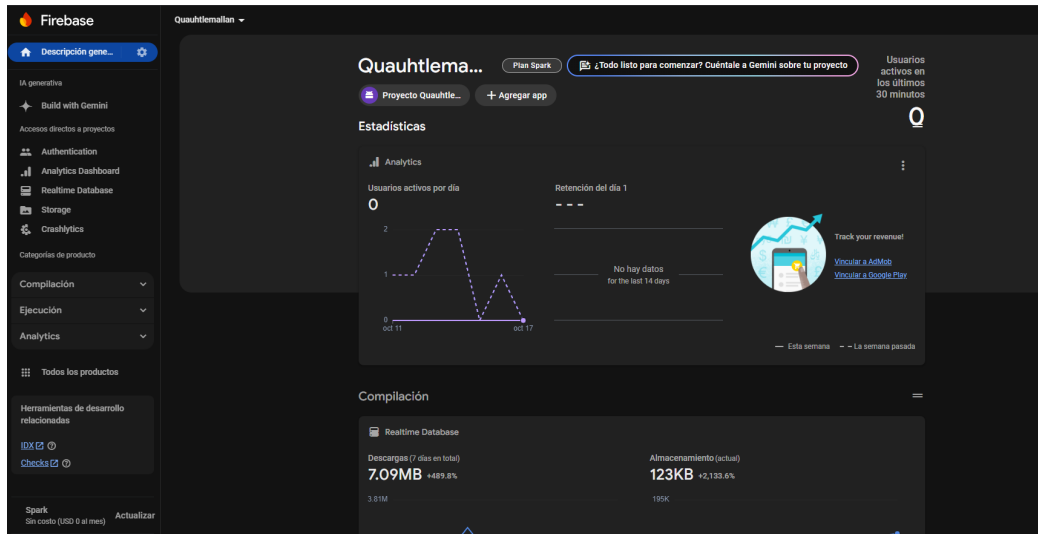


Figura 25: Ambiente de Firebase

Dentro de Firebase se utilizaron 5 módulos:

- *Authentication*
- *Analytics dashboard*
- *Realtime database*
- *Storage*
- *Crashlytics*

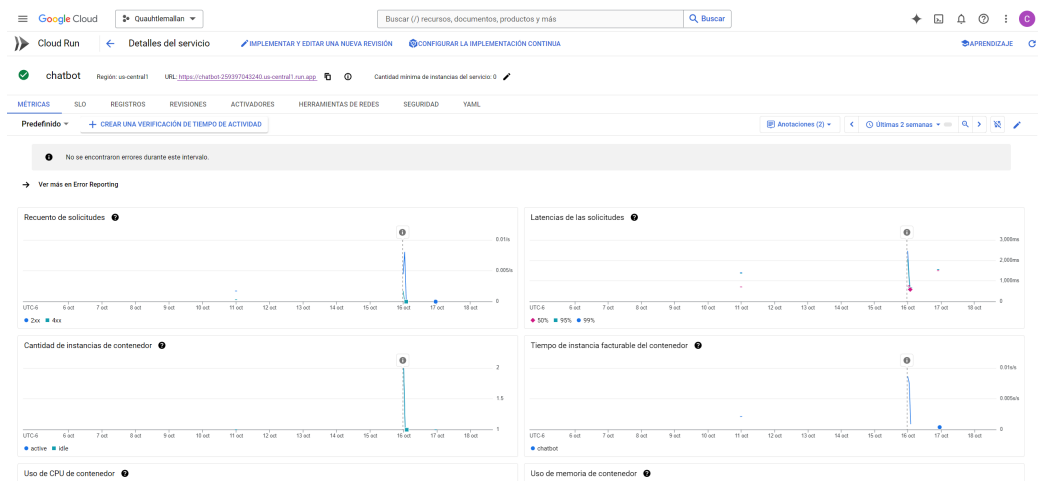


Figura 26: Servicio en Google Cloud

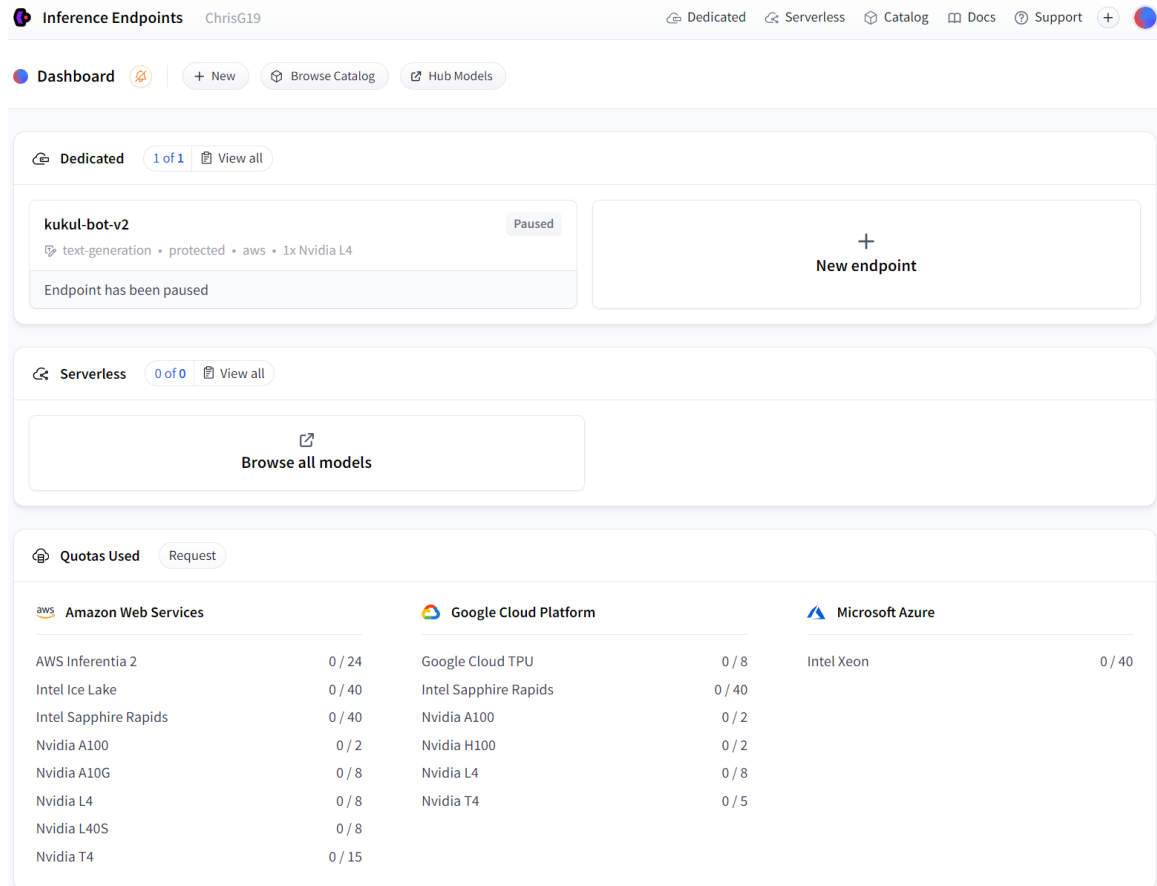


Figura 29: API de Hugging Face para consultar modelo

Para alojar el modelo del chatbot se utilizó *Hugging Face*, una plataforma para alojar archivos y código similar a Github pero enfocado en inteligencia artificial. En este repositorio se almacenaron los datasets que realicé y las diferentes versiones del modelo entrenado. Por otra parte, siempre en la plataforma de *Hugging Face*, se configuró un endpoint dedicado al modelo que se utilizó para generar las respuestas en el chatbot, este endpoint tenía un coste de 0.80 dólares la hora por la cantidad de recursos que se utilizaban (en este caso diversos GPUs).

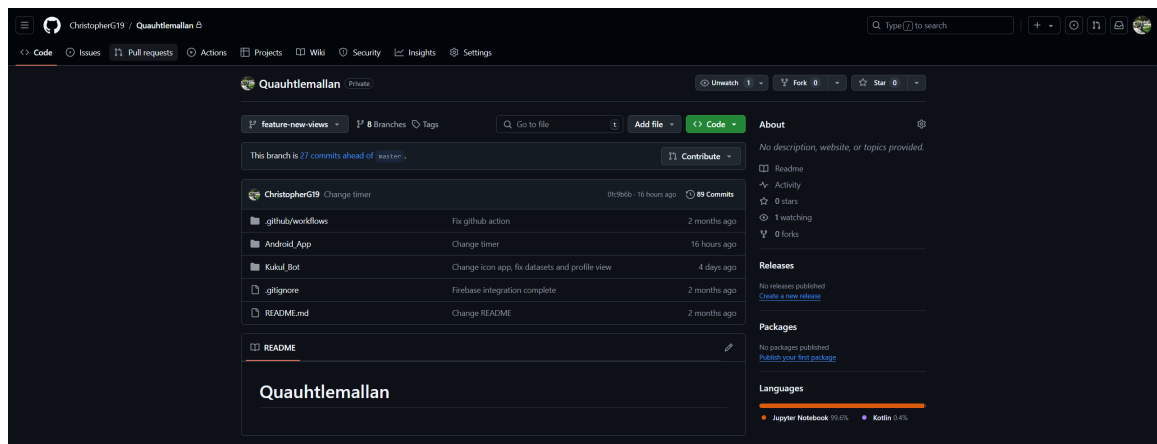


Figura 30: Repositorio en Github

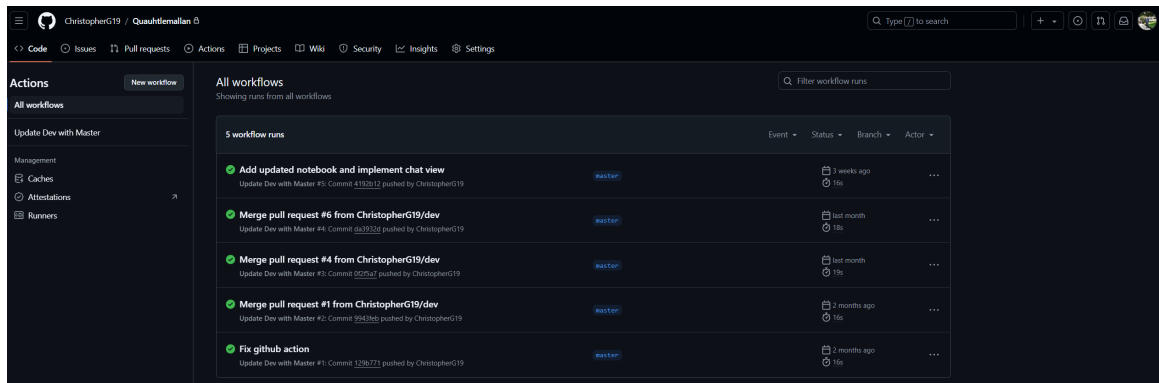


Figura 31: Workflow desarrollado para actualización de *branches*

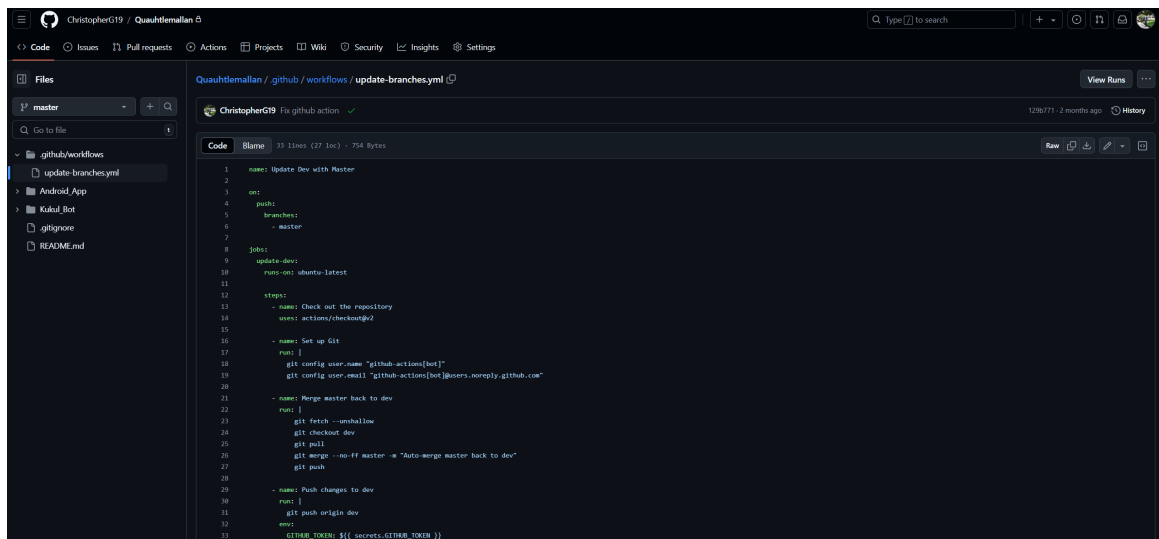


Figura 32: Ejecución de Github Actions

Finalmente para el versionamiento del código se utilizó Github, en este se encontraban los archivos relacionados al modelo de IA y la aplicación en si. También se implementó un pequeño script en Github Actions que se encargaba de actualizar la branch de desarrollo con todos los cambios que se pasaran a la branch principal con la finalidad de seguir y aplicar Gitflow correctamente.

Refinamiento de modelo

Para poder refinar el modelo utilizado fue necesario iniciar creando un dataset lo suficientemente robusto para aumentar los pesos (valores que se asignan a cada palabra o token para crear relaciones) de toda la información relacionada a la geografía y cultura de Guatemala.

Cada pregunta de este dataset contaba con una estructura similar a la siguiente:

{"text": "### Human: <Pregunta> ### Assistant: <Respuesta esperada>"}

Por cada una de las preguntas se redactaron 3 versiones adicionales (cantidad de veces arbitraria) con diferente formato (uso de signos de puntuación, preguntas simplificadas, con poca ortografía, entre otras variaciones) para mejorar el entrenamiento del modelo. Una vez se alcanzó la cantidad de

15300 datos aproximadamente (alrededor de 4000 datos eran referentes a preguntas sobre cultura, geografía y datos de Guatemala y el resto correspondía a traducciones a lenguas mayas) se procedió a reestructurar el dataset de modo que el modelo a entrenar entendiera los datos que recibía.

Los *prompts* que acepta la familia llama, y específicamente este modelo se describieron en el apartado de versiones posteriores 4.6.3 y se muestra en la imagen 5. Para lograr que el dataset propio tuviera esa estructura se utilizó el siguiente código (Código extraído de Notebook publicado en dataset mlabonne/guanaco-llama2-1k [34], utilizado para ejemplos de *fine-tuning*):

```
from datasets import load_dataset
import re

# Load the dataset
dataset = load_dataset('timdettmers/openassistant-guanaco')

# Shuffle the dataset and slice it
dataset = dataset['train'].shuffle(seed=42).select(range(1000))

# Define a function to transform the data
def transform_conversation(example):
    conversation_text = example['text']
    segments = conversation_text.split('###')

    reformatted_segments = []

    # Iterate over pairs of segments
    for i in range(1, len(segments) - 1, 2):
        human_text = segments[i].strip().replace('Human:', '').strip()

        # Check if there is a corresponding assistant segment before processing
        if i + 1 < len(segments):
            assistant_text = segments[i+1].strip().replace('Assistant:', '').strip()

            # Apply the new template
            reformatted_segments.append(f'<s>[INST] {human_text} [/INST] {assistant_text} </s>')
        else:
            # Handle the case where there is no corresponding assistant segment
            reformatted_segments.append(f'<s>[INST] {human_text} [/INST] </s>')

    return {'text': ''.join(reformatted_segments)}

# Apply the transformation
transformed_dataset = dataset.map(transform_conversation)
```

Figura 33: Código para creación de *prompts*

En este script de Python se extrae la información del dataset propio y se acopla a la sintaxis requerida.

El modelo utilizado como base fue Llama-2-7b-chat de la familia Llama desarrollada por Meta. Para poder utilizar este modelo y otros que ya implementaban transformadores para facilitar el *fine-tuning* era necesario obtener el permiso de Meta (Este se conseguía llenando un formulario en Hugging-Face donde se explicaba el uso y propósito que se le daría). Una vez se autorizó el uso de este modelo se trabajó sobre un modelo hijo que implementaba la lógica para realizar fine-tuning y entrenamientos con datasets propios, este modelo fue NousResearch/Llama-2-7b-chat-hf.

Una vez se obtuvo el dataset en el formato correcto y la referencia del modelo a utilizar se procedió con la definición de variables necesarias para el fine-tuning. Las variables utilizadas fueron las siguientes (siguiendo ejemplos de fine-tuning a modelos de Llama[9]):

- `lora_r`: Define la dimensión de espacio usado en LoRA para las capas de atención. (Valor más alto = aumentar capacidad del modelo de adaptarse)

- `lora_alpha`: ajusta y escala los cambios y actualizaciones de LoRA.
- `lora_dropout`: Probabilidad de desechar conexiones para evitar *overfitting*.
- `use_4bit`: Variable que habilita el uso de cuantización en 4 bits para reducir memoria utilizada.
- `bnb_4bit_compute_dtype`: Tipo de dato para los cálculos (en este caso `bfloat16` está orientado a mejorar rendimiento).
- `bnb_4bit_quant_type`: Tipo de cuantización a utilizar (en este caso `nf4` está enfocado a optimizar la precisión).
- `use_nested_quant`: Variable que activa una segunda cuantización para mejorar el uso de memoria y eficiencia.
- `output_dir`: Carpeta donde se guardarán los *checkpoints* y predicciones del modelo.
- `num_train_epochs`: Cantidad de épocas de entrenamiento.
- `fp16/bf16`: Variables para mejorar precisión dependiendo del hardware.
- `per_device_train/eval_batch_size`: Tamaño del lote para entrenamiento y pruebas por GPU.
- `gradient_accumulation_steps`: Número de pasos para acumular gradientes antes de actualizar pesos.
- `gradient_checkpointing`: Variable que habilita el almacenamiento parcial de los gradientes para reducir el uso de memoria durante el entrenamiento.
- `max_grad_norm`: Valor máximo de la normal permitida en gradientes para evitar desestabilización durante el entrenamiento.
- `learning_rate`: Taza de aprendizaje para el optimizador, esta controla que tan rápido o lento el modelo ajusta los pesos durante el entrenamiento.
- `weight_decay`: Valor aplicado a los pesos del modelo para prevenir *overfitting*.
- `optim`: Optimizador a utilizar (En este caso, `paged_adamw_32bit` es una versión optimizada de AdamW que maneja de manera eficiente en memoria modelos grandes).
- `lr_scheduler_type`: Planificación de la tasa de aprendizaje (En este caso "`cosine`" reduce la tasa de aprendizaje de manera gradual en forma de curva de coseno, ayudando a que se estabilice el entrenamiento hacia el final).
- `max_steps`: Número máximo de pasos de entrenamiento (De ser diferente a -1 sustituye el entrenamiento por épocas).
- `warmup_ratio`: Proporción de pasos para evitar que el modelo realice ajustes abruptos al inicio del entrenamiento (por eso se denomina como "calentamiento").
- `group_by_length`: Variable para determinar si se agrupan secuencias de longitudes similares en un mismo lote para optimizar memoria y acelerar el entrenamiento.
- `save_steps`: Variable para definir cada cuántos pasos se guarda un *checkpoint* del modelo.
- `logging_steps`: Variable para definir cada cuántos pasos se registran métricas y *logs* durante el entrenamiento.
- `max_seq_length`: Longitud máxima de las secuencias utilizadas para el *fine-tuning* (En este caso al ser `None` el modelo automáticamente toma decisiones acorde a las capacidades del hardware).

- `packing`: Variable para definir si se empaquetan múltiples ejemplos en una secuencia para mejorar la eficiencia.
- `device_map`: Asigna partes del modelo a *GPU's* específicas.

Luego de tener las variables definidas se cargaron los valores y las configuraciones necesarias para lograr el *fine-tuning*. Entre esto se encuentra la carga del modelo, del tokenizador, parámetros adicionales para aumentar la eficiencia durante el proceso de *tuning* y parámetros para aplicar *fine-tuning* supervisado.

Iteraciones de refinamiento y datasets

El modelo tuvo un proceso gradual, se fueron variando tanto las características del modelo como el dataset de prueba utilizado. Se realizaron diferentes pruebas buscando la mejora de las respuestas que este daba.

- Primera iteración: Para la primera iteración se utilizaron los parámetros recomendados en la documentación oficial de Meta, para realizar *fine-tuning* a modelos de la familia Llama [41], en conjunto del dataset inicial de 15k datos aproximadamente. Esta primera iteración funcionó para evaluar que tan bien se adaptaba el dataset a la estructura aceptada por el modelo y cómo se acoplaban las respuestas a los fines por los que se entrenó.
- Segunda iteración: Una vez se determinó que el dataset se acoplaba de forma correcta y el entrenamiento se lograba completar con éxito se realizaron preguntas de prueba para evaluar su exactitud. Durante estas pruebas se encontró una deficiencia en las respuestas y se procedió a reducir el dataset que incluía las traducciones mayas (recopiladas de la Academia de las Lenguas Mayas de Guatemala [4]) para limitarlo únicamente a preguntas y respuestas relacionadas a temas culturales y geográficos de Guatemala (se redujo de 15k a 4k datos aproximadamente). Con esta reducción de datos se trató determinar si la eliminación de palabras en lenguas mayas influía de manera positiva en el modelo y reducía la creación de palabras nuevas o respuestas en inglés, caso que se daba al consultar temas de gramática en la primera iteración. También se procedió a modificar algunos parámetros:
 - `lora_r`: se aumentó a 128 (esto buscaba mejorar la capacidad de ajuste del modelo en tareas complejas terminando así en un mejor rendimiento).
 - `use_4bit`: se desactivó esta función (al desactivarla se buscó aumentar la precisión del modelo aunque se consumiera más memoria).
 - `bnb_4bit_compute_dtype`: se cambió de `float16` a `bfloat16` (este tipo de dato resulta ser más eficiente en GPUs determinadas y mejoraba el rendimiento del modelo).
 - `use_nested_quant`: se activó esta función (se activó para reducir el modelo al aplicar doble cuantización).
 - `num_train_epochs`: se aumentó a 25 (incrementar la cantidad de épocas permitía al modelo aprender mejor de datasets grandes).
 - `bf16`: se activó esta función (nuevamente se activó al ser eficiente en GPUs determinadas mejorando el rendimiento de precisión).
 - `per_device_train_batch_size`: se aumentó a 8 (esto buscó mejorar la estabilidad del modelo durante su entrenamiento a costo de más memoria).
 - `gradient_checkpointing`: se desactivó esta función (al no almacenar estados de los gradientes se buscó mejorar el rendimiento del modelo durante su entrenamiento.)

En esta segunda iteración el modelo tendía a responder de una forma más apegada al dataset utilizado en vez de generar texto nuevo creado a partir de unión de palabras.

Backend

Para el *backend* no se desarrolló un API en sí, sino que se utilizaron funciones existentes de Firebase y otros proveedores ajustando las configuraciones necesarias para conectarse a la aplicación.

■ Firebase

- Módulo "*Authentication*": Para manejar la autenticación en la aplicación se trabajó con 3 métodos de ingreso, dos de estos con proveedores. Al usuario se le ofrece la posibilidad de ingresar con correo y contraseña, con una cuenta de Google o bien con una cuenta de Facebook.

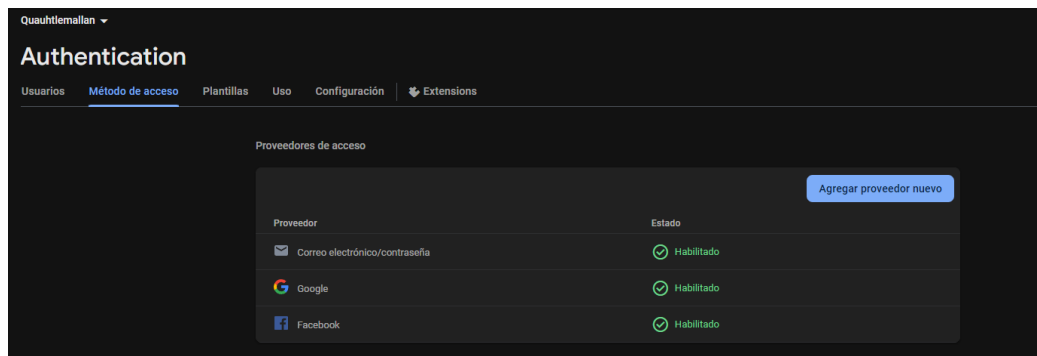


Figura 34: Métodos de autenticación

- Módulo "*Analytics Dashboard*": Al crear el proyecto de Firebase, automáticamente se agregó este módulo en el cuál se muestran diferentes estadísticas relacionadas a la aplicación (usuarios, usos, eventos, entre otras.)

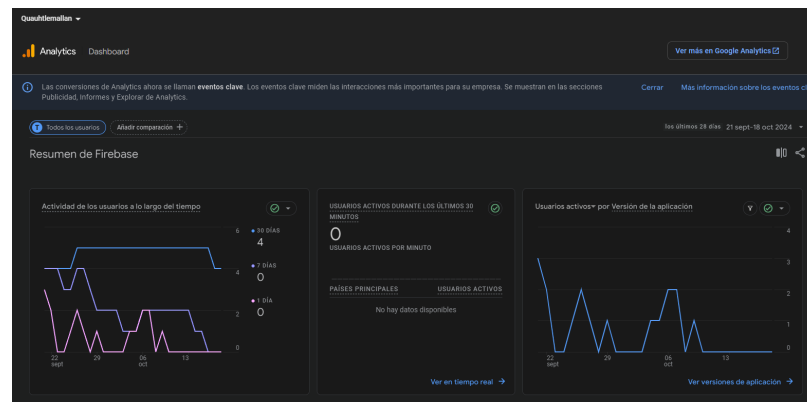


Figura 35: *Dashboard* de *Analytics*

- Módulo "*Crashlytics*": Este módulo presenta toda la información relacionada a los fallos en la aplicación. Fue necesaria su implementación para detectar con mayor detalle los errores que provocaban cierres repetidos u otros problemas que arruinaban la experiencia del usuario.

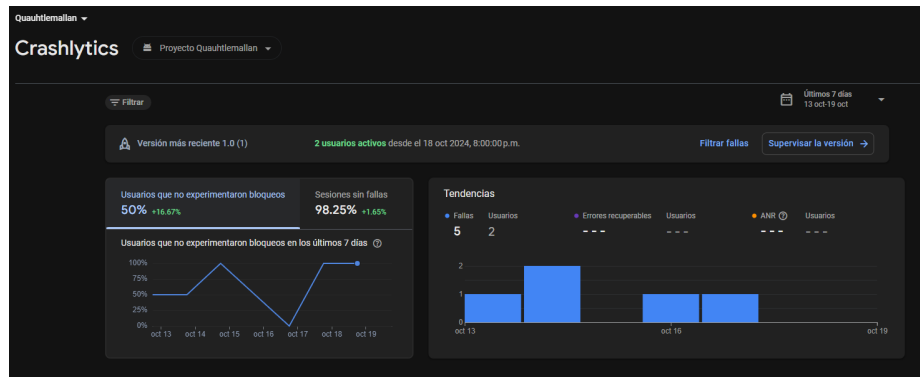


Figura 36: Dashboard de Crashlytics

- Módulo "*Realtime Database*": Para manejar los datos de la aplicación (preguntas, respuestas, información de insignias y usuarios) se utilizó este tipo de base de datos. Debido a que no se manejarían grandes volúmenes de datos pero si se actualizarían constantemente se optó por escoger este módulo.

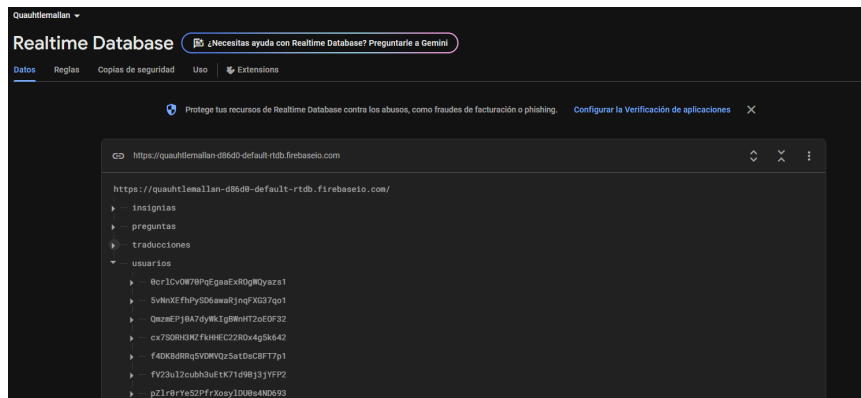


Figura 37: Datos almacenados en *Realtime Database*

- Módulo "*Storage*": Dado que se utilizaron imágenes fue necesario implementar este módulo como medio de almacenamiento para facilitar las conexiones con la base de datos y la aplicación.

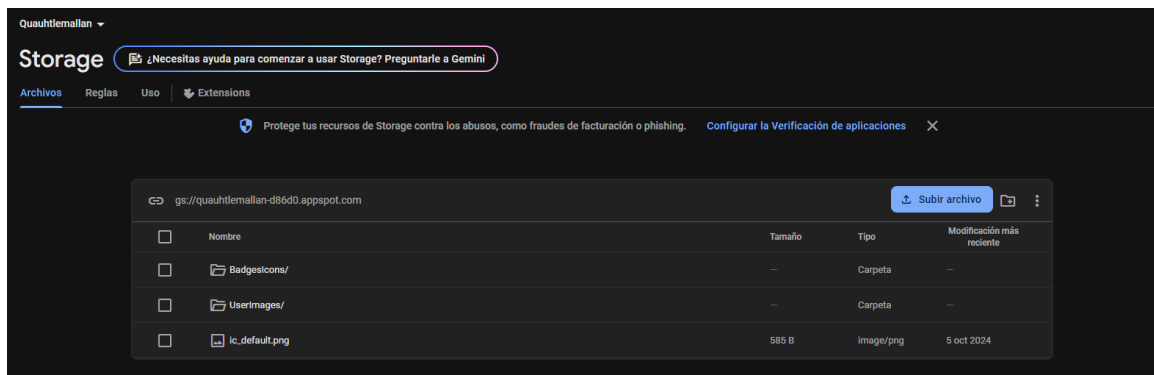


Figura 38: Almacenamiento dedicado a imágenes utilizadas en la aplicación

■ Hugging Face

Aparte de la creación de una cuenta en Hugging Face para poder subir y descargar modelos y datasets, fue necesario la creación de un endpoint para consultar el modelo refinado debido a la cantidad de recursos utilizados (GPU en su mayoría) y resultó relativamente bajo su costo, económicamente hablando en comparación a otras plataformas como Google Colab que también ofrece soluciones con GPUs costando aproximadamente 0.80\$ por hora utilizada. Su configuración fue bastante sencilla puesto que al seleccionar el modelo con el que se quería trabajar, automáticamente Hugging Face presenta la configuración recomendada, un aproximado de costos finales y lo único que se debe hacer es evaluar (que para este caso no era necesario) si la cantidad de recursos sugerida será suficiente para la cantidad de peticiones que se le realizaran al modelo.

The screenshot displays the Hugging Face Inference Endpoints dashboard for the 'kukul-bot-v2' endpoint. At the top, the endpoint is shown as 'Paused' with a 'Resume' button. A navigation bar includes 'Overview', 'Analytics', 'Usage & Cost', 'Logs', and 'Settings'. A yellow notification box states: 'Endpoint has been paused. You can use the button above to restart it.' Below this, several panels provide details:

- Endpoint URL:** Shows 'Endpoint URL is not yet available' and a 'Need help?' link.
- Configuration:** Shows 'Protected' status, 'text-generation' task, and 'TGI Container' type. It also lists creation and last edit dates by user 'ChrisG19'.
- Container URI:** Shows 'ghcr.io/huggingface/text-generation-inference:2.3.1' and 'Port: 80'.
- Model:** Shows 'ChrisG19/Llama-2-7b-kukul-bot-v2' and a 'Revision' of '7d5eac'.
- Instance:** Shows a cost of '\$ 0.8/h', 'AWS us-east-1' region, 'GPU - Nvidia L4 - 1x GPU - 24 GB', and 'Scale-to-zero' settings set to 'Never automatically scale to zero'.

Figura 39: Endpoint del modelo refinado

■ Google Cloud

Como se mencionó anteriormente, se utilizó un servicio de Cloud Run alojado en Google Cloud el cual se mantiene escuchando peticiones. Si no recibe ninguna petición en un intervalo de tiempo el servicio deja de consumir recursos. El servicio se divide en dos partes: la creación de un contenedor de Python con Docker y la ejecución del script de Python dentro del contenedor. Este script de Python ejecuta una aplicación de Flask en la que se exponen 2 endpoints: uno que permite saber si el servicio se levantó o no y el otro funciona como puente entre la aplicación y el endpoint de Hugging Face.

```

chatbot > main.py
1 import os
2 import json
3 from flask import Flask, request, jsonify
4 import requests
5
6 # Variables para la API de Hugging Face
7 API_URLS = {
8     "default": "https://o3vpmc8fnn018pev.us-east-1.aws.endpoints.huggingface.cloud",
9     "model_2": "https://wclv70ueyrhpgoy1.us-east-1.aws.endpoints.huggingface.cloud",
10 }
11 HEADERS = {
12     "Accept": "application/json",
13     "Authorization": "Bearer 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",
14     "Content-Type": "application/json"
15 }
16
17 app = Flask(__name__)
18
19 def getLLamareponse(input_text, no_words, api_url):
20     payload = {
21         "inputs": f"{input_text}",
22         "parameters": {
23             "max_new_tokens": int(no_words) if no_words else 150,
24             "temperature": 0.01,
25         }
26     }
27
28     response = requests.post(api_url, headers=HEADERS, json=payload)
29     if response.status_code == 200:
30         json_response = response.json()
31         if isinstance(json_response, list) and 'generated_text' in json_response[0]:
32             return json_response[0]['generated_text']
33         else:
34             return "Error: No se pudo encontrar el campo 'generated_text' en la respuesta."
35     else:
36         return f"Error: {response.status_code}, {response.text}"
37
38
39 @app.route('/', methods=['GET'])
40 def status():
41     return jsonify({'response': "UP"})
42
43
44 @app.route('/llm/generate_text', methods=['POST'])
45 def generate_blogs_default():
46     data = request.get_json()
47     input_text = data.get('input_text')
48     no_words = data.get('no_words')
49
50     response = getLLamareponse(input_text, no_words, API_URLS['default'])
51     return jsonify({'response': response})
52
53 @app.route('/llm/generate_text/alternative', methods=['POST'])
54 def generate_blogs_alternative():
55     data = request.get_json()
56     input_text = data.get('input_text')
57     no_words = data.get('no_words')
58
59     response = getLLamareponse(input_text, no_words, API_URLS['model_2'])
60     return jsonify({'response': response})
61
62
63 if __name__ == '__main__':
64     port = int(os.environ.get("PORT", 8080))
65     app.run(host='0.0.0.0', port=port)
66

```

Figura 40: Programa de Flask para conectar modelo con la aplicación

La aplicación cuenta con los headers necesarios para autenticarse con Hugging Face y utilizar el endpoint que provee el modelo. Una vez autenticado se espera una petición de tipo POST la cual cuenta con 2 parámetros, el texto a evaluar y la cantidad de tokens o palabras que se deben generar. Una vez el modelo responde al texto recibido se retorna la respuesta.

Frontend

Se utilizó el patrón MVVM (*Model-View-View Model*) como arquitectura del proyecto para mantener un mayor orden y limpieza en el código. Cada pantalla dentro de la aplicación tenía su propio archivo de UI, un *View Model* para manejar todas las transacciones y procesos y archivos adicionales para el modelado de la *data* utilizada.

Basándose en el prototipo inicial de Figma se construyeron las páginas de la aplicación. Cada una de estas fue trabajado con Jetpack Compose y se trató de seguir el flujo del prototipo, iniciando con la pantalla de registro y *login*, posteriormente se creó la pantalla de home y conforme la barra de navegación se crearon las demás pantallas.

Para los iconos, en base a recomendaciones obtenidas durante la evaluación del prototipo inicial, se utilizó un mismo tipo que fue: Windows 11 Color [28], estos presentaban colores vivos, no tenían margen que distorsionara la imagen y seguían un estilo llamativo, además de comprender que significaban sin problemas.

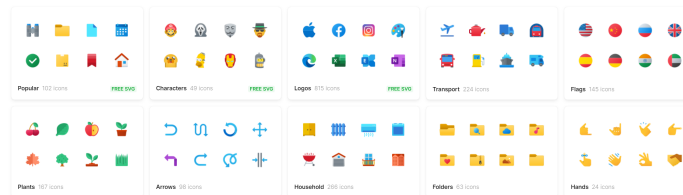


Figura 41: Ejemplos de Iconos utilizados

Relacionado a los iconos, se utilizaron colores que pudieran representar de alguna manera a Guatemala. Se buscó que fueran colores provenientes de la fauna y flora, así como de cuerpos de agua.

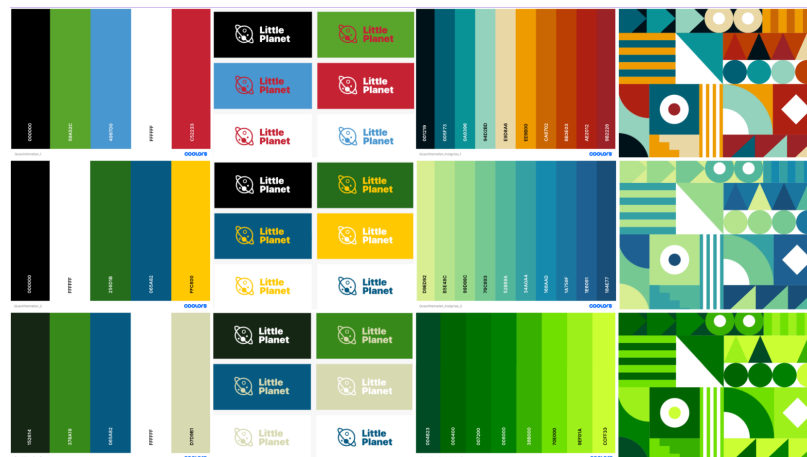


Figura 42: Colores y contrastes

En cuanto a la tipografía, en base a los comentarios de usuarios que evaluaron el prototipo inicial, se determinó que las tipografías (con sus variaciones) a utilizar en la aplicación entera serían las siguientes:

RUBIK FONT
Quauhtlemallan Quauhtlemallan
CINZEL FONT
 QUAUHTLEMALLAN QUAUHTLEMALLAN

Figura 43: Tipografías recomendadas por usuarios

Diagramas y elementos adicionales

Siguiendo la temática de cultura guatemalteca se agregaron modismos del país en diferentes secciones como insignias, preguntas o títulos. También se incluyeron algunos nombres en lenguas como 'Quauhtlemallan' que en náhuatl significa: **Lugar de muchos árboles** o 'Kukul' que según el libro "Birds of the Mayas" de Anne Labastille Bowes [7] hace referencia al quetzal, nombre dado en la antigüedad a través de diferentes relatos, mitos e historias sobre sus orígenes.

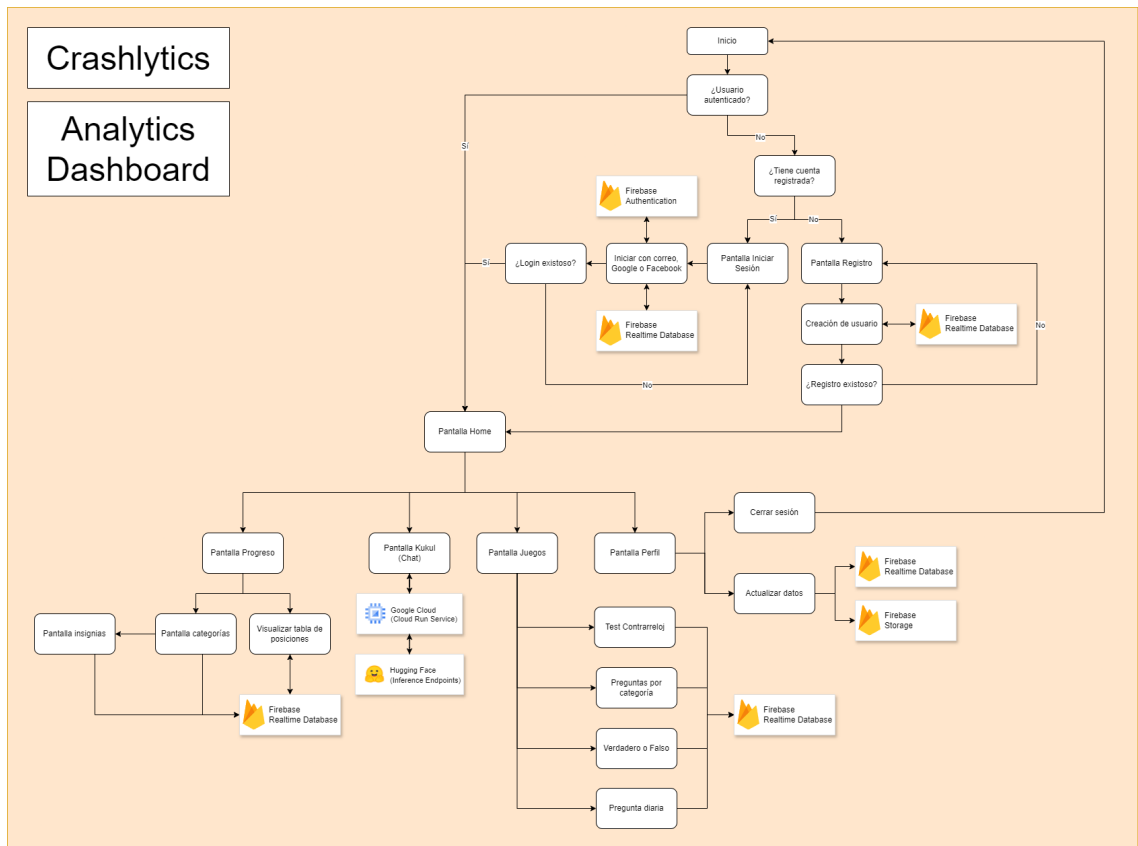


Figura 44: Flujo de la aplicación completa

En el diagrama se muestra el flujo completo de la aplicación. Este abarca el proceso de registro/login, el inicio de sesión, el acceso a las diferentes pantallas (progreso, insignias, chatbot, juegos

y perfil) y como estas actúan con los proveedores de *Firebase* y *Google Cloud* dependiendo del caso. Esto permite comprender mejor el funcionamiento de la aplicación y las acciones disponibles. Todo está englobado por *Firebase Crashlytics* y *Firebase Analytics Dashboard* debido a que estos módulos evalúan la aplicación en todo momento.

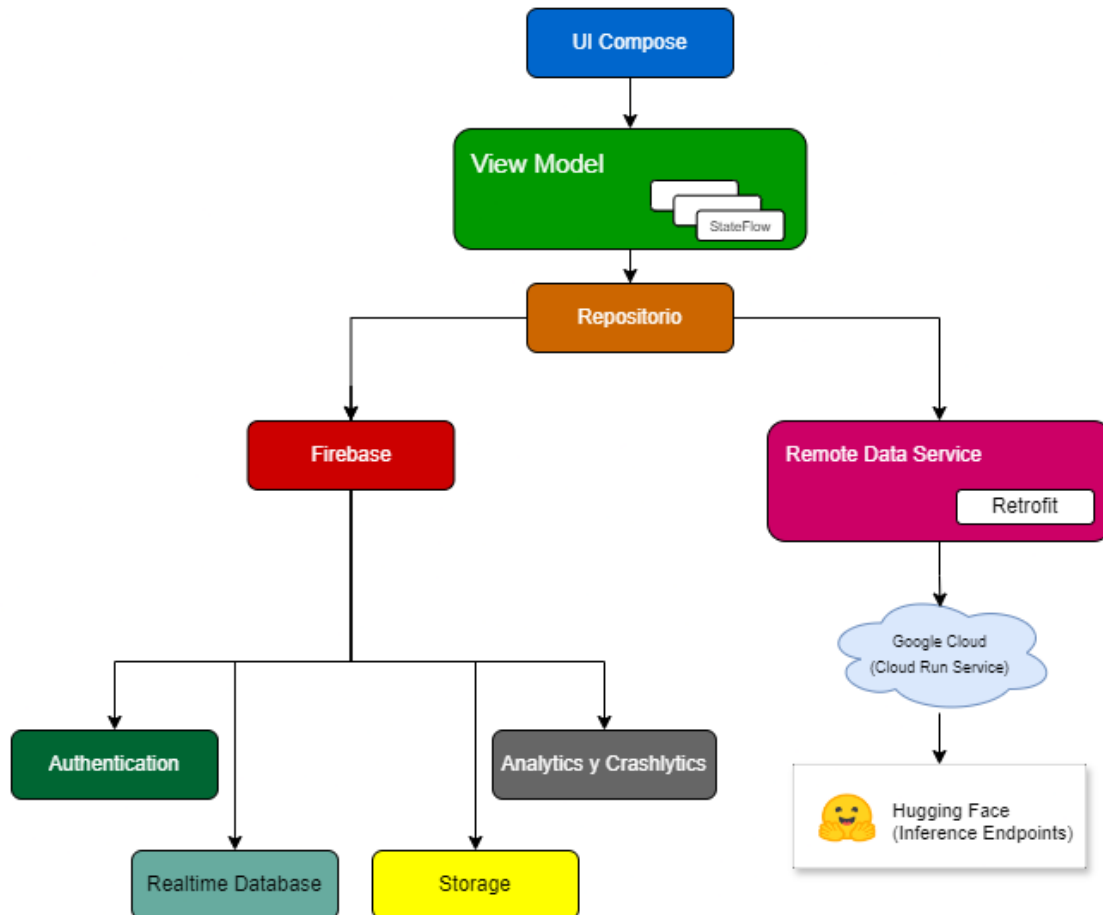


Figura 45: Flujo de arquitectura MVVM

Para representar el flujo que sigue la aplicación al utilizar la arquitectura MVVM se realizó el diagrama anterior. Iniciando en el UI Compose que interactúa con los ViewModel (utilizando state-Flow para manejar la lógica y los estados). El ViewModel conecta al repositorio para la obtención de datos y este conecta con los proveedores de *Firebase* y *Google Cloud*.

Evaluación de la implementación final Para poder evaluar la última iteración de la aplicación se trabajó una encuesta que tomaba en cuenta los detalles visuales, detalles funcionales, eficiencia y utilidad del modelo de IA y sugerencias o puntos de mejora para iteraciones futuras. Las preguntas utilizadas para dicha encuesta fueron:

- Edad
- Detalles visuales:
 - Pregunta 1: En general, ¿los colores utilizados guardan relación con la finalidad de la aplicación y representan a Guatemala?

- Pregunta 2: **En general, ¿las tipografías utilizadas son entendibles y apropiadas para la aplicación?**
- Pregunta 3: **El logo anteriormente era solo el quetzal. Se agregaron detalles en el mismo, un calendario Maya y un libro para representar el aprendizaje. ¿Consideras que el logo tuvo una mejora y es más atractivo?**
- Pregunta 4: **En la pantalla inicial, aparte de la barra de navegación, se muestra un gif del mapa de Guatemala, el nivel del usuario y el porcentaje descubierto. ¿Consideras llamativa esta pantalla de inicio?**
- Pregunta 5: **Se buscó utilizar un mismo tipo de íconos en toda la aplicación. ¿Consideras que estos son entendibles y poseen colores que los hacen resaltar?**
- Pregunta 6: **¿Consideras que las insignias tienen la información necesaria para entender de qué tratan y cuál es el avance que llevas?**
- Pregunta 7: **¿Consideras que esta pantalla tiene detalles llamativos y se comprende su uso?**
- Pregunta 8: **¿Consideras que las traducciones se presentan ordenadas y es fácil navegar en esta pantalla?**
- Pregunta 9: **¿Te parece llamativa y ordenada la pantalla de Juegos?**
- Pregunta 10: **¿Consideras que se refleja orden en las pantallas y es fácil comprender y utilizar las mismas durante los juegos?**
- Pregunta 11: **En base a tu experiencia, ¿qué tan llamativa se te hizo la aplicación?**
- Pregunta 12: **En base a tu experiencia, ¿qué tan ordenada consideras que es la interfaz?**
- Pregunta 13: **En base a tu experiencia, ¿consideras que la interfaz gráfica te motiva a seguir aprendiendo?**

En este apartado de preguntas se buscaba comprender qué tan llamativa era la aplicación visualmente y si los cambios aplicados, a partir de sugerencias de anteriores encuestas, cumplían la expectativa del usuario.

■ **Detalles funcionales:**

- Pregunta 14: **En base a tu experiencia, ¿cómo calificarías las siguientes características funcionales?** (Se tomaron características como orden, facilidad de uso, velocidad, utilidad y qué tan amigable se sentía la aplicación)
- Pregunta 15: **¿Consideras que la aplicación utiliza diversas formas de incentivar al usuario a aprender más?**
- Pregunta 16: **¿Consideras que la tabla de clasificación, los niveles de usuario y el porcentaje descubierto incentivan a continuar aprendiendo?**
- Pregunta 17: **En base a las categorías e insignias utilizadas, ¿consideras que logran englobar la mayor parte de temas referentes a cultura y geografía de Guatemala?**
- Pregunta 18: **¿En algún momento te llegaste a sentir perdido porque no entendías la interfaz, el juego o cómo debía utilizarse la aplicación?**
- Pregunta 19: **¿Consideras que los 4 juegos permiten aprender y al mismo tiempo son lo suficientemente cortos para no perder la atención?**
- Pregunta 20: **¿Consideras que el tiempo y las preguntas definidas brindan suficiente desafío y conocimiento que incentiven a seguir jugando?**
- Pregunta 21: **¿Consideras que el apartado de traducciones a lenguas mayas aporta valor a la aplicación?**

- **Pregunta 22: En general, ¿qué tantos fallos presentó la aplicación durante su uso?**

En este segundo apartado se buscaba evaluar la utilidad de la aplicación y qué tan funcional era respecto a temas de enseñanza y mantener al usuario enfocado en aprender.

■ **Modelo de generación de texto:**

- **Pregunta 23: ¿Con qué frecuencia Kukul lograba resolver tu duda?**
- **Pregunta 24: ¿Con qué frecuencia, si escribías con alguna falta ortográfica o sin signos de puntuación Kukul lograba resolver tu duda?**
- **Pregunta 25: ¿Con qué frecuencia Kukul generaba más palabras de las necesarias para responder tus preguntas?**
- **Pregunta 26: ¿Con qué frecuencia Kukul respondía de manera vaga o sin mucha explicación?**
- **Pregunta 27: ¿Con qué frecuencia Kukul respondía con palabras y oraciones a medias?**
- **Pregunta 28: ¿Consideras que Kukul aporta valor a la aplicación y ayuda al aprendizaje?**
- **Pregunta 29: Comparando la primera y segunda versión del modelo, ¿consideras que tuvo una mejora en cuánto a sus respuestas?**

Este apartado tenía la finalidad de evaluar el modelo de generación de texto, nombrado *Kukul* en la aplicación, tanto en su eficiencia y respuestas correctas como en su utilidad en aplicaciones de educación.

■ **Puntos extras (apartado parcialmente opcional):**

- **Pregunta 30: Si pudieras describir la aplicación con una palabra, ¿Cuál sería? (Opcional)**
- **Pregunta 31: Si encontraste algún fallo puedes dejarlo aquí (Opcional)**
- **Pregunta 32: En cuanto a estética, ¿Hay alguna mejora que recomendarías? (Opcional)**
- **Pregunta 33: Sugerencias o comentarios en general (Opcional)**
- **Pregunta 34: ¿Qué tan útil consideras que será la aplicación para usuarios de cualquier edad?**

Finalmente se dejó un espacio de preguntas abiertas para tener un panorama más amplio de las opiniones de los usuarios respecto al producto final.

Análisis de primera encuesta

Durante la primera fase del proyecto se buscó obtener información valiosa para concretar las bases del mismo y definir puntos importantes para el usuario final. Para esto se trabajó con la encuesta descrita en el apartado 5 y se obtuvieron los siguientes resultados:

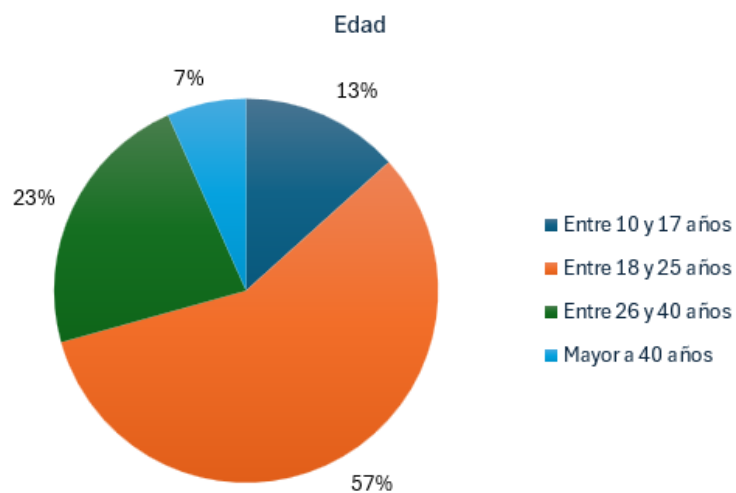


Figura 46: Visualización de edades de las personas encuestadas

Para comenzar se buscó divulgar la encuesta a diferentes grupos debido a la naturaleza de la aplicación. El grupo con mayor presencia fue el que se encontraba entre los 18 y 25 años, continuando con el grupo entre 26 y 40 años, luego el grupo de 10 a 17 años y finalmente el grupo mayor a 40 años.

Dado que se buscaba comprender más a fondo la opinión de las personas respecto a diferentes temas, se utilizaron preguntas con respuestas en una escala del 1 al 10. La escala se dividió en los siguientes grupos:

- Del 1 al 3, "desacuerdo o muy desacuerdo"(tonalidades de azul).
- Del 4 al 6, "neutral o indeciso"(tonalidades de verde).
- Del 7 al 8, "de acuerdo"(tonalidades naranjas).
- Del 9 al 10, "muy de acuerdo"(tonalidades moradas).

Siguiendo el modelo de escalas *likert* con una mayor amplitud [31] [44].

Del 1 al 10, ¿Qué tan a menudo utilizas aplicaciones educativas y/o gamificadas para aprender en algún tema?

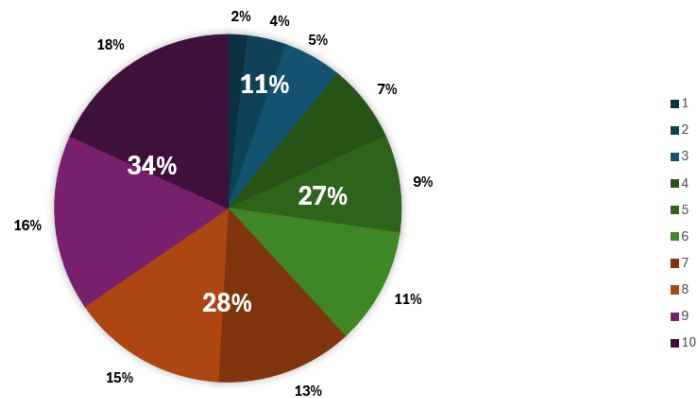


Figura 47: Respuestas a pregunta No.2 sobre uso de aplicaciones educativas y/o gamificadas

Comenzando con la percepción de las aplicaciones educativas y/o gamificadas se encontró que una mayoría de encuestados (34 % y 28 %) utiliza aplicaciones de este tipo con bastante frecuencia pero también existe una minoría que no las usa tanto.

¿Consideras que el uso de aplicaciones móviles educativas, que integran juegos y actividades interactivas, (como Duolingo, Kahoot!, etc.) facilitan el aprendizaje?

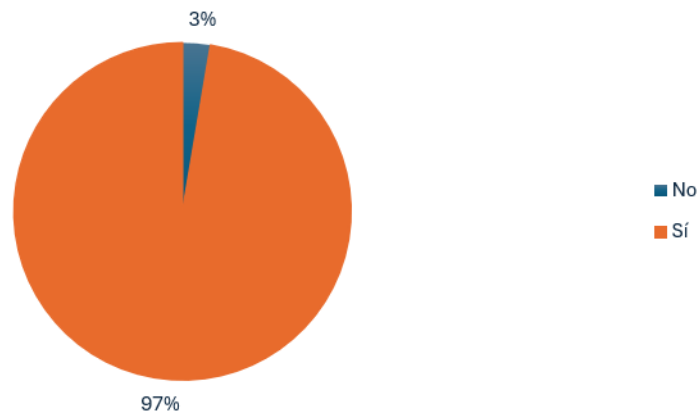


Figura 48: Respuestas a pregunta No.3 sobre la integración de juegos en aplicaciones educativas

y siguiendo la pregunta anterior se puede observar que el 97% de las personas encuestadas

considera que una aplicación educativa con juegos o actividades interactivas incrementa o facilita el proceso de aprendizaje.

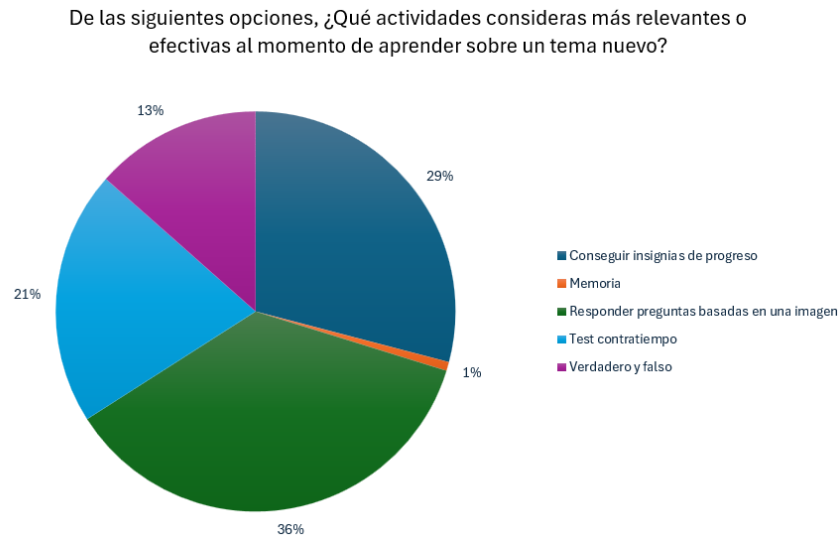


Figura 49: Respuestas a pregunta No.4 sobre los juegos más relevantes en aplicaciones educativas

Ahora bien, de las actividades más comunes, en base a las aplicaciones educativas más utilizadas [1], existen 3 que destacan sobre las demás, y es por ello que se incluyeron en el diseño final, los *test* contratiempo y las preguntas en base a una imagen, y las insignias de progreso (a modo de recompensa).

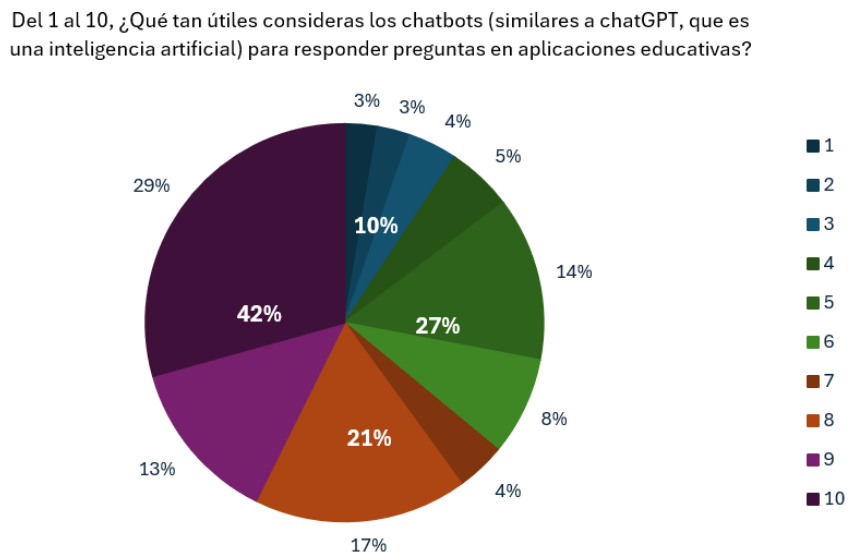


Figura 50: Respuestas a pregunta No.5 sobre la integración de *chatbots* en aplicaciones educativas

Como una parte de la aplicación se enfocaba en el uso de *chatbots* para el proceso de aprendizaje, se encontró que la percepción general es muy positiva sobre la utilidad de los *chatbots* en aplicaciones educativas. Los resultados indican que los usuarios ven a los *chatbots* como una herramienta valiosa para responder preguntas y facilitar el aprendizaje, aunque siempre existe una pequeña proporción

que no les ven mucho valor.

Según datos de StatCounter GlobalStats (Junio 2024), el sistema operativo más utilizado a nivel mundial en dispositivos móviles es Android. Acorde a tu entorno, del 1 al 10, ¿consideras qué en Guatemala los dispositivos Android son más utilizados?

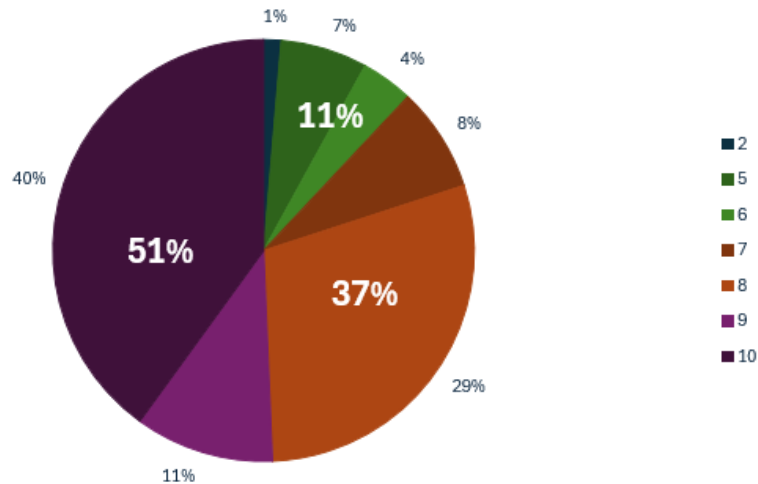


Figura 51: Respuestas a pregunta No.6 sobre el sistema operativo de dispositivos móviles más utilizado en Guatemala

Durante el desarrollo de la aplicación y la encuesta se investigó sobre el sistema operativo más utilizados en dispositivos móviles, relacionado siempre a Guatemala, ya que el acceso a tecnología es un factor importante en la implementación de aplicaciones educativas. En base a los datos de StatCounter GlobalStats [53], se ha demostrado que Android es el sistema operativo más utilizado a nivel mundial en dispositivos móviles. Este dato también se puede ver reflejado en los resultados de la encuesta, donde el 51 % de los encuestados estuvo muy de acuerdo (calificación de 10) en que Android es el sistema operativo más común en Guatemala.

Además de esto, el 37% de los encuestados calificó con un puntaje de 9 a 10, lo que también contribuye a la idea de que Android es el sistema operativo más utilizado. Del total, un 11 % respondió de forma neutra o ligeramente positiva, lo que indica que hay una opinión ligeramente inclinada a la idea de que Android es un sistema operativo predominante. Con estos resultados decidí que la plataforma principal de la aplicación sería Android, dado que la mayoría de las personas encuestadas está de acuerdo en que es el sistema operativo más utilizado en Guatemala y dado que uno de los enfoques principales era la parte educativa se buscó que la aplicación pudiera tener un mayor alcance y acoplarse mejor a las condiciones de la población guatemalteca actual.

Del 1 al 10, ¿Qué tanto conoces de Guatemala? (Tomando en cuenta estos temas: Símbolos Patrios, Departamentos, Platillos, Lugares turísticos, Chapinismos, Moneda, Política, Idiomas, Historia)

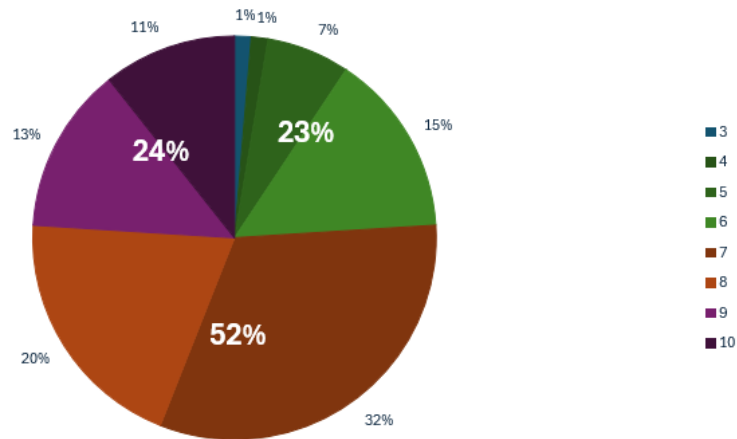


Figura 52: Respuestas a pregunta No.7 sobre el nivel de conocimientos que se tiene respecto a Guatemala

En esta pregunta, se pidió a los encuestados que evaluaran su nivel de conocimiento general sobre temas culturales de Guatemala, incluyendo símbolos patrios, departamentos, platillos típicos, lugares turísticos, chapinismos, moneda, política, idiomas e historia. Los resultados muestran que un 52 % de los encuestados se ubicó en un rango medio-alto, siendo esta una calificación de 7 a 8. Esto sugiere que, aunque los encuestados consideran tener un conocimiento moderado sobre Guatemala, aún consideran la posibilidad de seguir mejorando.

El 24 % de los encuestados considera que su conocimiento está en un nivel alto (9 o 10), un 23 % lo se ubicó en la parte neutra o media (4 a 6), lo que indica una distribución relativamente equilibrada entre los que tienen un conocimiento básico, intermedio y avanzado. Finalmente se encontró que un 1 % de los encuestados se calificó con un nivel muy bajo (1 a 3), lo que significa que, a pesar de existir un conocimiento básico, hay una oportunidad de contribuir a reforzar y expandir los conocimientos relacionados a Guatemala.

Del 1 al 10, ¿Puedes nombrar todos los departamentos de Guatemala?

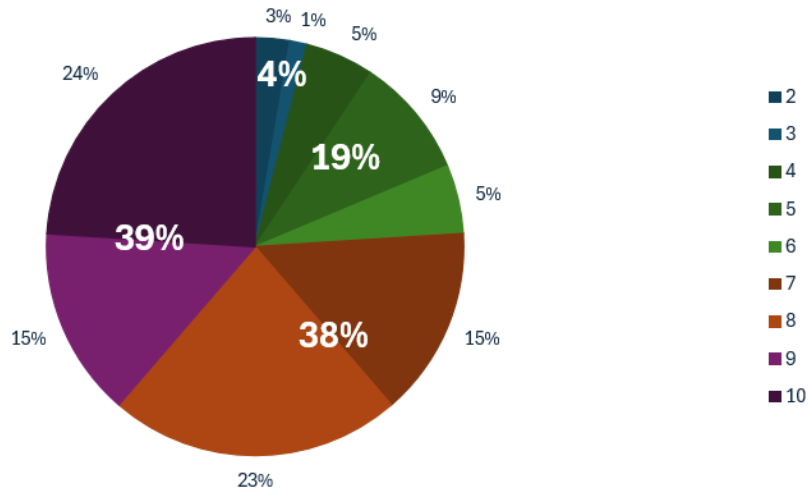


Figura 53: Respuestas a pregunta No.8 sobre la capacidad de nombrar todos los departamentos de Guatemala

Para complementar la pregunta anterior, se evaluó la capacidad de nombrar todos los departamentos de Guatemala. Los resultados mostraron que 39 % de los encuestados se colocó en los niveles más altos (9 a 10), indicando que una gran parte de los encuestados sí es capaz de nombrar todos los departamentos del país. Un 38 % se ubicó en el rango intermedio (7 a 8), lo que significa que existe conocimiento básico al respecto. Y finalmente un 21 % de los encuestados se ubicó los niveles más bajos de conocimiento (1 a 6), lo que sugiere que pocas personas tienen una comprensión sólida de la geografía del país.

De los siguientes temas (siempre relacionados a Guatemala), ¿En cuáles **no** tienes muchos conocimientos al respecto?

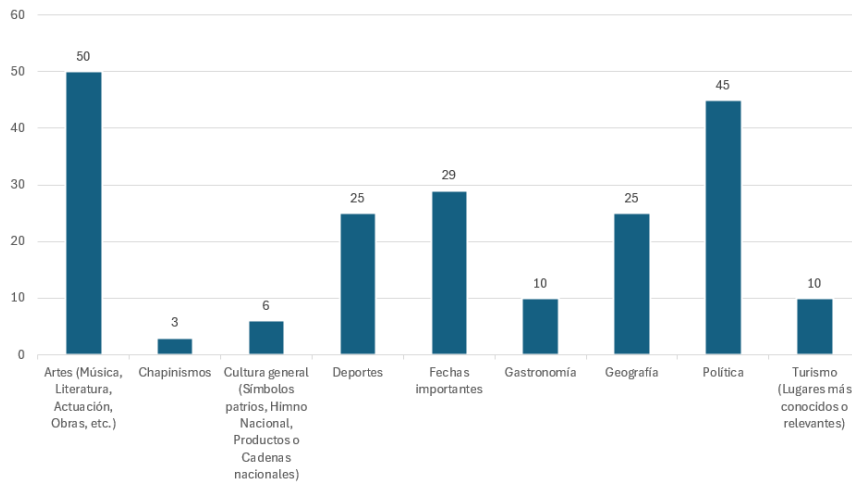


Figura 54: Respuestas a pregunta No.9 sobre temas que se desconocen respecto a Guatemala

Los resultados de la encuesta muestran que los encuestados no conocen mucho sobre temas relacionados con las artes (50 respuestas) y la política (45 respuestas). Estos son los dos temas donde más personas indicaron tener poco o nulo conocimiento, lo que sugiere que son áreas para reforzar. Por otro lado, 29 de los encuestados consideran que no tienen conocimientos suficientes sobre fechas

importantes de la historia del país, y 25 personas consideran que tampoco tienen conocimientos sobre temas de geografía y deportes.

Y por el contrario, temas como gastronomía y turismo son más conocidos, del total solo 10 personas consideran que desconocen estas áreas, y los chapinismos casi no se consideraban un tema desconocido.

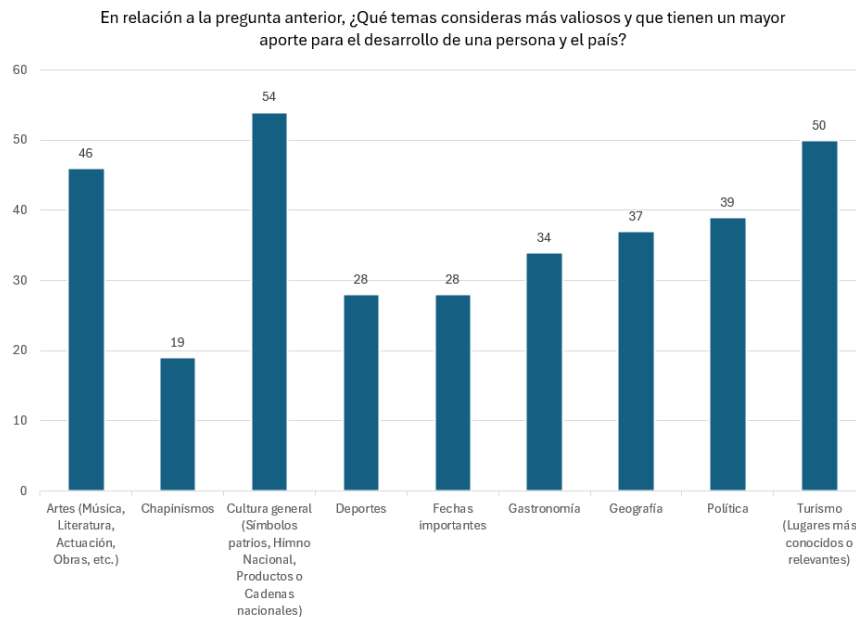


Figura 55: Respuestas a pregunta No.10 sobre temas fundamentales que deberían conocerse sobre Guatemala

Finalmente, esta gráfica muestra los temas que más valoran los encuestados para el desarrollo personal y nacional. Los resultados muestran que 54 personas seleccionaron cultura general (símbolos patrios, himno nacional, productos nacionales) como el tema más importante, seguido de 50 personas que consideran el turismo (lugares más conocidos o especiales) relevante, y 46 personas que valoran las artes (música, literatura, actuación, etc.). Luego de estos también se incluyen la política (39 personas), la geografía (37 personas) y las fechas importantes de la historia guatemalteca (34 personas). Aunque gastronomía y deportes no tuvieron tantos votos (28 personas cada uno), siguen siendo relevantes para algunos, mientras que los chapinismos fueron seleccionados solo por 19 personas.

Los resultados muestran que los encuestados priorizan los aspectos culturales como los más importantes para el desarrollo personal y del país, con cultura general, turismo y artes destacándose entre los temas más valorados.

Análisis de segunda encuesta: prototipo inicial

Una vez se concretó la primera encuesta, se aplicaron cambios en el prototipo de Figma ajustando detalles como las categorías que se utilizarían, los juegos a implementar, que tan bien recibida era la implementación del chatbot y se obtuvo una mejor noción de la calidad de conocimientos respecto a cultura y geografía en diferentes grupos de edades. El prototipo final tomando en cuenta los comentarios de las personas encuestas y los bocetos en su segunda versión se describió anteriormente en la sección 5 del apartado de Metodología. Con este prototipo listo se procedió a pasar una segunda encuesta en la cuál se pudiera conocer mejor la perspectiva que se tenía sobre el proyecto que se iba a desarrollar. Los resultados fueron los siguientes:

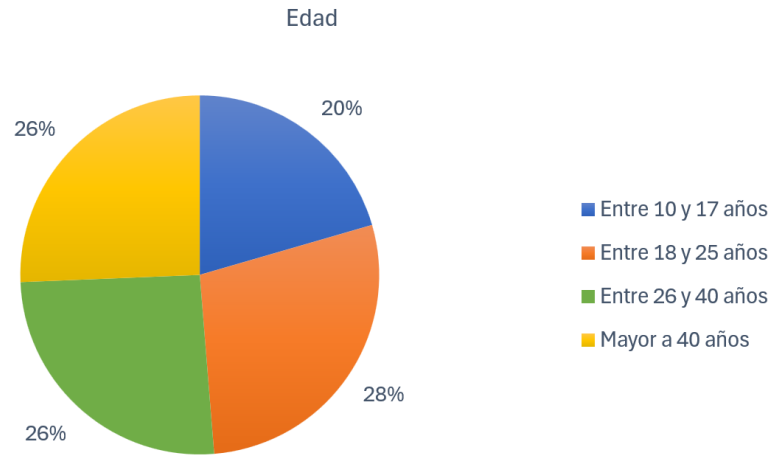


Figura 56: Visualización de edades de las personas encuestadas

En base a la percepción y utilización de aplicaciones educativas y/o gamificadas para el aprendizaje de un tema (pregunta No.2 de la primer encuesta - figura 47) se determinó que un 62% de las personas encuestadas apoyaban de forma apropiada la evaluación del prototipo.

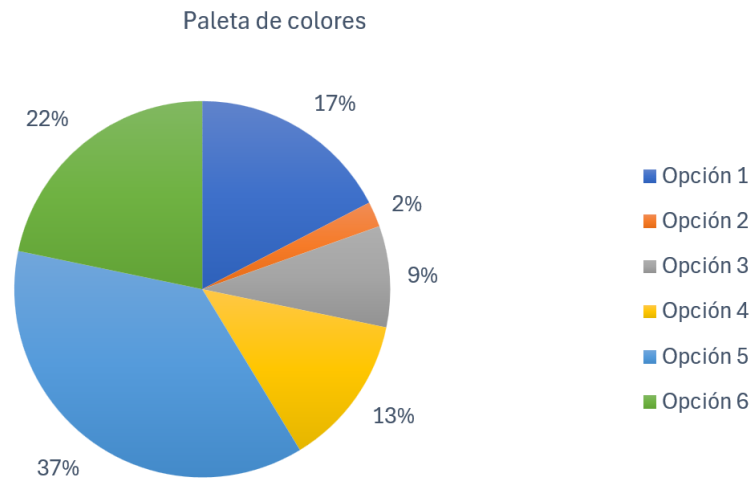


Figura 57: Selección de paleta de colores

Pasando a la selección de colores apropiados para la aplicación se presentaron al usuario 6 opciones, que se pueden observar en la figura 42 donde la columna izquierda, de arriba hacia abajo, correspondían de la opción 1 a la 3 respectivamente y la columna derecha, también de arriba hacia abajo, correspondían de la opción 4 a la 6 respectivamente. De estas opciones, se consideraron más apropiadas las opciones 1, 5 y 6 dada la naturaleza de la aplicación y también se presentó un grupo de personas que consideraron las demás paletas como apropiadas.

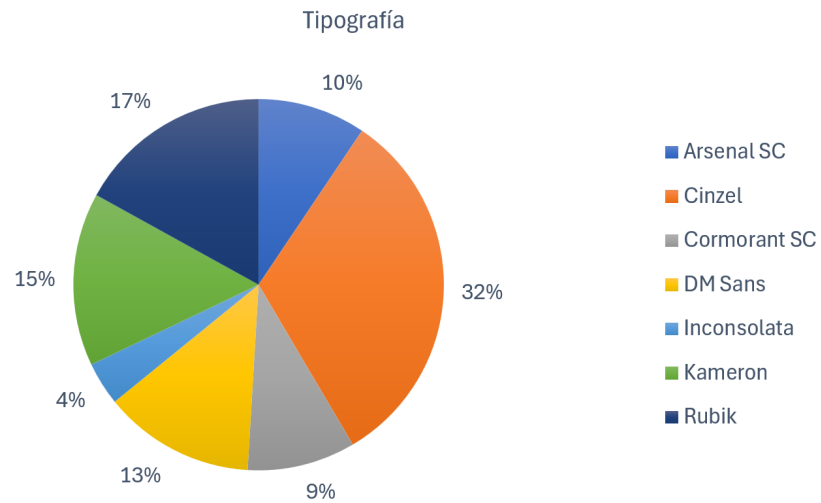


Figura 58: Selección de tipografías

En cuanto a las tipografías, las 2 que tuvieron mayor apoyo fueron Cinzel y Rubik. Ambas tipografías cuentan con diferentes variaciones y, según las personas encuestadas, estas se consideraban atractivas, entendibles y apropiadas para la aplicación.

¿Consideras que este logo es adecuado para la aplicación?

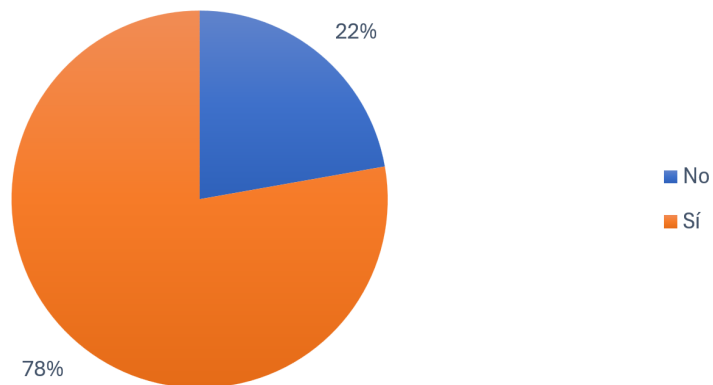


Figura 59: Percepción sobre el logo de la aplicación

Respecto al logo de la aplicación se encontró que un 78% de los encuestados lo consideraban adecuado y el 22% restante no tanto. A pesar de existir un porcentaje alto de aprobación se tendría en cuenta el desacuerdo para realizar modificaciones al logo y buscar un mayor grado de aceptación.

¿Consideras que estos íconos son llamativos y representativos de sus pantallas?

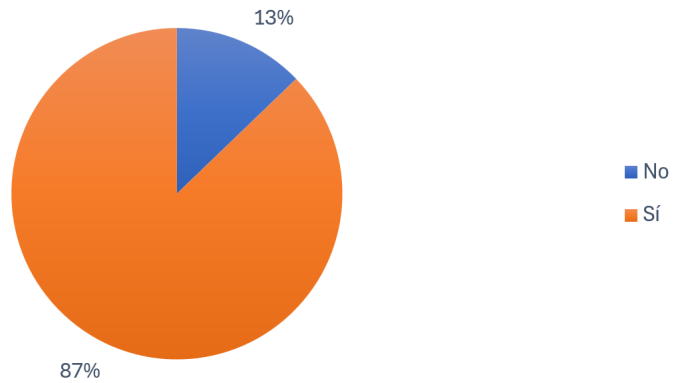


Figura 60: Percepción sobre los íconos de la aplicación

¿La agrupación de insignias e íconos utilizados la consideras amigable, entendible y apropiada?

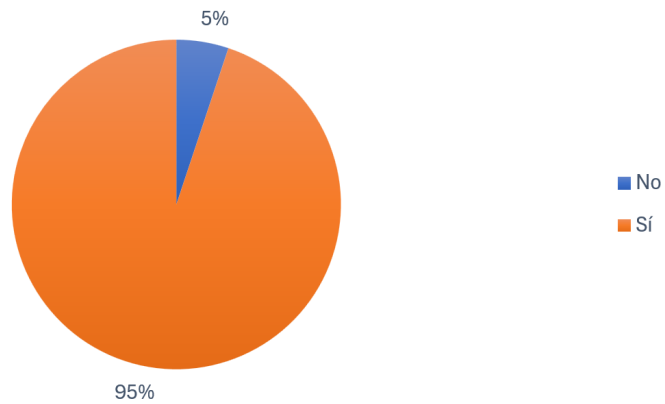


Figura 61: Percepción sobre insignias de la aplicación

Los íconos de la aplicación se consideraron llamativos y representativos por la mayor parte de la población, sin embargo existió una minoría que no pensaba lo mismo por lo que también se tendría en mente la posibilidad de mejorar este apartado. Y respecto a las insignias, estas presentaron resultados aún mayores en cuanto a aprobación, quedando solo un 5% de los encuestados insatisfechos por la agrupación presentada.

Los juegos buscan ser retadores y que no consuman mucho tiempo para evitar perder la atención. ¿Consideras que estos 4 juegos cumplen esta función, y además son llamativos?

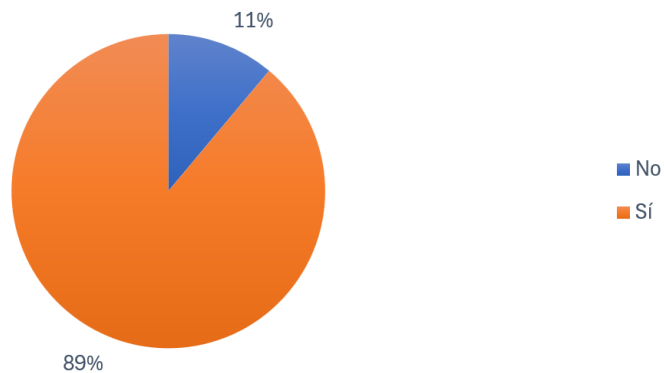


Figura 62: Percepción sobre los juegos de la aplicación

De las 4 categorías de juegos presentadas, el 89% de los encuestados las consideró llamativas, retadoras y que no consumían mucho tiempo por lo que el usuario posiblemente no pierda la atención tan rápido. Y un 11% consideraba que tal vez no cumplían del todo con estas características.

Del 1 al 10, ¿Qué tan amigable consideras la aplicación?

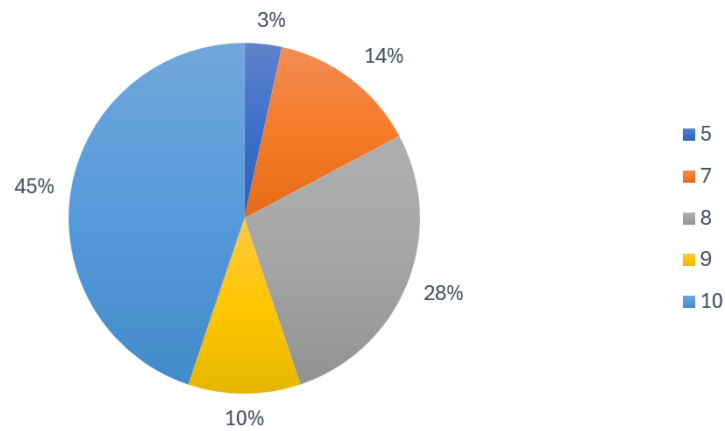


Figura 63: Percepción sobre qué tan amigable era la aplicación

En general, la mayor parte de los encuestados votaron positivamente respecto a qué tan amigable era la aplicación. Se puede observar que un 45% está muy de acuerdo con esta característica, seguido de un 10% y 28% que opinan de manera similar.

Del 1 al 10, ¿Qué tan intuitiva y fácil de utilizar consideras la aplicación?

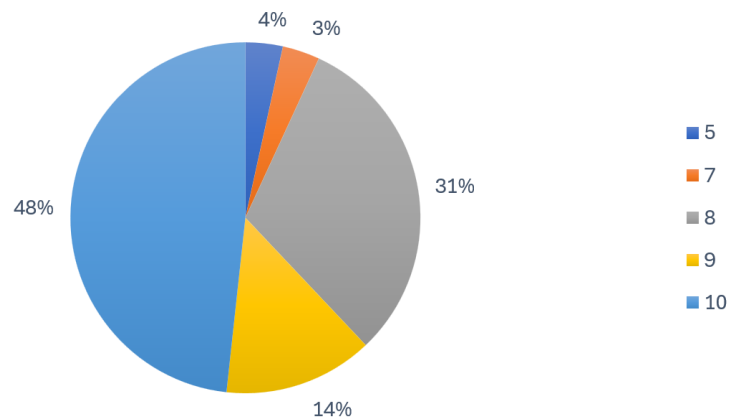


Figura 64: Percepción sobre facilidad de uso de la aplicación

En cuanto a la facilidad de uso se obtuvieron resultados similares, un 48 % considera que la aplicación es muy intuitiva y fácil de utilizar, seguido de un 14 % y 31 % de encuestados que también apoyan esta idea.

Del 1 al 10, ¿Qué tan atractiva consideras la aplicación?

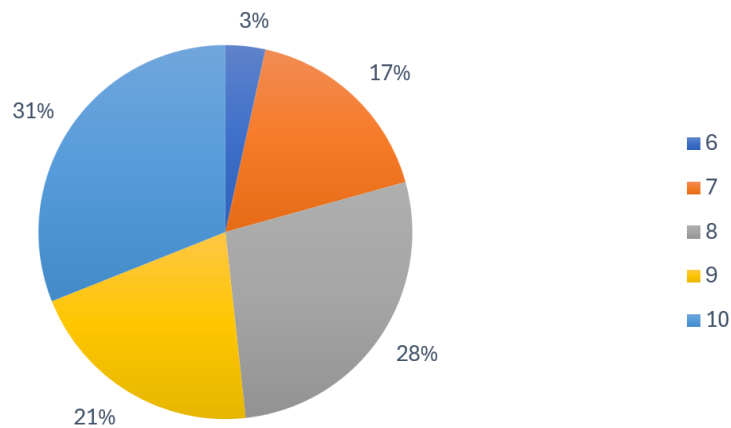


Figura 65: Percepción sobre el aspecto visual de la aplicación

El aspecto visual de la aplicación tuvo una opinión más variada, siempre se mantuvo sobre una puntuación de 5 pero la mayoría de los encuestados considera que a pesar de ser atractiva tiene puntos de mejora que se podrían tomar en cuenta.



Figura 66: Aspectos agradables de la aplicación

Dado que a partir de esta pregunta se realizaron preguntas abiertas se utilizó *Word Cloud* de Mentimeter [40] para poder tabular y encontrar aquellas palabras más relevantes en las respuestas de los encuestados. Comenzando con los aspectos agradables, resaltaron 3 puntos: los íconos, los colores y la facilidad de uso. Esto indica que los encuestados consideran como fortaleza la selección de colores, de íconos y la estructura intuitiva que facilita el uso.



Figura 67: Aspectos desagradables de la aplicación

En cuanto a los aspectos desagradables, resaltó una respuesta sobre los colores por lo que se tomó en cuenta la utilización de colores más vivos durante el desarrollo de la aplicación.

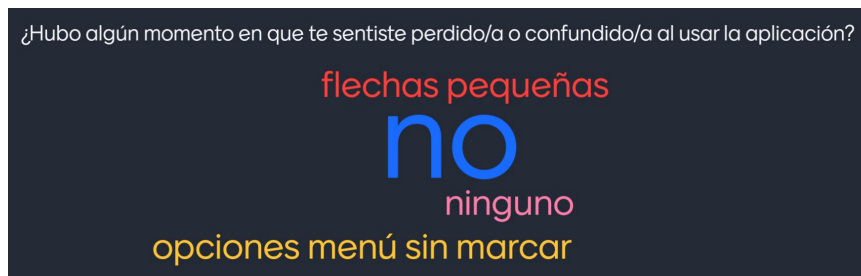


Figura 68: Aspectos confusos de la aplicación

En aspectos confusos se hizo mención de algunos detalles visuales como botones muy pequeños o la falta de un indicador en el menú que diera el indicio de la pantalla sobre la cual el usuario se encuentra ubicado. A pesar de ser detalles mínimos, esta pregunta permitió comprender más a fondo el nivel de atención prestado al aspecto visual de la aplicación.



Figura 69: Aspectos a mejorar de la aplicación

En los aspectos a mejorar resaltan 2 sugerencias (aparte de las que han sido mencionadas en preguntas anteriores) que fueron relacionadas al logo y a la implementación de fondos en algunas pantallas para evitar que se viera muy vacío el espacio o no fuera tan atractivo para el usuario.

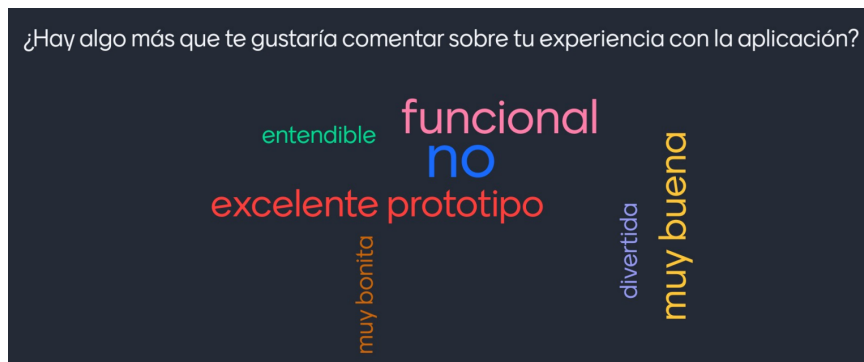


Figura 70: Comentarios extras de la aplicación

Finalmente se dejó un espacio para que el encuestado pudiera contar un poco más de su experiencia utilizando el prototipo y la mayoría de comentarios fueron positivos reconociendo el impacto que tiene y que no es una aplicación difícil de comprender o utilizar.

Implementación final

Una vez se definieron los puntos clave de la aplicación se procedió a la implementación en código. Siguiendo la arquitectura MVVM y todas las configuraciones de entorno explicadas anteriormente en la metodologías, se fueron desarrollando las diferentes pantallas en un ciclo como el siguiente:

- Creación de pantalla con Jetpack Compose
- Creación de ViewModel acorde a la pantalla
- Creación de modelos, objetos y conexiones necesarias para el manejo de datos
- Pruebas de funcionalidad para eliminar errores y ajustar elementos visuales que mejoraran la experiencia del usuario
- Pruebas en emuladores y dispositivos físicos
- Versionamiento con Git

La estructura final de Firebase quedó de la siguiente forma:

```

1  {
2    "insignias": {
3      "artes": {
4        "art1": {
5          "description": "...",
6          "id": "art1",
7          "imageUrl": "<url de firestore>",
8          "maxPoints": 40,
9          "title": "..."
10       }
11     }
12   },
13   "preguntas": {
14     "groups": [
15       {
16         "questions": [
17           {
18             "correcta": "<respuesta correcta>",
19             "insignias": [
20               "<insignias relacionadas>",
21               "..."
22             ],
23             "pregunta": "...",
24             "puntos": 10,
25             "respuestas": [
26               "A",
27               "B",
28               "C",
29               "D"
30             ],
31             "tieneImagen": false
32           }
33         ],
34         "type": "time #Contratiempo"
35       },

```

```

36   {
37     "categories": [
38       {
39         "category": "<categoria>",
40         "questions": [
41           {
42             "correcta": "...",
43             "datoExtra": "<dato a mostrar con respuesta correcta si falla>",
44             "insignias": [
45               "..."
46             ],
47             "pregunta": "...",
48             "puntos": 15,
49             "respuestas": [
50               "A",
51               "B",
52               "C",
53               "D"
54             ],
55             "tieneImagen": false
56           }
57         ],
58         "type": "ctg #Categorias"
59       },
60     ],
61     "questions": [
62       {
63         "correcta": "...",
64         "datoExtra": "...",
65         "insignias": [
66           "..."
67         ],
68         "pregunta": "...",
69         "puntos": 5,
70         "respuestas": [
71           "A",
72           "B"
73         ],
74         "tieneImagen": false
75       },
76     ],
77     "type": "tof # True or False"
78   },
79 },
80 },

```

```

81     {
82         "questions": [
83             {
84                 "correcta": "...",
85                 "datoExtra": "...",
86                 "insignias": [
87                     "...",
88                 ],
89                 "pregunta": "...",
90                 "puntos": 25,
91                 "respuestas": [
92                     "A",
93                     "B",
94                     "C",
95                     "D"
96                 ],
97                 "tieneImagen": true,
98                 "url": "<url de firestore>"
99             }
100         ],
101         "type": "daily"
102     }
103 ],
104 },
105 "traducciones": {
106     "<Lengua maya>": {
107         "<palabra>": "<palabra en lengua maya>"
108     },
109     "...": {
110         "...": "..."
111     }
112 },

```

```

113 "usuarios": {
114     "0crlCvOW70PqEgaaExROgWQyazs1": {
115         "achievements": 0,
116         "country": "<pais de origen>",
117         "email": "<correo>",
118         "id": "0crlCvOW70PqEgaaExROgWQyazs1",
119         "insignias": {
120             "art1": 0,
121             "<id de insignia>": "<puntos obtenidos>"
122         },
123         "porcentajeDescubierto": 0,
124         "profileImage": "<url de firestore>",
125         "score": 0,
126         "username": "<usuario>"
127     }
128 },
129 "niveles": {
130     "nivel0": 0,
131     "<nivel>": "<cantidad de puntos requeridos>",
132     "...": "..."
133 }
134 }

```

Las pantallas finales quedaron de la siguiente manera:



Figura 71: Pantalla de inicio

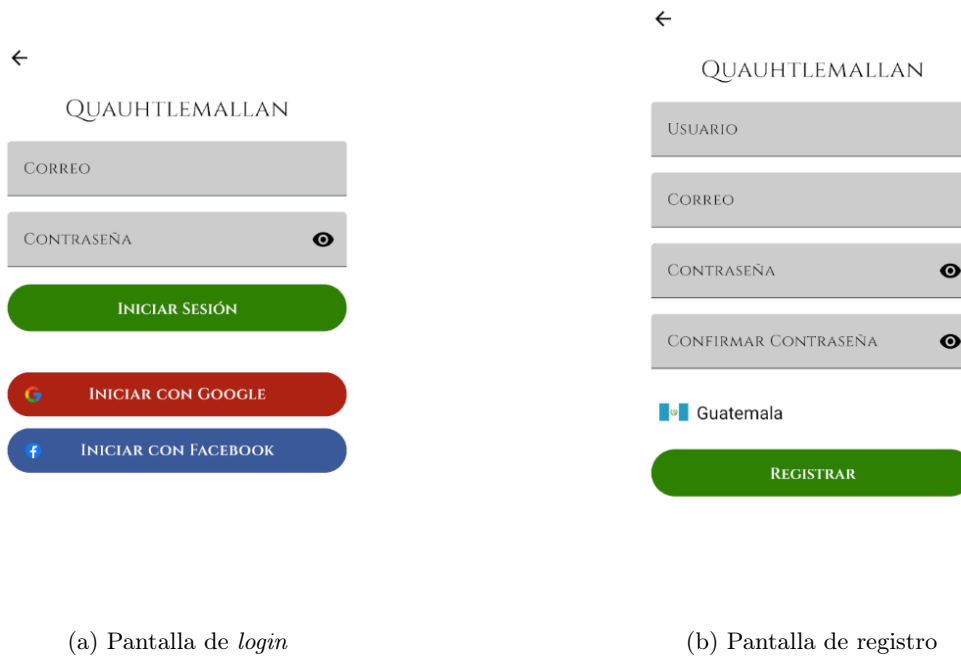
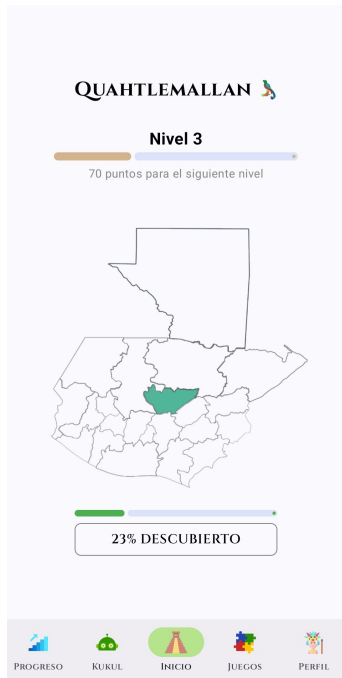
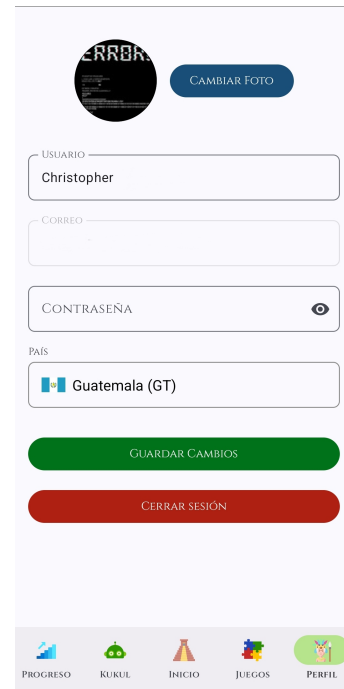


Figura 72: Pantallas finales de registro e inicio de sesión

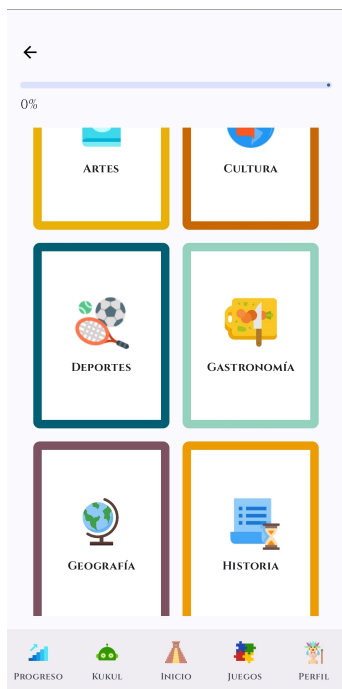


(a) Pantalla de *Home*



(b) Pantalla de perfil

Figura 73: Pantallas finales de *home* y perfil

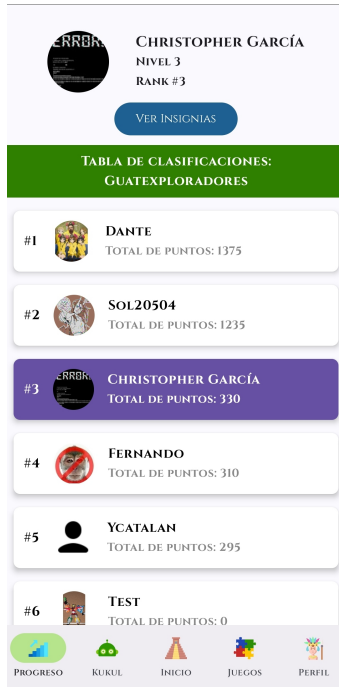


(a) Pantalla de categorías



(b) Pantalla de insignias

Figura 74: Pantallas finales de categorías e insignias

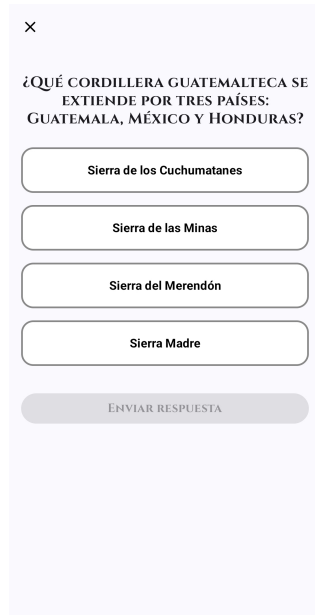


(a) Pantalla de progreso



(b) Pantalla de juegos

Figura 75: Pantallas finales de progreso y juegos



(a) Juego de pregunta diaria

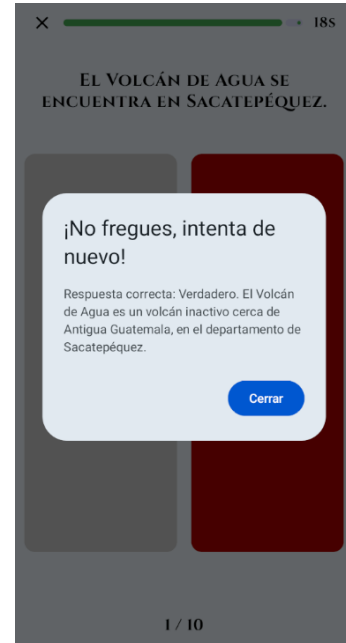


(b) Cuenta regresiva

Figura 76: Pantalla final de Pregunta diaria



(a) Juego de pruebas contratiempo



(b) Dato con respuesta correcta

Figura 77: Pantalla final de Pruebas contratiempo



(a) Juego de categorías



(b) Juego de verdadero o falso

Figura 78: Pantallas finales de Pruebas por categorías y Verdadero o Falso



Figura 79: Pantalla de Kukul (chatbot)

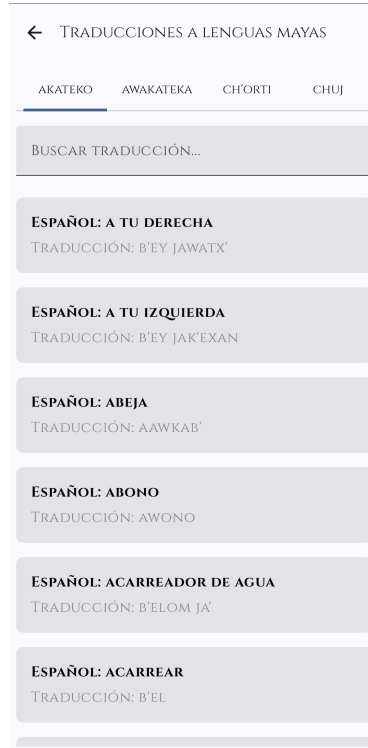


Figura 80: Pantalla de traducciones

Evaluación de aplicación final

Edad

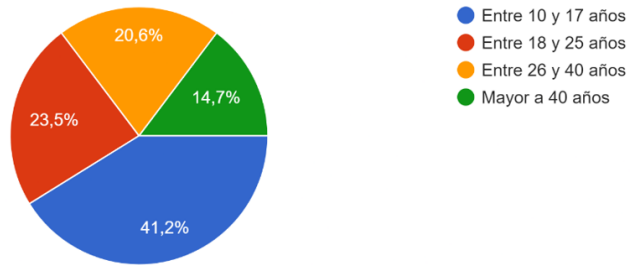


Figura 81: Rangos de edades

En general, ¿los colores utilizados guardan relación con la finalidad de la aplicación y representan a Guatemala?

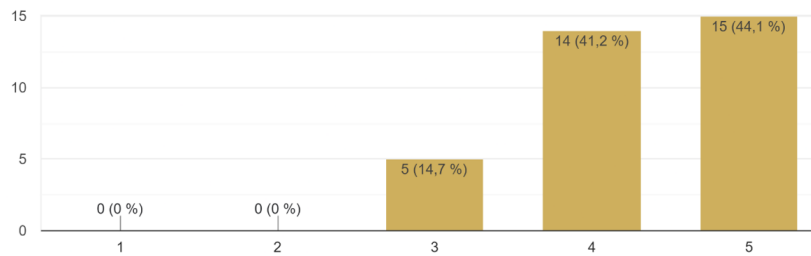


Figura 82: Perspectiva de colores de la aplicación

En general, ¿las tipografías utilizadas son entendibles y apropiadas para la aplicación?

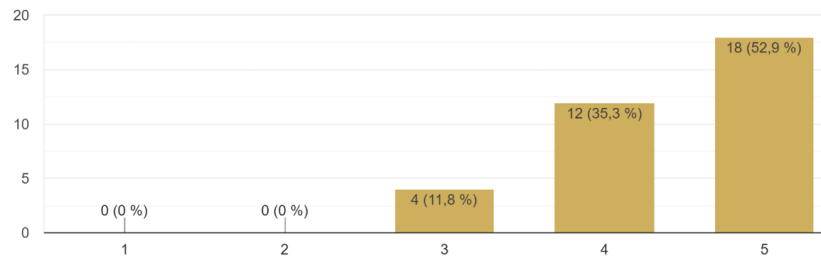


Figura 83: Perspectiva de tipografías de la aplicación

El logo anteriormente era solo el quetzal. Se agregaron detalles en el mismo, un calendario Maya y un libro para representar el aprendizaje. ¿Consideras que el logo tuvo una mejora y es más atractivo?

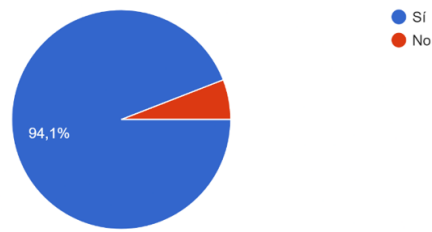


Figura 84: Perspectiva del logo de la aplicación

En la pantalla inicial, aparte de la barra de navegación, se muestra un gif del mapa de Guatemala, el nivel del usuario y el porcentaje descubierto. ¿Consideras llamativa esta pantalla de inicio?

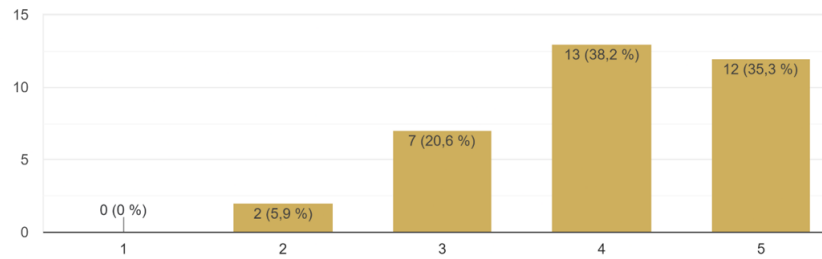


Figura 85: Perspectiva de pantalla inicial

Se buscó utilizar un mismo tipo de íconos en toda la aplicación. ¿Consideras que estos son entendibles y poseen colores que los hacen resaltar?

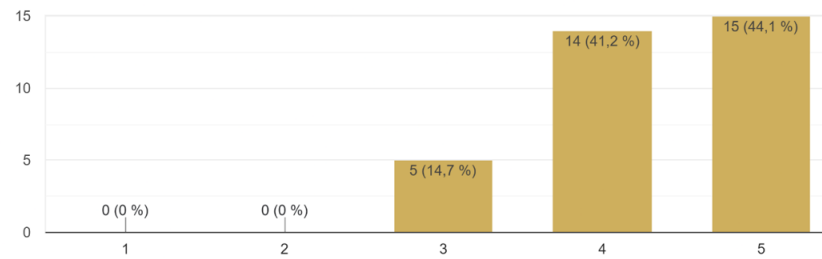


Figura 86: Perspectiva de íconos utilizados

¿Consideras que esta pantalla tiene detalles llamativos y se comprende su uso?

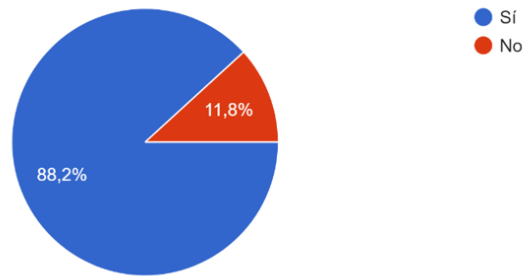


Figura 87: Perspectiva de insignias planteadas

¿Consideras que las traducciones se presentan ordenadas y es fácil navegar en esta pantalla?

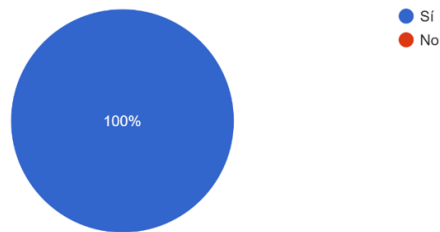


Figura 88: Perspectiva de pantalla de traducciones

¿Te parece llamativa y ordenada la pantalla de Juegos?

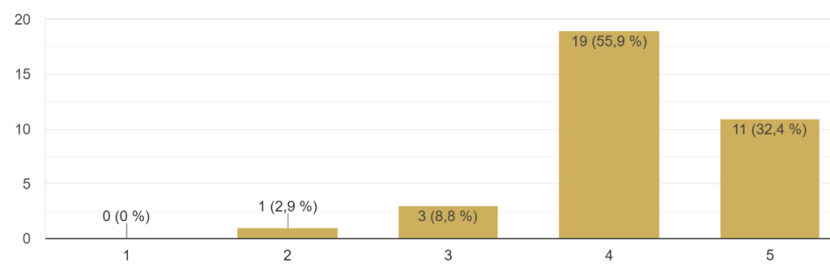


Figura 89: Perspectiva de pantalla de juegos

¿Consideras que se refleja orden en las pantallas y es fácil comprender y utilizar las mismas durante los juegos?

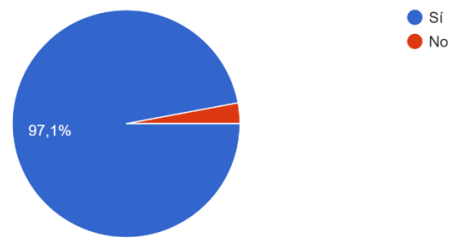


Figura 90: Perspectiva de orden en las pantallas de juegos

En base a tu experiencia, ¿Qué tan llamativa se te hizo la aplicación?

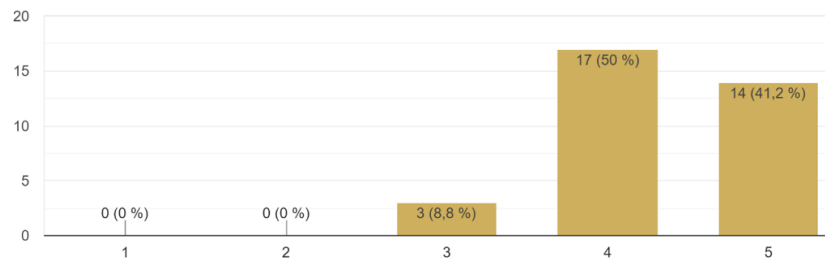


Figura 91: Perspectiva de qué tan llamativa era la aplicación

En base a tu experiencia, ¿Qué tan ordenada consideras que es la interfaz?

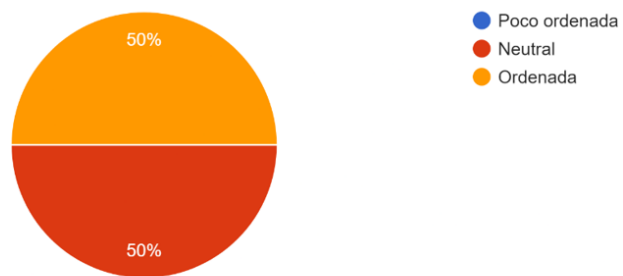


Figura 92: Perspectiva de qué tan ordenada era la aplicación

En base a tu experiencia, ¿Consideras que la interfaz gráfica te motiva a seguir aprendiendo?

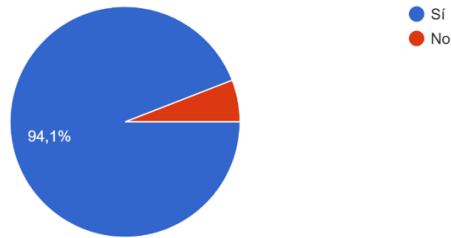


Figura 93: Perspectiva de qué tanto motivaba la interfaz a continuar aprendiendo

En base a tu experiencia, ¿Cómo calificarías las siguientes características funcionales? (Selecciona una opción en cada columna)

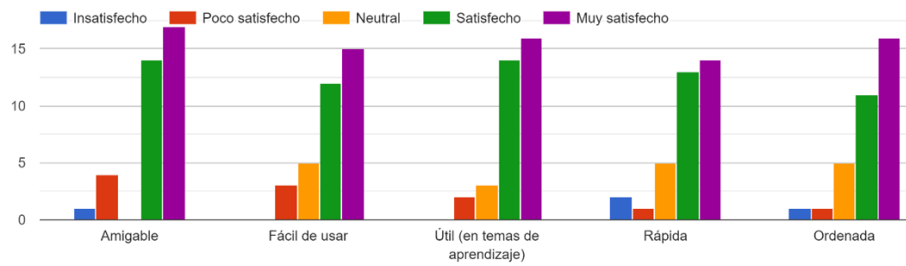


Figura 94: Perspectiva de características funcionales

¿Consideras que la aplicación utiliza diversas formas de incentivar al usuario a aprender más?

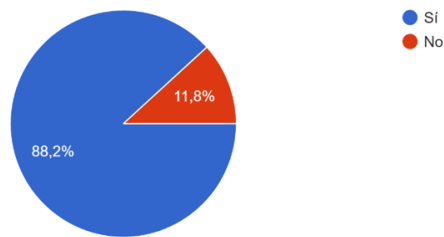


Figura 95: Perspectiva de qué tanto incentiva la aplicación a aprender

¿Consideras que la tabla de clasificación, los niveles de usuario y el porcentaje descubierto incentivan a continuar aprendiendo?

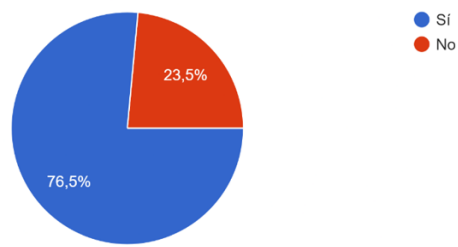


Figura 96: Perspectiva de formas que incentivan al usuario a aprender más

En base a las categorías e insignias utilizadas, ¿Consideras que logran englobar la mayor parte de temas referentes a Cultura y Geografía de Guatemala?

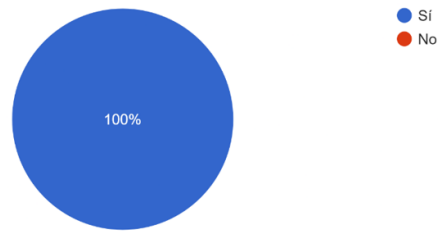


Figura 97: Perspectiva de categorías disponibles

¿En algún momento te llegaste a sentir perdido porque no entendías la interfaz, el juego o cómo debía utilizarse la aplicación?

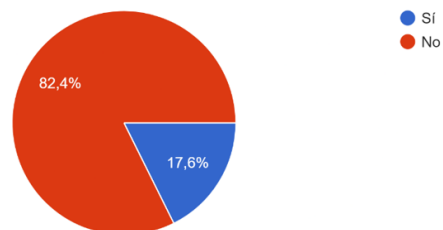


Figura 98: Perspectiva de qué tan intuitiva era la aplicación

¿Consideras que los 4 juegos permiten aprender y al mismo tiempo son lo suficientemente cortos para no perder la atención?

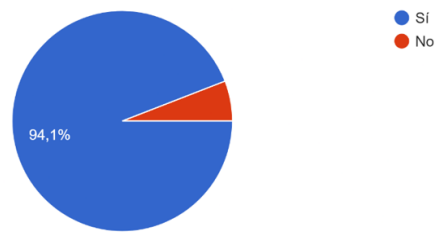


Figura 99: Perspectiva de juegos implementados

¿Consideras que el tiempo y las preguntas definidas brindan suficiente desafío y conocimiento que incentiven a seguir jugando?

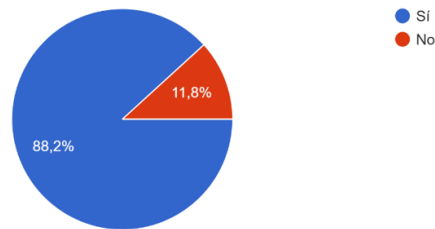


Figura 100: Perspectiva de dificultad planetada

¿Consideras que el apartado de traducciones a Lenguas Mayas aporta valor a la aplicación?

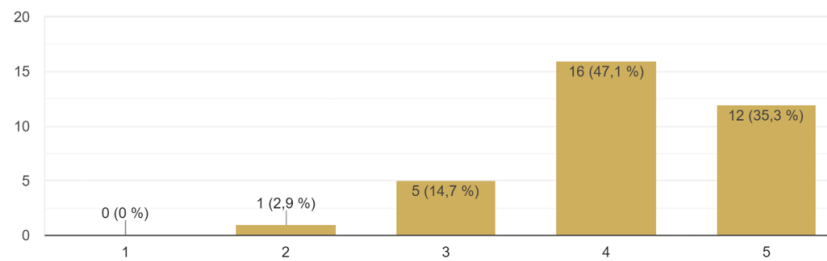


Figura 101: Perspectiva de aporte de traducciones a la aplicación

En general, ¿Qué tantos fallos presentó la aplicación durante su uso?

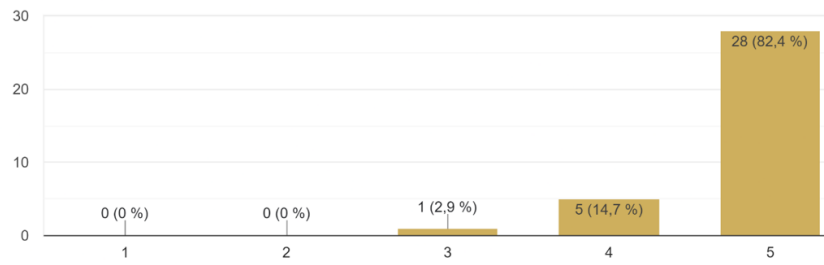


Figura 102: Perspectiva de fallos

¿Qué tan útil consideras que será la aplicación para usuarios de cualquier edad?

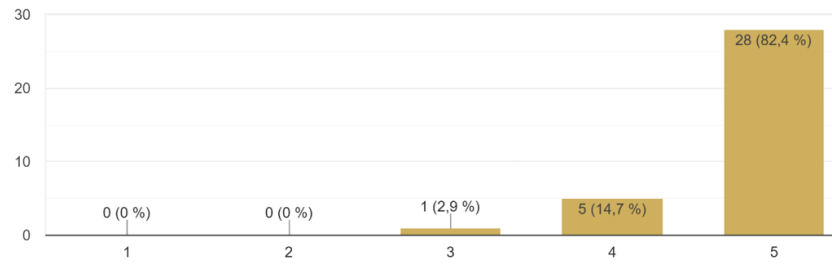


Figura 103: Perspectiva de la utilidad de la aplicación en diferentes rangos de edad

¿Con qué frecuencia Kukul lograba resolver tu duda?

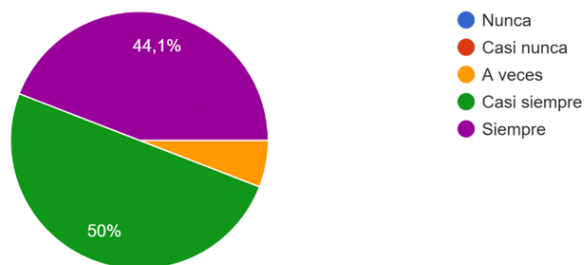


Figura 104: ¿Con qué frecuencia Kukul lograba resolver la duda?

¿Con qué frecuencia, si escribías con alguna falta ortográfica o sin signos de puntuación Kukul lograba resolver tu duda?

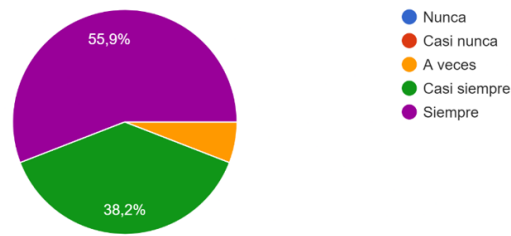


Figura 105: ¿Con qué frecuencia, escribir con alguna falta ortográfica o sin signos de puntuación Kukul lograba resolver la duda?

¿Con qué frecuencia Kukul generaba más palabras de las necesarias para responder tus preguntas?

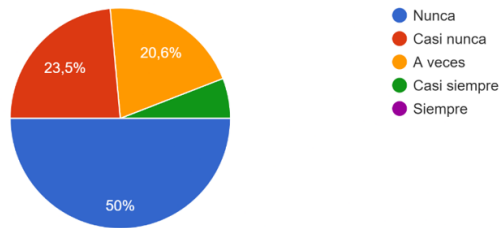


Figura 106: ¿Con qué frecuencia Kukul generaba más palabras de las necesarias para responder las preguntas?

¿Con qué frecuencia Kukul respondía de manera vaga o sin mucha explicación?

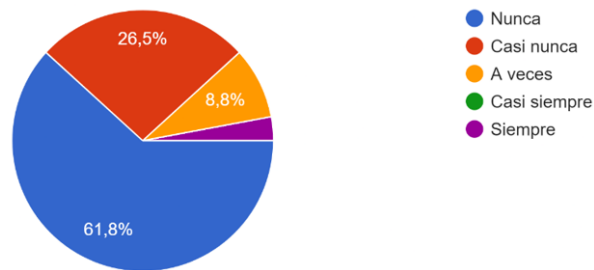


Figura 107: ¿Con qué frecuencia Kukul respondía de manera vaga o sin mucha explicación?

¿Con qué frecuencia Kukul respondía con palabras y oraciones a medias?

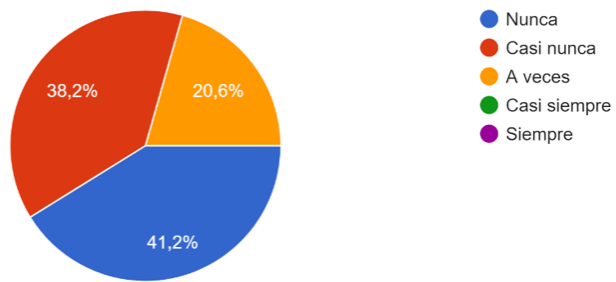


Figura 108: ¿Con qué frecuencia Kukul respondía con palabras y oraciones a medias?

¿Consideras que Kukul aporta valor a la aplicación y ayuda al aprendizaje?

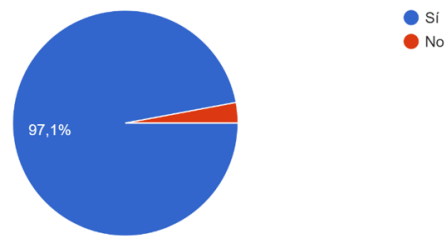


Figura 109: Perspectiva de la utilidad y aporte de Kukul a la aplicación

Comparando la primera y segunda versión del modelo, ¿Consideras que tuvo una mejora en cuánto a sus respuestas?

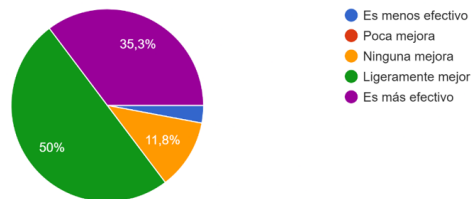


Figura 110: Comparación de eficiencia de modelos (V1 y V2)



Figura 111: Comentarios sobre la aplicación



Figura 112: Comentarios sobre la experiencia con la aplicación

7.1. Desarrollo de aplicación

Para concluir el desarrollo completo de la aplicación, fueron necesarios los comentarios de las primeras dos encuestas que definieron gran parte de los requerimientos a implementar. De la primera encuesta se determinó lo siguiente:

- Del total de encuestados, se encontró un grupo que estaba familiarizado con aplicaciones educativas y/o gamificadas.
- Se lograron definir los juegos/actividades y categorías que se consideraron más beneficiosos al momento de enseñar sobre algún tema.
- Se definió el sistema operativo bajo el cual se desarrollaría la aplicación, en este caso, sistemas Android porque el enfoque educativo buscaba alcanzar a la mayor parte de la población.
- Finalmente, se obtuvo información valiosa sobre la perspectiva de utilizar modelos de generación de texto y un vistazo general de la cantidad de conocimientos que tenían los usuarios respecto a las categorías planteadas.

Con estos datos, se pudo proceder al prototipo inicial, que, con ayuda de la segunda encuesta, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Se definieron las paletas de colores y la tipografía a utilizar.
- En general, se consideraron adecuados el logo, los íconos y la forma de agrupar insignias.
- En cuanto al flujo de la aplicación, se lograron resultados bastante satisfactorios, pues existía en su mayoría una percepción buena sobre los detalles de la aplicación como el orden, lo atractiva que era, su facilidad de uso y qué tan amigable se sentía el prototipo.
- De los comentarios en las preguntas abiertas, se encontraron puntos de mejora a implementar en la versión final, puntos que debían permanecer puesto que se aceptaron bastante bien y detalles a considerar para mejorar la experiencia del usuario.

Una vez se tuvieron todos los requerimientos planteados se procedió con el desarrollo de la aplicación como tal. Se trabajó en Android Studio con Kotlin, Jetpack Compose y una arquitectura MVVM para el apartado visual. Se realizaron las conexiones necesarias con Firebase para utilizar los módulos de *authentication*, *crashlytics*, *analytics dashboard*, *realtime database* como base de datos para la información que alimentaría la aplicación y almacenar usuarios; y *storage* para el almacenamiento de imágenes. Adicionalmente se realizaron las configuraciones del entorno en la nube (*Cloud Run*) para desplegar un servicio que conectara con los modelos de generación de texto alojados en *Hugging Face*.

7.2. Percepción de usuarios

En general, acorde a la última encuesta sobre la aplicación final, se obtuvieron resultados bastante buenos que indicaban el cumplimiento de los objetivos planteados. Se realizaron preguntas abiertas sobre la perspectiva de la aplicación en general y la experiencia que se tuvo al probar la misma y entre los comentarios más frecuentes, resumidos en una palabra, estuvieron: **educativa**, **interesante**, **entretenida**, **innovadora**, **divertida** y otros adjetivos positivos. En general se encontró que un 97.1% de los usuarios considera muy útil la aplicación como medio de aprendizaje para cualquier edad.

7.2.1. Aspectos visuales

En cuanto a los aspectos visuales, se obtuvo una aprobación del 85.3% en cuanto a la paleta de colores, un 88.2% en cuanto a la tipografía utilizada y se mejoró la percepción del logo pasando de una aprobación del 78% a un 94.1%. En cuanto a las pantallas desarrolladas se encontró que la mayoría de estas sí reflejaba orden, poseían detalles llamativos y eran fáciles de comprender. Y en general acorde a que tan llamativa era la interfaz gráfica se obtuvo un puntaje de 4 sobre 5, con un 50% de los usuarios a favor, y un puntaje de 5 sobre 5 con un 41.2%. Siendo así un total de 91.2% a favor respecto a la interfaz intuitiva y atractiva y adicionalmente se obtuvo un 94.1% de los usuarios que consideran que la interfaz motiva a seguir aprendiendo.

7.2.2. Aspectos funcionales

En cuanto a los aspectos funcionales, la mayoría de los usuarios respondieron que se encontraban muy satisfechos con la facilidad de uso, la utilidad que tenía la aplicación para aprender, lo rápida que era (en cuanto a optimización), orden y qué tan amigable se sentía. Relacionado al factor de incentivos y progreso el 88.2% de los encuestados, está de acuerdo con que la aplicación presenta diferentes formas de motivar al usuario a continuar aprendiendo y también un 76.5% considera que el sistema de seguimiento de proceso es efectivo para medir su comprensión de los temas y buscar seguir mejorando. Los juegos, insignias y las categorías, junto con sus características, fueron bastante recibidas por el usuario; la totalidad de los usuarios considera que las categorías e insignias utilizadas engloban los campos de cultura y geografía en una gran parte y esto permite conocer más fondo sobre Guatemala; y en cuanto a los juegos se obtuvo un 94.1% de aceptación sobre la experiencia de aprendizaje que dejaron puesto que estos no eran juegos muy complejos o que llevaran mucho tiempo para perder la atención, sin embargo se resaltó también el hecho de que no todos los usuarios consideran los juegos desafiantes o que provean mucho conocimiento siendo estos un 11.8% del total. El apartado de traducciones mayas tuvo un 82.4% de aceptación pero, por otro lado, un 17.6% no encontró un aporte muy relevante a la aplicación.

En general, la aplicación no presentó fallos durante las sesiones de juegos, un 82.4% respondió que no tuvo ningún fallo, un 14.7% reportó fallos rara vez y un 2.9% reportó al menos un error

durante su sesión.

7.2.3. Modelo de generación de texto

Finalmente, respecto al modelo de generación de texto (*Kukul*), se obtuvieron los siguientes resultados:

- Un 94.1 % de los usuarios respondió que *Kukul* casi siempre o siempre lograba resolver la duda planteada.
- Un 94.1 % de los usuarios también estuvo de acuerdo en que a pesar de escribir con faltas ortográficas o sin signos de puntuación *Kukul* lograba resolver la duda planteada.
- Un 73.5 % respondió que nunca o casi nunca *Kukul* generaba más palabras de las necesarias para responder la pregunta y un 20.6 % expresó que a veces sí lo hacía.
- Un 88.3 % indicó que nunca o casi nunca *Kukul* respondió de forma vaga o sin explicación pero existieron casos donde sí lo hizo y los usuarios que lo indicaron representaron un 11.7 %
- Un 79.4 % de los usuarios indicó que nunca o casi nunca *Kukul* respondía con palabras u oraciones a medias y un 20.6 % indicó que lo hacía a veces. Esto pudo deberse a la cantidad de tokens por defecto que toma el modelo y al ser respuestas demasiado largas se quedaba corto.
- Un 97.1 % de los usuarios indicó que *Kukul*, a pesar de sus fallos, aportaba valor a la aplicación y también al aprendizaje en general.
- Finalmente, comparando la primera y segunda iteración del modelo se encontró que un 35.3 % de los usuarios notó una gran mejora indicando que era más efectivo en sus respuestas, un 50 % indicó que era ligeramente mejor, un 11.8 % indicó que no veían ninguna mejora y un 2.9 % indicó que era menos efectivo.

En general, se puede ver que a pesar de tener fallos respecto a cantidad de palabras generadas, que pudo deberse a la cantidad de tokens establecidos por defecto para evitar que brindara mucha información capaz de sobrecargar al usuario, *Kukul* fue bien recibido y considerado útil y capaz de resolver inquietudes sobre temas relacionados a Guatemala.

- La aplicación desarrollada abordó temas de gamificación enfocados en la enseñanza de temas culturales y geográficos de Guatemala, recibiendo comentarios positivos y siendo bien recibida como un método de aprendizaje. El presentar información de una forma atractiva como lo pueden ser los juegos interactivos, sin que estos lleven mucho tiempo y se pierda la atención, exhortan al usuario a continuar aprendiendo sobre un tema en específico, en este caso, información relacionada a Guatemala, y aportar a la educación con un método distinto a lo tradicional.
- El uso de elementos gráficos, colores vivos, íconos, imágenes, tipografía adecuada y una sinergia entre los componentes visuales permiten capturar la atención del usuario, motivarlo y que su aprendizaje sea más entretenido.
- La implementación de un sistema de puntos, niveles y tabla de clasificaciones, que fomentara la competencia sana, influyen positivamente en el aprendizaje del usuario y les brinda un panorama y seguimiento de sus conocimientos actuales.
- El proceso de realizar un refinamiento (*fine-tuning*) sobre un modelo preentrenado permitió enfocar y adaptar el mismo con un *dataset* relativamente grande centrado en preguntas y respuestas sobre la cultura y geografía de Guatemala. El partir de un modelo robusto preentrenado permitió ahorrar los recursos, como tiempo, y costos que conlleva entrenar un modelo desde cero y enfocarse en mejorar los detalles para obtener un modelo más especializado en esta temática. Dado que la precisión del modelo dependería de la cantidad de *tokens* asignados y el texto del usuario no se utilizó una métrica formal pero se pudo determinar que un 94.1% de los usuarios lograban resolver sus dudas exitosamente, incluso cuando podían tener faltas ortográficas y/o signos de puntuación faltantes. Esto indica que la incorporación de datos propiamente de Guatemala contribuyeron a lograr un modelo más especializado en temas de cultura y geografía del país.

Recomendaciones

- Como primer punto, se recomienda incrementar la cantidad de datos sobre Guatemala. Esto incluye preguntas y respuestas, traducciones, imágenes, chapinismos y datos que contribuyan a conocer de mejor forma toda la diversidad cultural que el país tiene. Esto también sería útil para expandir el límite de la aplicación y tener una mayor cantidad de rondas en los juegos y otras variaciones de los mismos que incluyan opciones como seleccionar cantidad de preguntas, dificultad, etc.
- Se recomienda agregar otros juegos o actividades que fomenten la competencia sana y despierten el interés en los usuarios de seguir aprendiendo sobre Guatemala con la finalidad de mejorar la identidad guatemalteca y reducir la brecha de conocimientos que se suele tener en temas culturales y geográficos.
- En cuanto al refinamiento de modelos para un fin específico, se recomienda la utilización de *datasets* robustos, tanto en cantidad de datos como de variaciones para que el modelo pueda desenvolverse de mejor manera. También se recomienda buscar la mejor combinación de parámetros para los recursos disponibles de manera que el entrenamiento no sea vea afectado por alguna limitación. Ahora, en el caso específico de modelos de generación de texto, se recomienda encontrar el número de *tokens* adecuados para evitar generar menos o más información de la requerida.
- A pesar de que el sistema operativo más utilizado es Android y la aplicación se enfocó en este sistema, se recomienda ampliar el alcance de la aplicación a otros sistemas operativos con la finalidad de cubrir toda la población y ofrecer esta herramienta como medio de aprendizaje. De la mano de esto, se recomienda considerar el despliegue de la aplicación para facilitar el mantenimiento, acceso y actualizaciones de la misma.

Bibliografía

- [1] 3.0, EDUCACIÓN: *Aplicaciones educativas Android*. <https://www.educaciontrespuntocero.com/recursos/aplicaciones-educativas-android/>, December 11 2018. EDUCACIÓN 3.0.
- [2] 3.0, Educación: *¿Qué es la gamificación y cuáles son sus objetivos?* <https://www.educaciontrespuntocero.com/noticias/gamificacion-que-es-objetivos/>, August 5 2019. Educación 3.0.
- [3] 3AndroidesTechnology S.L.U y ReÁnima Soluciones Digitales: *ReÁnima Soluciones Digitales | Desarrollo de APPs en Madrid*. <https://www.reanimasoluciones.com/actualidad/209-design-thinking-como-implantarlo-en-tu-app-startup>, 2024. ReÁnima Soluciones Digitales.
- [4] Almg: *COMUNIDADES LINGÜÍSTICAS – Academia de las Lenguas Mayas de Guatemala*. <https://www.almg.org.gt/comunidades-linguisticas>, 2022. Almg.org.gt.
- [5] Amur, Dilli Prasad: *Fine Tuning LLM with QLoRA | Medium*. <https://rb.gy/q7ei54>, November 27 2023. Medium.
- [6] Argüello, Bárbara: *Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades: Una mirada desde la Educación*. <https://investigacionparatodos.usac.edu.gt/noticias-principales-2/item/101-investigaci%C3%B3n-desde-la-educaci%C3%B3n>, July 15 2020. USAC.
- [7] Austin, Elizabeth S. y Anne LaBastille Bowes: *Birds of the Mayas*. Bird-Banding, 37, 1966, ISSN 00063630.
- [8] Awan, Abid Ali: *Introduction to Meta AI's LLaMA*. <https://www.datacamp.com/blog/introduction-to-meta-ai-llama>, May 18 2023. DataCamp.
- [9] Awan, Abid Ali: *Ajuste fino de LLaMA 2: Guía paso a paso para personalizar el modelo de lenguaje grande*. <https://www.datacamp.com/es/tutorial/fine-tuning-llama-2>, February 22 2024. DataCamp.
- [10] Bank, World: *Guatemala: Noticias sobre desarrollo, investigación, datos*. <https://www.bancomundial.org/es/country/guatemala>, 2020. World Bank.
- [11] Bank, World: *Guatemala Panorama general*. <https://www.bancomundial.org/es/country/guatemala/overview>, 2022. World Bank.
- [12] Baumann, H.: *¿Qué es UX y UI? Guía completa*. <https://www.crehana.com/blog/transformacion-digital/que-es-ux-y-como-te-ayudara-ser-profesional-completo/>, February 22 2023. Crehana.

- [13] Capital, Athos: *La importancia de Hugging Face*. <https://www.athos-cap.com/post-12-la-importancia-de-hugging-face/#:~:text=Qu%C3%A9%20es%20Hugging%20Face,como%20un%20Git%20Hub%20para%20AI>, June 19 2023.
- [14] Cloudflare: *¿Qué es la adaptación de bajo rango (LoRA)?* <https://www.cloudflare.com/es-es/learning/ai/what-is-lora/>, 2024. Cloudflare.com.
- [15] de, E.: *Lean UX canvas*. <https://deustopweb2018.github.io/Elementos-de-la-UX/1-estrategia/canvas.html>, 2018. Elementos de La UX.
- [16] Developers, Android: *Descarga Android Studio y App Tools*. <https://developer.android.com/studio?hl=es-419>. Android Developers.
- [17] Developers, Android: *Jetpack Compose, el kit de herramientas para el desarrollo de IU de apps*. <https://developer.android.com/develop/ui/compose?hl=es-419>, 2024. Android Developers.
- [18] Face, Hugging: *Hugging Face – The AI community building the future*. <https://huggingface.co/>, August 16 2024.
- [19] Figma: *Acerca de nosotros | Figma*. <https://www.figma.com/es-la/about/>, 2015.
- [20] Gaitán, V.: *Gamificación: el aprendizaje divertido*. <https://www.educativa.com/blog-articulos/gamificacion-el-aprendizaje-divertido/>, 2016. Educativa.
- [21] Gluo: *¿Qué es el diseño UX/UI y cuáles son sus ventajas?* <https://www.gluo.mx/blog/que-es-diseno-ux-ui-y-cuales-son-sus-ventajas>, 2022. Gluo.
- [22] Gluo: *Arquitectura de software: ¿Qué es y qué tipos hay?* <https://www.gluo.mx/blog/arquitectura-de-software-que-es-y-que-tipos-hay>, 2023. Gluo.
- [23] GV: *The Design Sprint — GV*. <https://www.gv.com/sprint/>, 2010. GV.
- [24] Herrera, L.: *Nuevas tecnologías y educación geográfica: el reto actual*. Zona Próxima: Revista Del Instituto de Idiomas de La Universidad Del Norte (Barranquilla, Colombia), 17:212–223, 2024. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6398356.pdf>.
- [25] IBM: *¿Qué es el procesamiento del lenguaje natural?* <https://www.ibm.com/es-es/topics/natural-language-processing>. IBM.
- [26] IBM: *¿Qué es la Inteligencia Artificial (IA)?* <https://www.ibm.com/mx-es/topics/artificial-intelligence>. IBM.
- [27] IBM: *Fine Tuning*. <https://www.ibm.com/es-es/topics/fine-tuning>, March 15 2024. Ibm.com.
- [28] Icons8: *Windows 11 Color Icons – PNG, SVG icons*. <https://icons8.com/icons/fluency>, 2024. Icons8.com.
- [29] INE: *RESULTADOS CENSO 2018*. <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2021/11/19/202111192139096rGNQ5SfAlepmPGfYTovW9MF6X2turyT.pdf>. INE.
- [30] IPython: *IPython — Jupyter Documentation 4.1.1 alpha documentation*. https://docs.jupyter.org/en/latest/projects/ipython_projects.html, 2015. Jupyter.org.
- [31] Jotform Editorial Team: *Preguntas y ejemplos para las encuestas de la Escala de Likert*. <https://www.jotform.com/es/blog/ejemplos-para-las-encuestas-de-la-escala-de-likert/>, October 31 2023. Jotform.


- [32] Juicestudiocom: *MVC vs MVVM vs MVP vs VIPER: ¿Qué arquitectura es adecuada? | Juice Studio.* <https://juice-studio.com/mvc-vs-mvvm-vs-mvp-vs-viper-que-arquitectura-de-diseno-es-adecuada/>, January 4 2021. Juice Studio.
- [33] Jupyter: *Project Jupyter Documentation — Jupyter Documentation 4.1.1 alpha documentation.* <https://docs.jupyter.org/en/latest/#what-is-a-notebook>, 2015. Jupyter.org.
- [34] Labonne, M.: *guanaco-llama2-1k.* <https://huggingface.co/datasets/mlabonne/guanaco-llama2-1k>, December 19 2023. Huggingface.co.
- [35] Laoyan, S.: *Qué es Design Thinking y cómo aplicarlo [2024].* <https://asana.com/es/resources/design-thinking-process>, February 11 2024. Asana.
- [36] Leiva, A.: *Qué es Jetpack Compose y cómo crear tu primer proyecto en Android.* <https://devexpert.io/jetpack-compose-que-es/>, September 23 2021. DevExpert.
- [37] Libre, Prensa: *El patriotismo más allá de la clásica simbología.* <https://www.prensalibre.com/opinion/columnasdiarias/el-patriotismo-mas-alla-de-la-clasica-simbologia/>, September 13 2019. Prensa Libre.
- [38] LinkedIn: *¿Cómo puede la gamificación aumentar la motivación de los estudiantes en las aulas de K-12?* <https://www.linkedin.com/advice/3/how-can-gamification-increase-student-motivation?lang=es&originalSubdomain=es>, 2024. LinkedIn.
- [39] Lobato, P.: *Gamificación en el aula: ventajas y desventajas.* <https://www.smartmind.net/blog/gamificacion-en-el-aula-ventajas-y-desventajas/>, October 4 2018. Smartmind.
- [40] Mentimeter: *Crea nubes de palabras gratis: en vivo e interactivo.* <https://www.mentimeter.com/es-ES/features/word-cloud>, 2024. Mentimeter.com.
- [41] Meta: *Fine-tuning | How-to guides.* <https://www.llama.com/docs/how-to-guides/fine-tuning/>, 2022. Llama.com.
- [42] Mittal, A.: *LoRa, QLoRA y QA-LoRA: adaptabilidad eficiente en modelos de lenguaje grandes mediante factorización matricial de bajo rango.* <https://rb.gy/2hmi9q>, October 24 2023. Unite.AI.
- [43] Moreno, A.: *Procesamiento del lenguaje natural ¿qué es?* <https://www.iic.uam.es/inteligencia/que-es-procesamiento-del-lenguaje-natural/>, October 17 2017. Instituto de Ingeniería Del Conocimiento.
- [44] Muguira, A.: *Escala de Likert: Qué es y cómo utilizarla en tus encuestas.* <https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-la-escala-de-likert-y-como-utilizarla/>, August 31 2016. QuestionPro.
- [45] platzi: *¿Qué es Jetpack Compose? Beneficios y por qué lo necesitas.* <https://platzi.com/blog/jetpack-compose-android/>, 2024. Platzi.
- [46] Pérez, E.: *Arquitecturas de Software. MVC y MVVM - Abatic Soluciones Tecnológicas.* <https://www.abatic.es/arquitecturas-de-software-mvc-y-mvvm/>, September 24 2020. Abatic Soluciones Tecnológicas.
- [47] Readthedocs: *Jupyter Notebook Documentation — Jupyter Notebook 7.2.2 documentation.* <https://jupyter-notebook.readthedocs.io/en/stable/>, 2015. Readthedocs.io.
- [48] Romero, A.: *Ciencias sociales ¿Qué son y qué estudian?* <https://www.uvg.edu.mx/blog/index.php/ciencias-sociales>, December 13 2022. UVG.

- [49] Santaella, J.: *¿Qué es Android Studio?* <https://talently.tech/blog/que-es-android-studio/>, April 26 2022. Talently Blog.
- [50] Services, Amazon Web: *¿Qué es el procesamiento de lenguaje natural? - Explicación del procesamiento de lenguaje natural.* <https://aws.amazon.com/es/what-is/nlp/>. Amazon Web Services.
- [51] Services, Amazon Web: *¿Qué es una red neuronal? Guía de IA y ML.* <https://aws.amazon.com/es/what-is/neural-network/>. Amazon Web Services.
- [52] Sposob, G.: *Geografía: qué es, ramas, mapas, referentes y enseñanza.* <https://humanidades.com/geografia/>, July 28 2017. Enciclopedia Humanidades.
- [53] Stats, Statcounter Global: *Mobile Operating System Market Share Worldwide | Statcounter Global Stats.* <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide/#monthly-202406-202406-map>, 2024. StatCounter Global Stats.
- [54] Touvron, Hugo, Thibaut Lavril, Gautier Izacard, Xavier Martinet, Marie Anne Lachaux, Timothée Lacroix, Baptiste Rozière, Naman Goyal, Eric Hambro, Faisal Azhar, Aurelien Rodriguez, Armand Joulin, Edouard Grave y Guillaume Lample: *LLaMA: Open and Efficient Foundation Language Models.* <https://arxiv.org/pdf/2302.13971>, 2023.
- [55] Touvron, Hugo, Louis Martin, Kevin Stone, Pierre Albert, Amjad Almahairi, Yacine Babaei, Nikolay Bashlykov, Shubham Batra, Pratik Bhargava, Sharan Bhosale, Daniel Bikel, Lior Blecher, Carlos Ferrer, Mia Chen, Guillem Cucurull, David Esiobu, Jordan Fernandes, Jinyuan Fu, William Fu y Bryan Fuller: *Llama 2: Open Foundation and Fine-Tuned Chat Models.* <https://ai.meta.com/research/publications/llama-2-open-foundation-and-fine-tuned-chat-models/>. Retrieved August 16, 2024.
- [56] VIP, WordPress.com: *Patriotismo guatemalteco diluido.* <https://lahora.gt/opinion/wpcomvip/2017/09/25/patriotismo-guatemalteco-diluido/>, September 25 2017. La Hora.

11.1. Repositorio de Github

Proyecto Quauhtlemallan: <https://github.com/ChristopherG19/Quauhtlemallan>

11.2. Encuesta 1: recolección de datos inicial



GAMIFICATION

Hola! Mi nombre es Christopher García. Espero te encuentres bien.

Actualmente me encuentro desarrollando una aplicación móvil como proyecto de graduación en modalidad de trabajo profesional. Este formulario tiene como objetivo conocer las diferentes perspectivas respecto a las aplicaciones educativas y gamificadas, así como temas de importancia referentes a cultura y geografía de Guatemala, entre otros datos que me permitan la selección de componentes, funcionalidades y temas para el prototipo final.

Gamificación: Técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo-profesional con el fin de conseguir mejores resultados (*Gamificación | Educativa*, 2014).

Ejemplos de aplicaciones educativas y gamificadas: **Kahoot!**, **Duolingo**, **Quizizz**, **Pear Deck**, entre otras.

gar20541@uvg.edu.gt [Cambiar de cuenta](#)

No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

Edad *

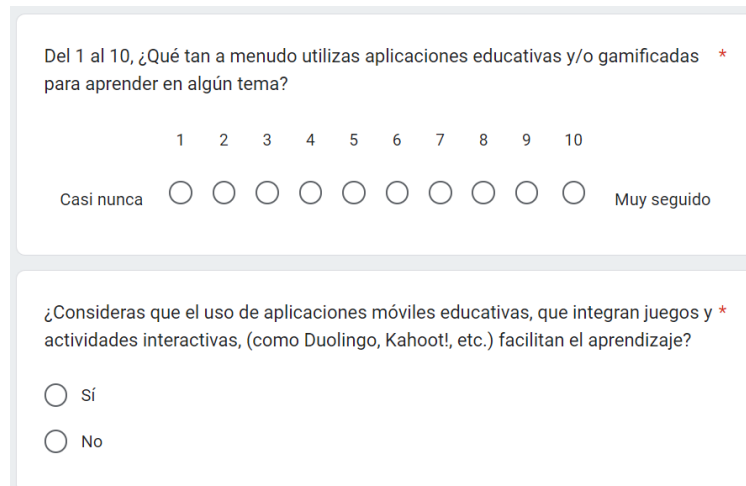
Entre 10 y 17 años

Entre 18 y 25 años

Entre 26 y 40 años

Mayor a 40 años

Figura 113: Introducción a la encuesta sobre percepción de aplicaciones móviles



Del 1 al 10, ¿Qué tan a menudo utilizas aplicaciones educativas y/o gamificadas * para aprender en algún tema?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Casi nunca Muy seguido


¿Consideras que el uso de aplicaciones móviles educativas, que integran juegos y * actividades interactivas, (como Duolingo, Kahoot!, etc.) facilitan el aprendizaje?

Sí

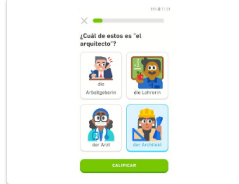
No

Figura 114: Preguntas relacionadas a aplicaciones educativas y/o gamificadas


De las siguientes opciones, ¿Qué actividades consideras más relevantes o efectivas al momento de aprender sobre un tema nuevo? *



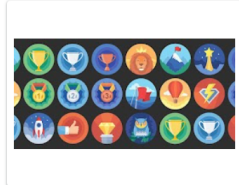
Test contratiempo



Responder preguntas basadas en una imagen



Memoria



Conseguir insignias de progreso

Otro: _____

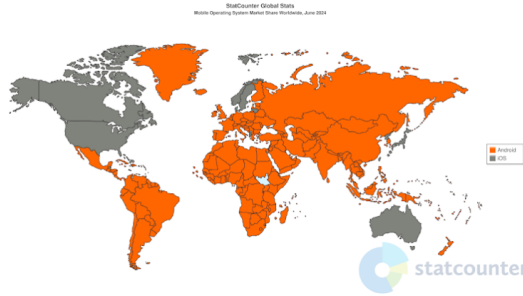
Del 1 al 10, ¿Qué tan útiles consideras los chatbots (similares a chatGPT, que es una inteligencia artificial) para responder preguntas en aplicaciones educativas? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

No son tan útiles Muy útiles

Figura 115: Preguntas relacionadas a integración de juegos y chatbots

Según datos de StatCounter GlobalStats (Junio 2024), el sistema operativo más utilizado a nivel mundial en dispositivos móviles es Android. Acorde a tu entorno, del 1 al 10, ¿consideras qué en Guatemala los dispositivos Android son más utilizados? *



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

No estoy de acuerdo Estoy de acuerdo

Figura 116: Pregunta sobre sistema operativo más utilizado en dispositivos móviles

Cultura y geografía de Guatemala

Esta sección busca explorar los conocimientos que tiene la población guatemalteca en cuanto a temas relacionados a las ciencias sociales (cultura y geografía principalmente) de nuestro país.

Del 1 al 10, ¿Qué tanto conoces de Guatemala? (Tomando en cuenta estos temas: Símbolos Patrios, Departamentos, Platos, Lugares turísticos, Chapinismos, Moneda, Política, Idiomas, Historia) *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Conozco muy poco Conozco bastante sobre el país

Del 1 al 10, ¿Puedes nombrar todos los departamentos de Guatemala? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

No puedo nombrar más de 5 Si puedo nombrar todos

De los siguientes temas (siempre relacionados a Guatemala), ¿En cuáles **no** tienes muchos conocimientos al respecto? *

- Artes (Música, Literatura, Actuación, Obras, etc.)
- Gastronomía
- Deportes
- Geografía
- Turismo (Lugares más conocidos o relevantes)
- Chapinismos
- Fechas importantes
- Cultura general (Símbolos patrios, Himno Nacional, Productos o Cadenas nacionales)
- Política

(a) Temas culturales

En relación a la pregunta anterior, ¿Qué temas consideras más valiosos y que tienen un mayor aporte para el desarrollo de una persona y el país? *

- Artes (Música, Literatura, Actuación, Obras, etc.)
- Gastronomía
- Deportes
- Geografía
- Turismo (Lugares más conocidos o relevantes)
- Chapinismos
- Fechas importantes
- Cultura general (Símbolos patrios, Himno Nacional, Productos o Cadenas nacionales)
- Política

¿Qué tipo de insignias o logros consideras apropiados para una aplicación educativa que presente algunos temas de los mencionados anteriormente? *

Se han considerado logros por cada tema anteriormente mencionado pero me ayuda mucho tener más ideas de temas puntuales o logros generales.

(p. ej. Logro por ubicar todos los departamentos, logro de chapinismos, rachas por completar quizzes, logro por conocer personajes históricos, etc.)

Tu respuesta _____

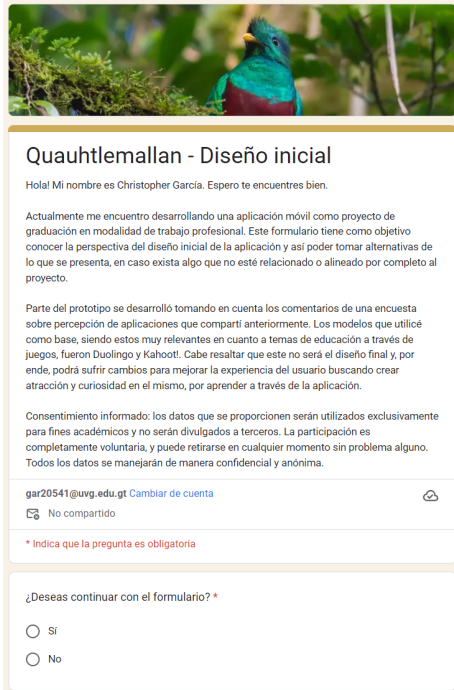
Sugerencias (Temas, componentes, actividades, funcionalidades de aplicaciones educativas, aplicaciones que utilices, etc.) **(Opcional)**

Tu respuesta _____

(b) Categorías e Insignias

Figura 117: Preguntas relacionadas a temas culturales, categorías e insignias

11.3. Encuesta 2: evaluación de prototipo inicial



Quauhtlemallan - Diseño inicial

Hola! Mi nombre es Christopher Garcia. Espero te encuentres bien.

Actualmente me encuentro desarrollando una aplicación móvil como proyecto de graduación en modalidad de trabajo profesional. Este formulario tiene como objetivo conocer la perspectiva del diseño inicial de la aplicación y así poder tomar alternativas de lo que se presenta, en caso exista algo que no esté relacionado o alineado por completo al proyecto.

Parte del prototipo se desarrolló tomando en cuenta los comentarios de una encuesta sobre percepción de aplicaciones que compartí anteriormente. Los modelos que utilicé como base, siendo estos muy relevantes en cuanto a temas de educación a través de juegos, fueron Duolingo y Kahoot!. Cabe resaltar que este no será el diseño final y, por ende, podrá sufrir cambios para mejorar la experiencia del usuario buscando crear atracción y curiosidad en el mismo, por aprender a través de la aplicación.

Consentimiento informado: los datos que se proporcionen serán utilizados exclusivamente para fines académicos y no serán divulgados a terceros. La participación es completamente voluntaria, y puede retirarse en cualquier momento sin problema alguno. Todos los datos se manejarán de manera confidencial y anónima.

gar20541@uvvg.edu.gt [Cambiar de cuenta](#)

No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

¿Deseas continuar con el formulario? *

Sí

No

(a) Consentimiento informado



Quauhtlemallan - Diseño inicial

gar20541@uvvg.edu.gt [Cambiar de cuenta](#)

No compartido

Quauhtlemallan, origen del nombre Guatemala significa "Tierra de muchos árboles".

Mi proyecto consiste en una aplicación educativa y gamificada para facilitar el aprendizaje de la geografía y cultura de Guatemala. Por esta razón desde el nombre hasta la temática, los colores y algunas palabras tienen relación directa (y es parte de lo que se busca validar) con nuestro país.

(Gamificación: Técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo-profesional con el fin de conseguir mejores resultados (Gamificación | Educativa, 2014)).

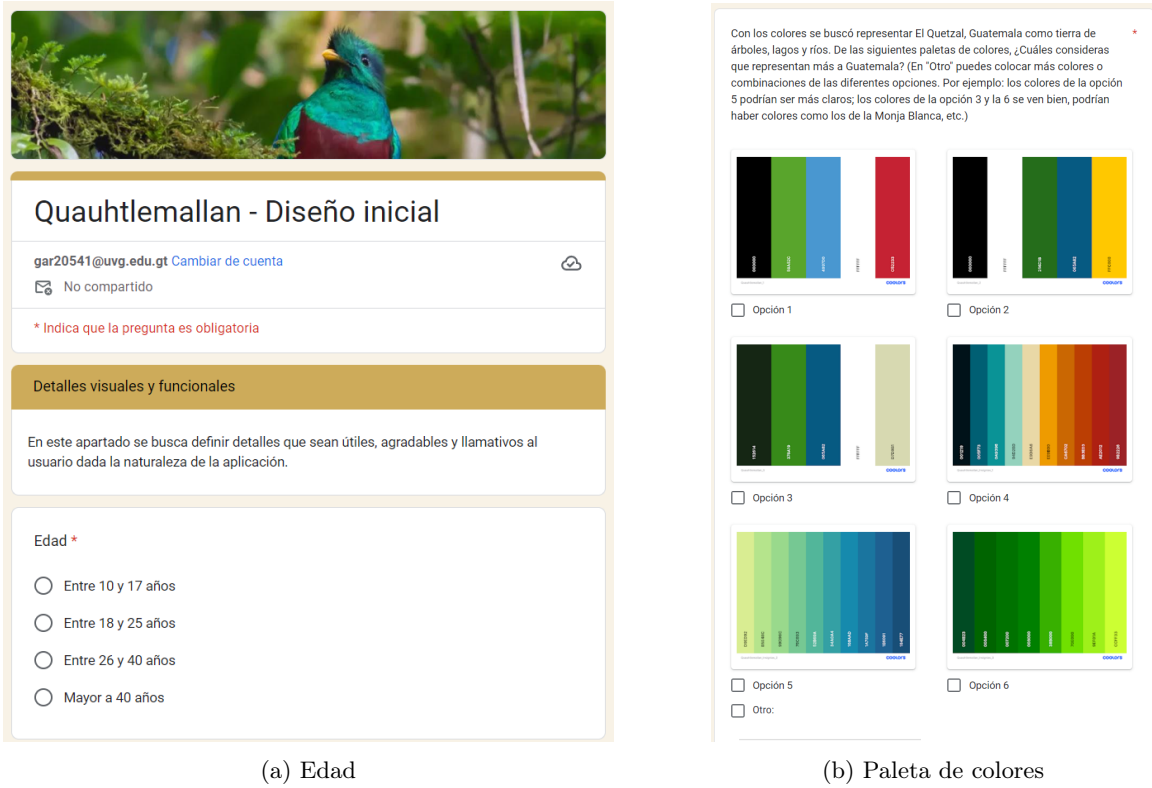
Link del prototipo: [QuauhtlemallanApp](#)

Aviso: No es indispensable que accedas al prototipo pero es un acercamiento muy grande a lo que se busca construir y al finalizar podrás compartir tu experiencia y comentarios al respecto. Es un diseño interactivo y todas las partes que poseen alguna acción se suelen resaltar en celeste si se toca en cualquier lado la pantalla, por si en dado caso no se comprende el flujo. Adicional a esto en la parte inferior del prototipo aparecen flechas como estas: < > para avanzar o retroceder a través de las pantallas disponibles sin orden específico.

(En la esquina superior derecha está la opción de pantalla completa para facilitar su uso. En teléfonos ayuda mucho ya que se adapta lo más posible a la pantalla)

(b) Explicación del prototipo

Figura 118: Introducción de encuesta para evaluar el prototipo inicial



(a) Edad

(b) Paleta de colores

Figura 119: Preguntas relacionadas a edad del encuestado y paleta de colores

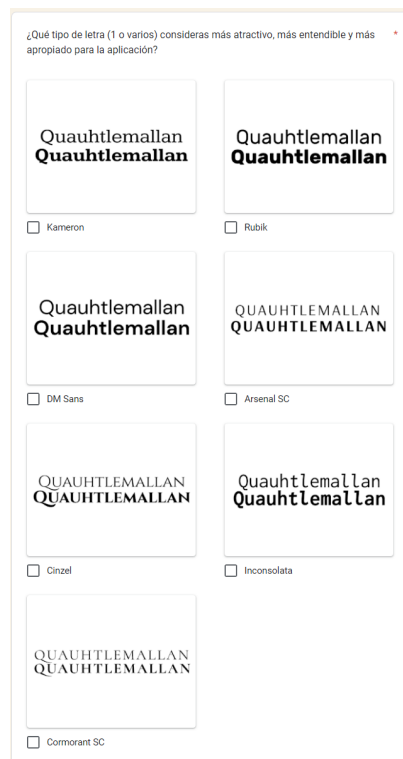
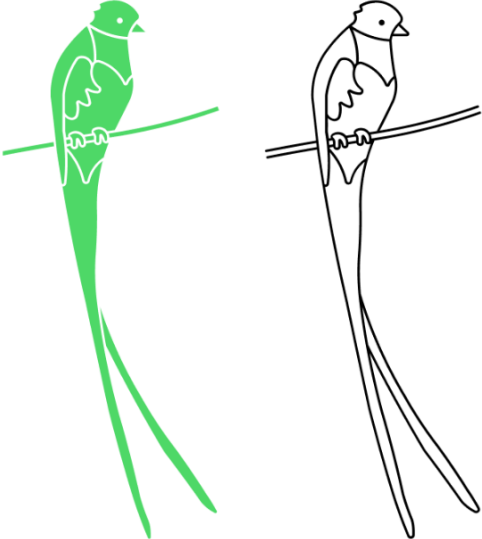


Figura 120: Pregunta sobre tipografía adecuada para la aplicación

¿Consideras que este logo es adecuado para la aplicación? *(El color del quetzal podrá variar)* *

(En "otro" puedes sugerir algún otro símbolo o icono que represente Guatemala, si consideras que no es el más adecuado)



Sí
 No
 Otro: _____

Figura 121: Pregunta sobre logo de la aplicación

¿Consideras que estos iconos son llamativos y representativos de sus pantallas? *(Kukul será una IA que responderá dudas de los diferentes temas y su nombre significa "Quetzal", nuestro símbolo patrio)* *

(En "otro" puedes sugerir algún otro tipo de iconos o mejoras a los actuales)




Progreso Kukul Inicio Juegos Perfil

Sí
 No
 Otro: _____


Figura 122: Pregunta sobre los iconos de la barra de navegación

¿La agrupación de insignias e iconos utilizados la consideras amigable, entendible y apropiada? *


(En "otro" puedes sugerir algún otro tipo de iconos o mejoras a los actuales u otras sugerencias)




Geografía




Cultura




Turismo



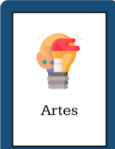
Idiomas




Gastronomía



Historia y Política



Artes




Deportes

Sí
 No
 Otro: _____


Figura 123: Preguntas relacionadas a las posibles categorías

Los juegos buscan ser retadores y que no consuman mucho tiempo para evitar perder la atención. ¿Consideras que estos 4 juegos cumplen esta función, y además son llamativos? *


(En "otro" puedes sugerir algún otro tipo de juego o mejoras a los actuales)




Pruebas contratiempo



Vos sabes qué hay en la imagen?



Casaca o no?



Pregunta diaria

Sí
 No
 Otro: _____

Figura 124: Preguntas relacionadas a los posibles juegos

Quauhtlemallan - Diseño inicial

gar20541@uvg.edu.gt [Cambiar de cuenta](#)

No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

Experiencia con el prototipo inicial

Del 1 al 10, ¿Qué tan amigable consideras la aplicación? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Poco amigable y confusa Muy amigable

Del 1 al 10, ¿Qué tan intuitiva y fácil de utilizar consideras la aplicación? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Muy complicada Fácil de utilizar

Del 1 al 10, ¿Qué tan atractiva consideras la aplicación? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

No es atractiva Sí es atractiva

Figura 125: Preguntas sobre experiencia de usuario con el prototipo

¿Hubo algún aspecto de la aplicación que te resultara especialmente agradable?

Tu respuesta _____

¿Hubo algún aspecto de la aplicación que te resultara especialmente desagradable?

Tu respuesta _____

¿Hubo algún momento en que te sentiste perdido/a o confundido/a al usar la aplicación?

Tu respuesta _____

¿Hay algún aspecto del diseño que cambiarías o mejorarías? ¿Qué sería?

Tu respuesta _____

¿Hay algo más que te gustaría comentar sobre tu experiencia con la aplicación?

Tu respuesta _____

Figura 126: Preguntas abiertas sobre experiencia de usuario con el prototipo

11.4. Encuesta 3: evaluación de aplicación



QUAUHTEMALLAN - APLICACIÓN MÓVIL

Hola! Mi nombre es Christopher García. Espero te encuentres bien.

Como proyecto de graduación en modalidad de trabajo profesional desarrollé una aplicación móvil educativa y gamificada sobre la Cultura y Geografía de Guatemala. Este formulario tiene como objetivo conocer la perspectiva de la aplicación, desde sus detalles hasta la funcionalidad. Si estás llenando este formulario significa que ya has instalado y probado la misma.

Consentimiento informado: Los datos que se proporcionen serán utilizados exclusivamente para fines académicos y no serán divulgados a terceros. La participación es completamente voluntaria, y puede retirarse en cualquier momento sin problema alguno. Todos los datos se manejarán de manera confidencial y anónima.

gar20541@uvg.edu.gt [Cambiar de cuenta](#)

 No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

¿Deseas continuar con la encuesta? *

Si

No

Figura 127: Introducción a encuesta sobre aplicación final (Consentimiento informado)



QUAUHTEMALLAN - APLICACIÓN MÓVIL

gar20541@uvg.edu.gt [Cambiar de cuenta](#) 

 No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

Quauhlemallan, origen del nombre Guatemala significa "Tierra de muchos árboles".

Mi proyecto consistió en el desarrollo de una aplicación educativa y gamificada para facilitar el aprendizaje de la geografía y cultura de Guatemala. Por esta razón desde el nombre hasta la temática, los colores y algunas palabras tienen relación directa con nuestro país.

(Gamificación: Técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo-profesional con el fin de conseguir mejores resultados *(Gamificación | Educativa, 2014)*).

Edad *

Entre 10 y 17 años

Entre 18 y 25 años

Entre 26 y 40 años

Mayor a 40 años

Figura 128: Explicación breve del proyecto y pregunta sobre edad

Detalles visuales

En este apartado se busca conocer la perspectiva visual de los detalles de la aplicación.

En general, ¿los colores utilizados guardan relación con la finalidad de la aplicación y representan a Guatemala? *

1 2 3 4 5

Es poco apropiada y representativa Muy apropiada


En general, ¿las tipografías utilizadas son entendibles y apropiadas para la aplicación? *

1 2 3 4 5

Son poco apropiadas y entendibles Muy entendibles y apropiadas

Figura 129: Apartado de detalles visuales de la aplicación

El logo anteriormente era solo el quetzal. Se agregaron detalles en el mismo, un calendario Maya y un libro para representar el aprendizaje. ¿Consideras que el logo tuvo una mejora y es más atractivo? *



QUAUHTEMALLAN

INICIAR SESIÓN

REGISTRO

Sí


No

Justifica tu respuesta si deseas explicar más al respecto (opcional)

Tu respuesta

Figura 130: Pregunta sobre logo final

Se buscó utilizar un mismo tipo de íconos en toda la aplicación. ¿Consideras que estos son entendibles y poseen colores que los hacen resaltar? *



1 2 3 4 5

No, deberían tener otro estilo Sí, son muy entendibles y llamativos

Justifica tu respuesta si deseas explicar más al respecto (opcional)

Tu respuesta

Figura 131: Pregunta sobre apariencia de íconos

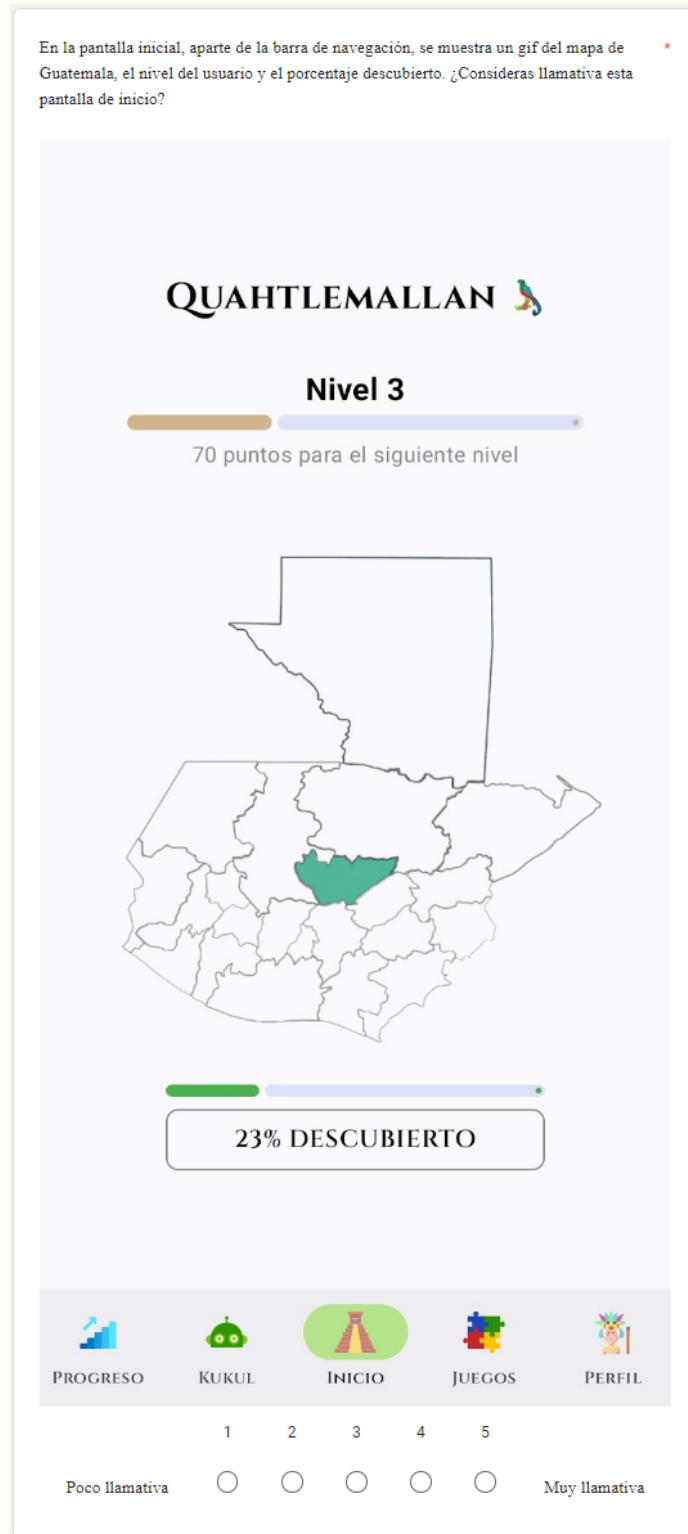
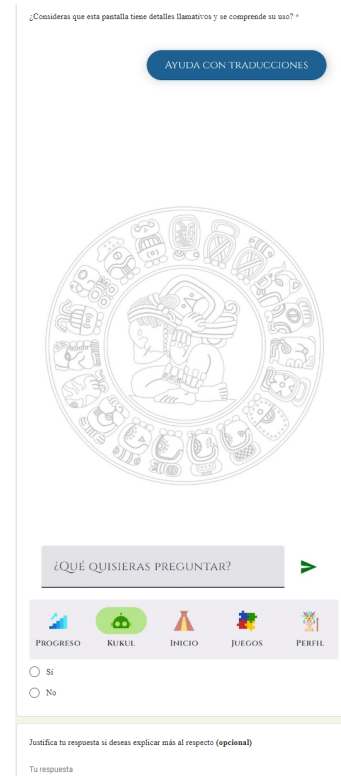


Figura 132: Home

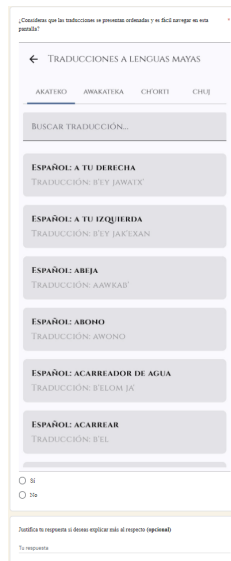


(a) Pantalla de insignias

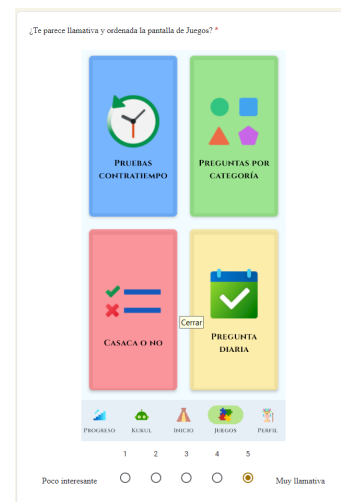


(b) Pantalla de Kukul

Figura 133: Preguntas sobre apariencia de pantalla de insignias y chatbot




(a) Pantalla de traducciones



(b) Pantalla de juegos

Figura 134: Preguntas sobre apariencia de pantalla de traducciones y juegos

¿Consideras que se refleja orden en las pantallas y es fácil comprender y utilizar las mismas durante los juegos? *



Sí
 No

Justifica tu respuesta si deseas explicar más al respecto (opcional)

Tu respuesta

Figura 135: Pregunta sobre apariencia de las pantallas de los juegos

En base a tu experiencia, ¿Qué tan llamativa se te hizo la aplicación? *

Poco llamativa 1 2 3 4 5 Muy llamativa

1 2 3 4 5


En base a tu experiencia, ¿Qué tan ordenada consideras que es la interfaz? *

Poco ordenada
 Neutral
 Ordenada


En base a tu experiencia, ¿Consideras que la interfaz gráfica te motiva a seguir aprendiendo? *


Sí
 No

Figura 136: Preguntas extra sobre experiencia con interfaz gráfica



QUAUHTLEMALLAN - APLICACIÓN MÓVIL

gar20541@uvg.edu.gt [Cambiar de cuenta](#) 

 No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

Detalles funcionales

En este apartado se busca conocer la perspectiva sobre las funcionalidades de la aplicación.

En base a tu experiencia, ¿Cómo calificarías las siguientes características funcionales? *
 (Selecciona una opción en cada columna)

	Insatisfecho	Poco satisfecho	Neutral	Satisfecho	Muy satisfecho
Amigable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fácil de usar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Útil (en temas de aprendizaje)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rápida	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ordenada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 137: Apartado de detalles funcionales

¿Consideras que la aplicación utiliza diversas formas de incentivar al usuario a aprender más? *

Si

No

¿Consideras que la tabla de clasificación, los niveles de usuario y el porcentaje descubierto incentivan a continuar aprendiendo? *

Si

No

En base a las categorías e insignias utilizadas, ¿Consideras que logran englobar la mayor parte de temas referentes a Cultura y Geografía de Guatemala? *

Si

No

¿En algún momento te llegaste a sentir perdido porque no entendías la interfaz, el juego o cómo debía utilizarse la aplicación? *

Si

No

Si tu respuesta fue si, puedes explicar más al respecto sobre la o las partes que resultaron confusas. (opcional)

Tu respuesta _____

(a) Temas y métodos

¿Consideras que los 4 juegos permiten aprender y al mismo tiempo son lo suficientemente cortos para no perder la atención? *

Si

No

¿Consideras que el tiempo y las preguntas definidas brindan suficiente desafío y conocimiento que incentiven a seguir jugando? *

Si

No

¿Consideras que el apartado de traducciones a Lenguas Mayas aporta valor a la aplicación? *

1 2 3 4 5

No es tan relevante Si aporta mucho valor

En general, ¿Qué tantos fallos presentó la aplicación durante su uso? *

1 2 3 4 5

Muchos fallos Ningún fallo

Si tuviste algún fallo puedes detallarlo. (opcional)

Tu respuesta _____

(b) Juegos y traducciones

Figura 138: Preguntas sobre utilidad de elementos de gamificación y educación implementados



QUAUHTEMALLAN - APLICACIÓN MÓVIL

gar20541@uvg.edu.gt [Cambiar de cuenta](#)

No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

Modelo de generación de texto

Kukul (nombre dado al Quetzal en un inicio por historias de su origen, según el libro "Birds of the Mayas" de Anne Labastille Bowes) es un modelo de generación de texto, basado en preguntas y respuestas. Su función es brindar un apoyo directo ante cualquier duda relacionada a los temas que se manejan dentro de la aplicación. El funcionamiento de este se resume en:

- Ingresar una pregunta/duda/consulta
- El modelo procesa la pregunta y evalúa el resultado más óptimo que responde la interrogante
- Se genera una cierta cantidad de "tokens" o palabras que respondan la pregunta
- Se presenta la respuesta en el chat

La respuesta puede variar acorde a la manera en que se pregunta porque se pueden dar diferentes significados.

Este apartado busca comprender la perspectiva que se tuvo sobre su funcionamiento y sugerir mejoras para futuras implementaciones.

Por la cantidad de datos utilizados para el entrenamiento (aproximadamente grupos de 2 mil a 15 mil datos) el modelo puede no ser del todo preciso y a veces generar más o menos información de la necesaria (ya que mientras más datos el modelo aprende mejor).

(a) Apartado de chatbot

¿Con qué frecuencia Kukul logra resolver tu duda? *

Nunca

Casi nunca

A veces

Casi siempre

Siempre

¿Con qué frecuencia, si escribías con alguna falta ortográfica o sin signos de puntuación Kukul logra resolver tu duda? *

Nunca

Casi nunca

A veces

Casi siempre

Siempre

¿Con qué frecuencia Kukul generaba más palabras de las necesarias para responder tus preguntas? *

Nunca

Casi nunca

A veces

Casi siempre

Siempre

(b) Exactitud de respuesta

Figura 139: Preguntas sobre eficiencia de chatbot en sus respuestas

¿Con qué frecuencia Kukul respondía de manera vaga o sin mucha explicación? *

Nunca

Casi nunca

A veces

Casi siempre

Siempre

¿Con qué frecuencia Kukul respondía con palabras y oraciones a medias? *

Nunca

Casi nunca

A veces

Casi siempre

Siempre

Si te pasó lo mencionado anteriormente, ¿Podrías colocar la o las preguntas realizadas para verificar el resultado y buscar mejoras al respecto? (Opcional)

Tu respuesta _____

¿Consideras que Kukul aporta valor a la aplicación y ayuda al aprendizaje? *

Sí

No

Figura 140: Preguntas sobre posibles fallos de chatbot en sus respuestas

Comparando la primera y segunda versión del modelo, ¿Consideras que tuvo una mejora en cuánto a sus respuestas? *

Es menos efectivo

Poca mejora

Ninguna mejora

Ligeramente mejor

Es más efectivo

Figura 141: Pregunta sobre comparación de modelos

Puntos finales

Agradezco el tiempo que te has tomado para llenar esta encuesta. La siguiente parte, exceptuando la última pregunta, es totalmente opcional.

Quiero resaltar que una vez se complete el proyecto **toda la información ingresada en la aplicación no se almacenará para otro uso, esta es únicamente para fines académicos.**

Si pudieras describir la aplicación con una palabra, ¿Cuál sería? **(Opcional)**

Tu respuesta _____

Si pudieras describir tu experiencia con la aplicación con una palabra, ¿Cuál sería? **(Opcional)**

Tu respuesta _____

Si encontraste algún fallo puedes dejarlo aquí **(Opcional)**

Tu respuesta _____

En cuanto a estética, ¿Hay alguna mejora que recomendarías? **(Opcional)**

Tu respuesta _____

Sugerencias o comentarios en general **(Opcional)**

Tu respuesta _____

¿Qué tan útil consideras que será la aplicación para usuarios de cualquier edad? *

1 2 3 4 5

Poco útil Muy útil

Figura 142: Preguntas opcionales para búsqueda de mejoras