



Desarrollo de una aplicación web para reconocimiento de lengua de señas sin movimiento usando inteligencia artificial.

Goyes Díaz, Anthony Mauricio y Solórzano Montero, Bryan Alfredo

Departamento de Ciencias de la Computación Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Tecnologías de la Información

Mgtr. Martínez Cepeda, Verónica Isabel

09 de marzo del 2024

Reporte de Verificación de Contenido



1. UIC_GoyesDiazAnthonyMauricio_S...

Scan details

Scan time: March 10th, 2024 at 3:57 UTC
Total Pages: 107
Total Words: 26665

Plagiarism Detection



AI Content Detection



Plagiarism Results: (11)

Introducción a node express 0.4%
<https://node.manjarr.es/>
Home manjarrés ...

Lanzan una plataforma de inteligencia artificial para enseñar Lengua de ... 0.2%
<https://periferia.com.ar/innovacion/lanzan-una-plataforma-de-inteligencia-artificial-para-ensenar-lengua-de-s...>
Periferia ...

El CUI lanza una plataforma de inteligencia artificial para enseñar Lengu... 0.2%
<https://grupolaprovincia.com/contenido/5147/el-cui-lanza-una-plataforma-de-inteligencia-artificial-para-ense...>
Buscar Argentina Política Legislativas Municipales D-Interés Deportes Mundo Ec...



.....
Mgtr. Martínez Cepeda, Verónica Isabel
Director



Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Desarrollo de una aplicación web para reconocimiento de lengua de señas sin movimiento usando inteligencia artificial.”** fue realizado por los señores **Goyes Díaz, Anthony Mauricio y Solórzano Montero, Bryan Alfredo**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Santo Domingo, 09 de marzo del 2024



.....
Mgtr. Martínez Cepeda, Verónica Isabel

C. C: 1715801583



Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Goyes Díaz, Anthony Mauricio** y **Solórzano Montero, Bryan Alfredo**, con cédulas de ciudadanía n° 2350751315 y 1720951456, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Desarrollo de una aplicación web para reconocimiento de lengua de señas sin movimiento usando inteligencia artificial** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo, 09 de marzo del 2024

Goyes Díaz, Anthony Mauricio

C.C.: 2350751315

Solórzano Montero, Bryan Alfredo

C.C.: 1720951456



Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información

Autorización de Publicación

Nosotros **Goyes Díaz, Anthony Mauricio** y **Solórzano Montero, Bryan Alfredo**, con cédulas de ciudadanía n° 2350751315 y 1720951456, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Desarrollo de una aplicación web para reconocimiento de lengua de señas sin movimiento usando inteligencia artificial** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo, 09 de marzo del 2024

Goyes Díaz, Anthony Mauricio

C.C.: 2350751315

Solórzano Montero, Bryan Alfredo

C.C.: 1720951456

DEDICATORIA

A mi amada familia, en especial a mi madre Janeth Díaz, cuyo apoyo incondicional y confianza han sido el cimiento de mi determinación para superar obstáculos y crecer en cada paso que doy. Tu fe en mí y la enseñanza durante mi crianza ha sido una fuerza motriz que me ha impulsado a superar desafíos y a crecer como persona.

A mi querida hermana Angelly Goyes, quiero expresar mi profundo agradecimiento por tu apoyo constante y confianza a lo largo de mi trayectoria. Esta dedicación es un pequeño reconocimiento a la importancia fundamental que tienes en mi vida. Te agradezco sinceramente por ser parte esencial de mi historia.

Y a mi amigo y compañero en el trabajo de Unidad de Integración Curricular, Bryan Solórzano, cuya amistad ha sido un regalo inestimable a lo largo de esta travesía. A cada uno de ustedes, les agradezco sinceramente por ser parte fundamental de esta historia y por confiar en mí.

Goyes Díaz, Anthony Mauricio

DEDICATORIA

A mi inquebrantable familia, en especial a mi madre Ana Montero que con su amor, optimismo y bendiciones me ha dado esa motivación para seguir adelante. De todos los desafíos que he podido salir bien librado han sido gracias a una actitud, compromiso y confianza que has forjado en mí desde muy pequeño, inculcando valores, respeto y sobre todo llevándome a conocer a Dios. Puede que no sea el mejor hijo, pero sin duda para mí tú eres la mejor mamá del mundo y me has demostrado que puedo seguir creciendo en mis tres dimensiones.

A mis dos queridas hermanas Lisbeth Solórzano y Elizabeth Solórzano les quiero agradecer por todo el apoyo y ánimos que me han dado desde que tengo memoria, las dos que ya pasaron por muchas etapas me han dado grandes enseñanzas. Y de igual manera agradecerles por los mejores momentos y alegrías que he podido vivir al lado de mis sobrinos Martín Zambrano y José Peralta, los cuales me hacían olvidar de todos los problemas y el tremendo estrés que en ocasiones cargaba. Un especial abrazo para mi cuñado José Zambrano que me dio buenos consejos y comprensión en mis momentos de más dificultad.

A mi padre Colon Solórzano quien dio su promesa de que a sus tres hijos los apoyaría incondicionalmente a terminar una carrera universitaria, con el objetivo de que nosotros tres podamos forjar de mejor forma nuestros futuros, el ser más independientes, inteligentes y racionales en cualquier momento. Está muy pronto de cumplir su promesa, pero de igual forma mientras más pasa el tiempo su entrega, sacrificio y fuerzas crecen si se trata de sacar adelante a su familia.

Y a mi amigo y compañero en el trabajo de Unidad de Integración Curricular, Anthony Goyes, cuya amistad ha sido de las pocas cosas estimables en esta travesía. A cada uno de ustedes, les agradezco sinceramente por ser parte de esta historia, de mi vida y sobre todo por confiar en mí.

Solórzano Montero, Brayan Alfredo

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todos aquellos que han contribuido de manera significativa en la realización de nuestro trabajo de UIC. A nuestra estimada tutora, Mgtr. Verónica Martínez, agradecemos su orientación experta, apoyo constante a lo largo de este proceso académico y por confiar en nuestra capacidad para llevar a cabo este proyecto. A los dedicados docentes que compartieron su conocimiento y experiencia, les estamos profundamente agradecidos por enriquecer nuestro aprendizaje. En particular, extendemos nuestro agradecimiento a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Santo Domingo, cuyo respaldo y recursos fueron fundamentales para hacer posible la realización de este proyecto. Su contribución ha dejado una huella imborrable en nuestro camino académico, y por eso, les expresamos nuestro más sincero agradecimiento.

Goyes Anthony y Solórzano Bryan

TABLA DE CONTENIDO

Dedicatoria	I
Agradecimiento	III
Resumen	1
Abstract	2
I. Capítulo I: Descripción del proyecto	3
A. Introducción	3
B. Antecedentes	4
C. Justificación	5
D. Alcance	6
E. Objetivos	7
1. Objetivo General	7
2. Objetivos Específicos	7
II. Capítulo II: Marco Teórico	8
A. Estado del Arte	8
1. Somoseldes	8
2. Spread The Sign	8
3. Sign for Deaf	8
4. Sign Speak	9
5. Comparativa de Aplicaciones Relacionadas	9
B. Discapacidad Auditiva	10
1. Discapacidad Auditiva en Ecuador	10
C. Lengua de Señas	12
1. Lengua de Señas Ecuatoriana	12
D. Metodología de Diseño de Experiencia de Usuario	13
1. Design Thinking	13
E. Metodología de Desarrollo de Software	14
1. Metodologías Ágiles	15
F. Kanban	16
1. Fundamentos de Kanban	16

2.	Estructura del Equipo de Trabajo en Kanban	17
3.	Parámetros de Evaluación en Kanban	17
G.	Inteligencia Artificial	18
1.	Machine Learning	19
2.	Deep Learning	19
3.	Modelos de Inteligencia Artificial	20
4.	Herramientas de Inteligencia Artificial	26
H.	Tecnologías Frontend	27
1.	React	27
2.	Next.js	28
3.	Node.js	28
4.	Zustand	28
5.	NextAuth.js	29
6.	TypeScript	29
7.	JavaScript	29
8.	Tailwind CSS	30
I.	Tecnologías Backend	30
1.	Python	30
2.	FastApi	31
3.	Nodemailer	31
4.	PostgreSQL	31
5.	Debian	32
J.	Servicios de Autenticación	32
1.	Autenticación con Google	32
2.	Autenticación con GitHub	32
K.	Plataformas de Colaboración	33
1.	Figma	33
2.	GitHub	33
III.	Capítulo III: Metodología	34
A.	Perspectiva Metodológica	34
B.	Metodología Design Thinking	34

1.	Empatizar con el Usuario	34
2.	Definir el Problema	35
3.	Idear	36
4.	Prototipar	37
C.	Análisis de Requerimientos	41
1.	Requerimientos Funcionales	41
2.	Requerimientos No Funcionales	42
D.	Metodología Kanban	43
1.	Asignación de Responsabilidades	44
2.	Tarjetas Visuales	44
3.	Backlog	46
4.	Tablero	47
5.	Métricas	48
IV.	Capítulo IV: Caso de Estudio	51
A.	Arquitectura	51
B.	Diseño y Operatividad de Interfaces de Usuario	52
1.	Sitio Web Informativo	52
2.	Navegación	53
3.	Diseño	54
4.	Registro	54
5.	Contenido del Correo de Verificación	55
6.	Verificación	55
7.	Inicio de Sesión	56
8.	Módulo de Aprendizaje	56
9.	Módulo de Lecciones	58
10.	Módulo de Retos	59
11.	Retos Personalizados	60
12.	Módulo de la Tabla de Clasificación	61
13.	Perfil Personalizable	62
C.	Diseño y Operatividad de la Base de Datos	62
1.	Diagrama de Base de Datos	62

D.	Análisis de Resultados	63
1.	Retroalimentación de Usuarios Expertos	63
2.	Análisis de Resultados Obtenidos	64
3.	Criterios de Aceptación	67
4.	Pruebas y Análisis de Expertos	68
5.	Pruebas de Rendimiento	74
6.	Corrección y Mejoras	76
7.	Análisis de Resultados Consolidado	79
E.	Trabajos Futuros	85
V.	Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones	88
A.	Conclusiones	88
B.	Recomendaciones	89
VI.	Referencias Bibliográficas	91

LISTA DE TABLAS

TABLA I COMPARATIVA DE APLICACIONES RELACIONADAS.....	10
TABLA II COMPARATIVA DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES.....	16
TABLA III FUNCIONES DE ACTIVACIÓN EN MODELOS CLASIFICATORIOS	24
TABLA IV COMPARATIVA DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	27
TABLA V MÓDULOS DEL APLICATIVO WEB	35
TABLA VI REQUISITOS FUNCIONALES	42
TABLA VII REQUISITOS NO FUNCIONALES	43
TABLA VIII ROLES ASIGNADOS AL EQUIPO DE DESARROLLO	44
TABLA IX TARJETAS KANBAN.....	45
TABLA X MÉTRICAS KANBAN	48
TABLA XI INFORMACIÓN DE LOS USUARIOS EXPERTOS	64
TABLA XII INFORMACIÓN DE LOS USUARIOS CON PERFIL DE USUARIOS	64
TABLA XIII RESULTADOS DE LA PÁGINA WEB	65
TABLA XIV RESULTADOS DEL MÓDULO DE AUTENTICACIÓN	65
TABLA XV RESULTADOS DEL MÓDULO DE APRENDIZAJE.....	65
TABLA XVI RESULTADOS DEL MÓDULO DE LECCIONES	66
TABLA XVII RESULTADOS DEL MÓDULO DE RETOS	66
TABLA XVIII RESULTADOS DEL MÓDULO DE LA TABLA DE CLASIFICACIÓN.....	66
TABLA XIX RESULTADOS DEL MÓDULO PERFIL DE USUARIO.....	67
TABLA XX RESULTADOS GENERALES	67
TABLA XXI CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	68
TABLA XXII PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN LA PÁGINA WEB	69
TABLA XXIII PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL REGISTRO DE USUARIO.....	69
TABLA XXIV PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN LA VERIFICACIÓN DE CUENTA	69
TABLA XXV PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL RESTABLECIMIENTO DE CONTRASEÑA	70
TABLA XXVI PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL INICIO DE SESIÓN	70
TABLA XXVII PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO DE APRENDIZAJE	

.....	70
TABLA XXVIII PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO DE APRENDIZAJE	
.....	71
TABLA XXIX PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO DE LECCIONES	71
TABLA XXX PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO DE LECCIONES	
INTERNO	72
TABLA XXXI PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO CON EL COMPONENTE DE LA	
CÁMARA	72
TABLA XXXII PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO TABLA DE	
CLASIFICACIÓN	73
TABLA XXXIII PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO DE RETOS	73
TABLA XXXIV PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO DE RETOS	
INTERNO	74
TABLA XXXV PRUEBA CON EL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO PERFIL DE	
USUARIO	74
TABLA XXXVI RESULTADOS CONSOLIDADOS DE LA PÁGINA WEB	80
TABLA XXXVII RESULTADOS CONSOLIDADOS DEL MÓDULO DE AUTENTICACIÓN	
.....	81
TABLA XXXVIII RESULTADOS CONSOLIDADOS DEL MÓDULO DE APRENDIZAJE..	81
TABLA XXXIX RESULTADOS CONSOLIDADOS DEL MÓDULO DE LECCIONES	82
TABLA XL RESULTADOS CONSOLIDADOS DEL MÓDULO DE RETOS	82
TABLA XLI RESULTADOS CONSOLIDADOS DEL MÓDULO DE LA TABLA DE	
CLASIFICACIÓN	83
TABLA XLII RESULTADOS CONSOLIDADOS DEL MÓDULO PERFIL DE USUARIO....	83
TABLA XLIII RESULTADOS CONSOLIDADOS GENERALES	84

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Estadística de las personas con discapacidad en Ecuador.....	11
Fig. 2. Estadística de personas con discapacidad en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador ..	11
Fig. 3. Principales campos de la Inteligencia Artificial	18
Fig. 4. Estructura de una red neuronal convolucional.....	20
Fig. 5. Simetría en la capa convolucional	21
Fig. 6. Capa de agrupación con método de Max Pooling	22
Fig. 7. Funcionamiento de la capa dropout para eliminar neuronas.....	23
Fig. 8. Estructura la red neuronal convolucional con 16 capas (VGG 16).....	24
Fig. 9. Puntos de referencia usado por MediaPipe en el reconcomiendo de manos	26
Fig. 10. Prototipo de la página informativa.....	38
Fig. 11. Prototipo de inicio de sesión y registro de usuario	38
Fig. 12. Prototipo del módulo de aprendizaje	39
Fig. 13. Prototipo del módulo de aprendizaje interno.	39
Fig. 14. Prototipo del módulo de lecciones.....	40
Fig. 15. Prototipo del módulo de retos	40
Fig. 16. Prototipo del módulo de clasificación.....	41
Fig. 17. Tareas asignadas usando el artefacto backlog.....	47
Fig. 18. Tablero Kanban con las actividades asignadas	47
Fig. 19. Métricas de Kanban	50
Fig. 20. Arquitectura del aplicativo.....	51
Fig. 21. Herramienta y tecnologías	52
Fig. 22. Interfaz de la página web informativa.....	53
Fig. 23. Componente de navegación	53
Fig. 24. Lienzo del aplicativo web	54
Fig. 25. Interfaz de registro de usuario.....	54
Fig. 26. Contenido del correo de verificación	55
Fig. 27. Interfaz del proceso de verificación	56
Fig. 28. Interfaz de inicio de sesión.....	56
Fig. 29. Interfaz del módulo de aprendizaje.....	57

Fig. 30. Interfaz del módulo de aprendizaje interno	57
Fig. 31. Interfaz del módulo de lecciones	58
Fig. 32. Interfaz del módulo de lecciones individuales.....	59
Fig. 33. Interfaz del módulo de retos.....	59
Fig. 34. Interfaz del módulo de retos individuales	60
Fig. 35. Interfaz de retos personalizados.....	61
Fig. 36. Interfaz del módulo de la tabla de clasificación.....	61
Fig. 37. Interfaz del módulo perfil de usuario	62
Fig. 38. Esquema de la base de datos	63
Fig. 39. Rendimiento del servidor backend SoGo Sign	75
Fig. 40. Puntos finales en la prueba de rendimiento	75
Fig. 41. Rendimiento del modelo de clasificación	85

RESUMEN

En la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, de 11.767 personas con discapacidad, el 10,48%, lo equivalente a 1.233 individuos, presenta discapacidad auditiva, siendo la población objetivo. Además, se identificó una población indirecta beneficiada de 3.699 personas para la aplicación web SoGo Sign. La aplicación, basada en inteligencia artificial y aprendizaje profundo, implementa el modelo clasificatorio de MediaPipe sobre la estructura de redes neuronales convolucionales (CNN), incluyendo VGG16 de dieciséis capas y ResNet50 de cincuenta capas. En la metodología, Design Thinking se aplicó en la fase de planificación y diseño para la especificación de requerimientos mediante Focus Group, y Kanban se implementó durante el desarrollo para gestionar tareas y abordar posibles retrasos. En el entrenamiento, el modelo de MediaPipe logró una precisión del 97,52% para números y 91,14% para el abecedario. Las pruebas de clasificación de los modelos, en un entorno de producción, alcanzaron un 90% para los números y 87,92% para las letras. Las encuestas de satisfacción del usuario reflejan valores de “Bueno” con tendencia a “Excelente” en escala Likert para criterios como contenido, diseño, estructura, clasificación del modelo y seguridad. Las pruebas de rendimiento de la aplicación SoGo Sign demostraron la capacidad de manejar 3.000 peticiones, con un procesamiento de 33,09 peticiones por segundo, un tiempo de respuesta promedio de 231 milisegundos y una tasa de error del 0%. Estos resultados respaldan la viabilidad de una segunda versión del aplicativo, incorporando lengua de señas con movimiento con procesamiento de video en tiempo real, y enfoque gamificado.

Palabras clave — Lengua de Señas Ecuatoriana, Inteligencia Artificial, Aplicación Web Inclusiva, Kanban, Design Thinking.

ABSTRACT

In the province of Santo Domingo de los Tsáchilas, out of 11.767 people with disabilities, 10,48%, equivalent to 1.233 individuals, are hearing impaired, being the target population. In addition, an indirect beneficiary population of 3.699 people was identified for the SoGo Sign web application. The application, based on artificial intelligence and deep learning, implements the MediaPipe classifier model on the convolutional neural network (CNN) structure, including sixteen-layer VGG16 and fifty-layer ResNet50. In the methodology, Design Thinking was applied in the planning and design phase for requirements specification using Focus Group, and Kanban was implemented during development to manage tasks and address possible delays. In training, the MediaPipe model achieved 97,52% accuracy for numbers and 91,14% accuracy for the alphabet. Model rating tests, in a production environment, reached 90% for numbers and 87,92% for letters. User satisfaction surveys reflect values of "Good" with a tendency to "Excellent" on a Likert scale for criteria such as content, design, structure, predictability and security. Performance testing of the SoGo Sign application demonstrated the ability to handle three thousand requests, with a processing of 33,09 requests per second, an average response time of 231 milliseconds and an error rate of 0%. These results support the feasibility of a second version of the application, incorporating motion sign language with real-time video processing and a gamified approach.

Keywords — Ecuadorian sign language, inclusion, artificial intelligence, web application, agile methodology.

I. CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

A. Introducción

La lengua de señas se presenta como un lenguaje sin el uso de la voz, convirtiéndose en una forma de comunicación vital para la comunidad sorda. Más allá de simplemente facilitar la participación social e impulsar la inclusión, fomenta la independencia y respeta los derechos y responsabilidades individuales. No obstante, también se establece como una herramienta invaluable que enriquece la cognición de niños, niñas y adolescentes, permitiéndoles expresar sus emociones de manera satisfactoria, según lo señalado por [1].

A pesar de la vital importancia de la lengua de señas, las instituciones dedicadas a su enseñanza, así como aquellas que interactúan con personas con discapacidad auditiva, se enfrentan a desafíos tecnológicos y limitaciones de capacidad. Este panorama cobra especial relevancia en Ecuador, donde, según datos de [2], el 2,6% de la población total presenta algún tipo de discapacidad, resultado en aproximadamente 480.776, donde el 12,93% de ese grupo está conformado por personas con discapacidad auditiva [3].

Ante estas circunstancias, se destaca la evolución tecnológica que ha permitido el desarrollo de dispositivos electrónicos y tecnologías asistivas (TA), facilitando la participación de personas con discapacidad auditiva en actividades cotidianas [4]. Convirtiéndose así en una herramienta clave para mejorar la comunicación y la integración de la lengua de señas ecuatoriana en la sociedad. Esta evolución tecnológica se refleja también en el ámbito educativo, donde se buscan estrategias de aprendizaje inclusivas y digitales que respeten las necesidades individuales de los estudiantes. En este sentido, la implementación de soluciones tecnológicas emerge como una vía prometedora para superar barreras y fomentar una comunicación más efectiva e inclusiva.

Con la finalidad de mejorar la comunicación y accesibilidad para las personas con discapacidad auditiva se ha planteado la implementación de la aplicación web Sogo Sign para el aprendizaje de lengua de señas ecuatoriana. Con la adopción de dos metodologías conjuntas; Design Thinking para la fase de planificación y diseño, con la finalidad de mejorar la experiencia del usuario final; y Kanban para el desarrollo de software.

El problema identificado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo relacionado con la enseñanza de la lengua de señas y la comunicación inclusiva para personas con discapacidad auditiva se presenta en el Capítulo I. El Capítulo II presenta el marco teórico abordado para el trabajo de integración curricular, haciendo mención sobre la enseñanza de la lengua de señas ecuatoriana, la inclusión de personas con discapacidad auditiva en entornos educativos, la aplicación de inteligencia artificial en la clasificación y aprendizaje de la lengua de señas. En el Capítulo III, se adopta la metodología Design Thinking para la fase de planificación y diseño del proyecto, centrado en la mejora de experiencia de usuario con gran accesibilidad mediante pruebas de calidad retroalimentativas. Además, se hace presente la herramienta en línea Jira utilizada para la gestión colaborativa de la metodología Kanban implementada en la fase de desarrollo. El Capítulo IV presenta las pruebas aceptación del aplicativo web por parte del usuario final y pruebas de rendimiento utilizadas para conocer las limitaciones o potencial de la solución generada en base a criterios de aceptación. Finalmente, en el Capítulo V, se presentan las conclusiones y recomendaciones basadas en los hallazgos y experiencias acumuladas durante todo el proceso, apuntando a mejorar la aplicación y su impacto en la enseñanza de la lengua de señas ecuatoriana.

B. Antecedentes

Actualmente, un estudiante con discapacidad auditiva de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo, cursa sexto y séptimo semestre del presente año 2024, en la carrera de Ingeniería en Tecnologías, siendo identificada como una necesidad crucial. Siendo el único estudiante con discapacidad auditiva certificada, ha tenido que superar diversas barreras sociales y académicas, viéndose en la necesidad de repetir materias en su trayectoria. Además, se ha visto limitado en la comunicación efectiva debido a que solo un reducido número de estudiantes conoce la lengua de señas ecuatoriana. Lo que ha impulsado la iniciativa de crear actividades inclusivas en el entorno académico, promoviendo la importancia de implementar medidas que fomenten la inclusión y garanticen igualdad de oportunidades para todos los estudiantes en el ámbito académico.

La aplicación móvil ESPE-Chat, diseñada para atender a personas con discapacidades auditivas, como se menciona en el estudio de [5], actualmente facilita la traducción bidireccional

de mensajes de texto a audio y viceversa. Sin embargo, tras un análisis detallado de las necesidades y desafíos específicos de la comunidad académica, se identificó que la aplicación presenta limitaciones importantes al no incorporar tecnologías emergentes como lo es la inteligencia artificial. Actualmente, ESPE-Chat carece de la capacidad de enseñar la lengua de señas de manera interactiva al no poder verificar correctamente la seña realizada por parte del usuario.

Con la necesidad específica identificada, se propone el desarrollo de un aplicativo web adaptativo e innovador, que integre inteligencia artificial para facilitar el aprendizaje de la lengua de señas ecuatoriana con retroalimentación inmediata. Teniendo el potencial de permitir a los usuarios, no solo aprender de manera didáctica la lengua de señas ecuatoriana, sino también recibir una educación inclusiva y adaptada a sus necesidades específicas. Este enfoque innovador no sólo abre nuevas oportunidades para la inclusión en el ámbito educativo, sino que también contribuye a la construcción de un entorno académico diverso, equitativo y accesible para toda la comunidad universitaria.

C. Justificación

El proyecto surge ante la necesidad de brindar apoyo en el proceso enseñanza aprendizaje, para un estudiante sordo que cursa la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo, el cual cuenta con un intérprete de lengua de señas para sus clases. Al cursar los periodos académicos los compañeros y docentes no conocen la lengua de señas, por lo que en el proyecto social “Alistamiento digital inclusivo para las parroquias rurales y urbano marginales de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas”, del departamento de Ciencias de la Computación de la ESPE, se ha trabajado en el desarrollo de una aplicación móvil llamada ESPE-Chat, en la actualidad con el uso de la inteligencia artificial (IA) se desarrollará una aplicación web, que busca brindar un medio por el cual las personas puedan incitar a aprender y evaluar el aprendizaje de lenguaje de señas, el aplicativo por el momento contará con lecciones básicas como son las vocales, el abecedario y números finitos (del 0 al 9), todos las lecciones siguen un flujo muy parecido al que tiene una herramienta de aprendizaje para el idioma inglés Duolingo, en el cual se tratará de contar con animaciones, acceso a cámaras, imágenes y etapas de comprobación para conocer si el usuario está haciendo las señas de manos correctas considerando la lengua de señas ecuatoriana, donde el objetivo será que las personas

oyentes puedan comunicarse por lo menos con el deletreo.

Es común observar cómo las personas oyentes tienen dificultades para interactuar con personas no oyentes debido a la falta de habilidades para comunicarse y desconocimiento de la lengua de señas. Muchos intentan aprender lo básico de la lengua de señas, pero se encuentran con el obstáculo como recursos desactualizados o no adaptados para la lengua de señas ecuatoriana, suscripción pagada, o herramientas poco atractivas en la metodología de enseñanza. La plataforma, inspirada en aplicaciones de aprendizaje, busca cautivar a más usuarios ofreciendo una experiencia interactiva y atractiva usando inteligencia artificial para facilitar el aprendizaje de la lengua de señas.

La relevancia de aprender lengua de señas se acentúa al convivir con personas no oyentes, ya que el dominio de esta forma de comunicación no solo simplifica la interacción cotidiana, sino que también robustece los vínculos afectivos, contribuyendo a la edificación de un entorno más inclusivo y comprensivo. En este marco, la aplicación propuesta no solo se orienta a abordar las necesidades académicas, sino que busca, de manera fundamental, fomentar una conexión más profunda y significativa entre individuos, independientemente de la presencia o ausencia de discapacidad auditiva. Este enfoque refleja el compromiso con la construcción de una sociedad más empática y cohesionada, donde la comunicación se establece como un puente que une a las personas, independientemente de sus capacidades auditivas.

D. Alcance

En el marco de este proyecto, se llevará a cabo la implementación de una aplicación destinada al aprendizaje de la lengua de señas ecuatoriana. Esta iniciativa se integrará en la infraestructura tecnológica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sede Santo Domingo. Los usuarios tendrán la posibilidad de acceder a la aplicación desde cualquier dispositivo con conexión a Internet. Cabe destacar que la página web fue diseñada con un enfoque específico para esta plataforma, aunque su adaptabilidad a dispositivos más pequeños está respaldada por su diseño adaptativo.

Una vez en el dominio de la aplicación, los usuarios podrán registrar sus cuentas, verificando su identidad a través del correo electrónico, para luego iniciar sesión en la plataforma. Desde el primer momento, dentro de la aplicación, el usuario tendrá acceso total a todas las

funciones y material de aprendizaje que brinda el aplicativo web Sogo Sign. Este enfoque no solo fomenta el aprendizaje interactivo, sino que también permite a los usuarios establecer récords personales y obtener estadísticas de desempeño que reflejen su progreso en el dominio de la lengua de señas ecuatoriana. La finalidad que busca el aplicativo web es ser usado por dispositivos móviles sin interrupción, con interfaces intuitivas y una experiencia de usuario de calidad.

E. Objetivos

1. Objetivo General

Desarrollar una aplicación web para reconocimiento de lengua de señas sin movimiento usando inteligencia artificial.

2. Objetivos Específicos

- Determinar la metodología ágil para el desarrollo.
- Determinar los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación.
- Determinar la arquitectura, tecnologías y herramientas de desarrollo web.
- Realizar el diseño, desarrollo, implementación y pruebas.

II. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

A. Estado del Arte

1. Somoseldes

El Centro Universitario de Idiomas (CUI) de la Universidad de Buenos Aires ha lanzado una innovadora plataforma de inteligencia artificial, denominada "Eldes LSA", que marca un hito histórico en la enseñanza de la Lengua de Señas Argentina (LSA) [6]. Desarrollada en colaboración con Eldes (Enseñanza de Lengua de Señas), esta plataforma utiliza tecnología avanzada para permitir a los usuarios aprender de manera autoadministrada e interactiva. La detección de movimientos de manos y rostro brinda retroalimentación inmediata. La plataforma no solo elimina barreras geográficas y horarias, sino que también aborda la falta de conocimiento general de la lengua de señas, contribuyendo así a la inclusión y visibilidad de las personas con discapacidad auditiva [7].

2. Spread The Sign

Es una iniciativa del Centro Europeo de Lenguas de Signos (ESLC), es un proyecto que se propone crear y definir el vocabulario básico en las lenguas de signos relacionadas con la carpintería y la hostelería. La plataforma, que surgió como un proyecto internacional de la Unión Europea en 2012, recopila signos de diversas lenguas de signos de todo el mundo y cuenta con más de 400.000 signos documentados [8]. Proporciona un diccionario online que abarca una amplia gama de lenguas de signos, desde la americana y la inglesa hasta la española, rusa, japonesa y muchas más [9].

3. Sign for Deaf

El "Sistema de Traductor de Lengua de Señas con Soporte de Inteligencia Artificial" presentado por Sign for Deaf representa una innovadora respuesta a los desafíos de comunicación enfrentados por personas con discapacidades auditivas. Desde su inicio en 2019, este proyecto se ha centrado en utilizar la inteligencia artificial para mejorar la accesibilidad y la calidad de vida de

aquellos que enfrentan dificultades en la comprensión lectora o son analfabetos. A través de herramientas como el plugin web de lengua de señas, que traduce instantáneamente el contenido de un sitio web a lengua de señas, el plugin de video que integra subtítulos traducidos en tiempo real y, destacando, el Sistema de Comunicación de Doble Sentido permite la traducción de texto a lengua de señas y la traducción en tiempo real de la lengua de señas a texto o voz [10].

4. Sign Speak

La emprendedora latina Yamillet Payano ha liderado la creación de la aplicación Sign Speak [11]; una innovadora plataforma respaldada por inteligencia artificial (IA) que tiene el potencial de transformar la comunicación para personas sordas o con dificultades auditivas. Esta aplicación, desarrollada junto a sus socios Nicholas Wilkins y Nikolas Kelly, utiliza la cámara de la computadora o del teléfono para detectar el lenguaje de señas, traduciendo instantáneamente a voz y texto, y viceversa. La iniciativa surge de la preocupación por la falta de intérpretes en Estados Unidos y otros países [12].

5. Comparativa de Aplicaciones Relacionadas

En la **TABLA I** se plantea una comparación de las cuatro soluciones para la comunicación de personas sordas o con dificultades auditivas. Las soluciones se diferencian en cuanto a sus funciones y características. Aunque todas las soluciones admiten múltiples lenguas de señas, la lengua de señas ecuatoriana no está disponible. SoGo Sign destaca por ser la única plataforma de aprendizaje de lengua de señas ecuatoriana con inteligencia artificial.

TABLA I
COMPARATIVA DE APLICACIONES RELACIONADAS

Características	Sign-Speak	Sign for Deaf	Spread The Sign	Somoseldes	SoGo Sign
Traducir de lenguaje de señas a texto	✓	✓	✗	✓	✓
Aprender lenguaje de señas.	✗	✗	✓	✓	✓
Retroalimentar de manera inmediata.	✗	✓	✗	✓	✓
Clasificar usando LSE.	✗	✗	✗	✗	✓
Acceder a múltiples lenguas de señas.	✓	✓	✓	✓	✗
Ser gratuita.	✗	✗	✓	✗	✓
Ser fácil de usar.	✓	✓	✓	✓	✓

B. Discapacidad Auditiva

Según [13], de una población mundial de 8.076 millones [14], más de 430 millones de personas, padecen pérdida de audición. Este grupo incluye 432 millones de adultos y 32 millones de niños. Esta condición, definida por una disminución de más de 35 decibelios en el oído con mejor capacidad auditiva, afecta alrededor del 80% de los afectados en países de ingresos bajos y medianos.

Aquellos individuos con discapacidad auditiva de grado moderado a profundo, adquirida de forma peri o prelocutiva, tienden a autodenominarse "Sordos", identificándose como miembros de un mundo con su propio lenguaje, cultura, valores y costumbres [15]. Es crucial enfatizar que se utiliza como un estigma genérico que abarca cualquier disminución (hipoacusia) o pérdida (sordera) en el funcionamiento del sistema auditivo [16]. En la actualidad, la discapacidad no se percibe como una inhabilidad, sino más bien como una diferencia que requiere ajustes para atender las necesidades específicas de quienes la experimentan [17].

1. Discapacidad Auditiva en Ecuador

En Ecuador, según los datos proporcionados por [2], la población total a nivel nacional se sitúa en 18.596 millones de personas [18]. De este total, 480.776 individuos (equivalente al 2,6%)

presentan algún tipo de discapacidad. Dentro de este grupo, se identifica que 62.155 de ellas tienen discapacidad auditiva, representando el 12,93% de la población con discapacidad en el país. La información estadística está presente en la **Fig. 1**.

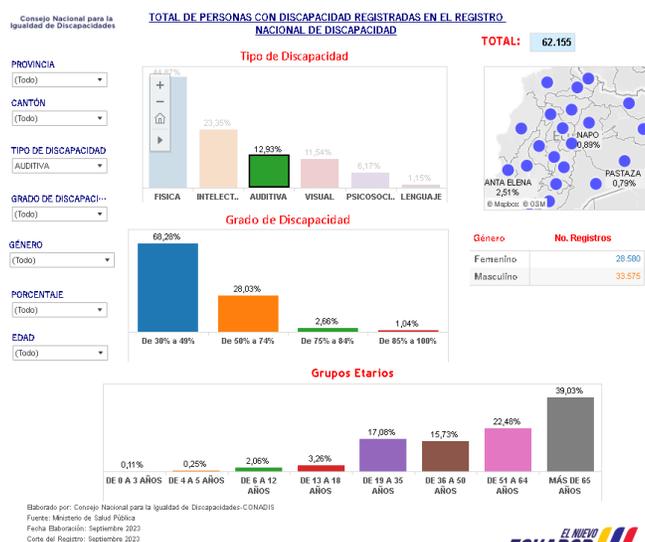


Fig. 1. Estadística de las personas con discapacidad en Ecuador [19]

En [20] se menciona que según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas cuenta con una población total de 492.969 habitantes, de las cual 11.767 personas tienen algún tipo de discapacidad, lo que equivale al 2,38% de la población total de la provincia. Dentro de este grupo, la prevalencia de discapacidad auditiva alcanza el 10,48%, lo que representa a 1.233 personas en la provincia. La información estadística está presente en la **Fig. 2**.

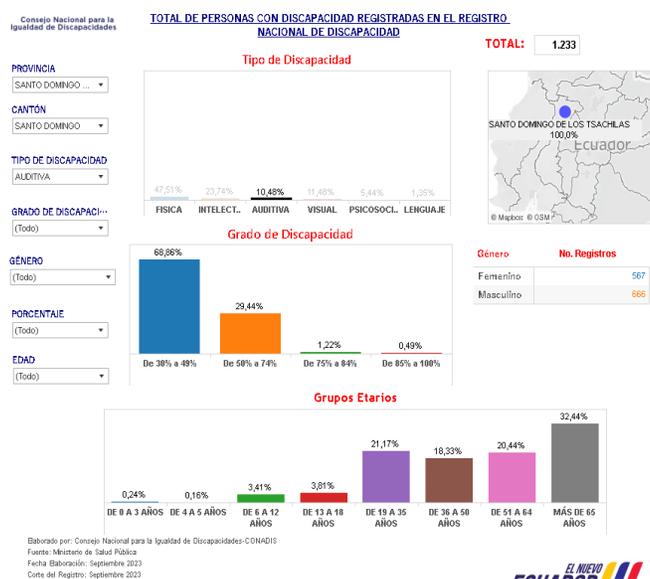


Fig. 2. Estadística de personas con discapacidad en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador [19]

La discapacidad auditiva conlleva consecuencias significativas en la vida diaria, afectando áreas como la comunicación, interacción social, aprendizaje y desarrollo personal. Aquellas personas que la experimentan enfrentan desafíos para su participación plena en la sociedad ecuatoriana, derivados de la falta de accesibilidad, discriminación y limitadas oportunidades, ya que el entorno social y físico no siempre se adapta a sus necesidades. En conjunto con la falta de intérpretes de lengua de señas en el Ecuador dificulta la comunicación efectiva y la participación íntegra [21].

C. Lengua de Señas

Las lenguas de señas constituyen formas naturales de comunicación que emplean el canal visual-gestual para la transmisión de información. Similar a las lenguas orales, poseen su propia gramática, vocabulario y estructura distintiva. Son cruciales para la inclusión de individuos con discapacidad auditiva al proporcionarles una herramienta eficaz para la comunicación, no se limita únicamente a la transmisión de mensajes, sino que representa un sistema completo con reglas gramaticales específicas, según lo señalado por [22].

1. Lengua de Señas Ecuatoriana

Conocida por sus siglas *LSE* o *LSEC*, en textos escritos en inglés, es la forma de comunicación para la comunidad sorda en Ecuador. En [23] menciona que la LSEC se ve influenciada por la lengua de señas estadounidense *ASL* y la lengua de señas de España, adoptando algunas señas y gestos. En Ecuador la lengua de señas más popular por lo fácil de entender es la variante de Quito, proporcionando numerosos recursos y oportunidades para los sordos ecuatorianos [24].

En el 2012, la Federación Nacional de Sordos del Ecuador (FENASEC) y la Universidad Tecnológica Indoamérica *UTI*, en colaboración con [25], se creó el diccionario oficial de lengua de señas ecuatoriana *Gabriel Román* que incluye 4.363 señas que están disponibles con gráficos y videos explicativos en formato web [26].

En [27], en el artículo 70, se hace oficial la *LSE* como lengua propia y medio de comunicación para personas con discapacidad auditiva. Además, se da a conocer la incorporación

continua de intérpretes en instituciones públicas y la capacitación de servidores públicos [28]. Garantizando los derechos de las personas no oyentes a la educación, atención médica, entre otros aspectos en las que tenían barreras, promoviendo la inclusión de personas sordas en el Ecuador [22].

D. Metodología de Diseño de Experiencia de Usuario

También conocida como metodología de diseño UX, tiene la finalidad de crear soluciones digitales intuitivas, accesibles e impactantes para el usuario final, por medio de procesos sistemáticos [29]. Estas metodologías se fundamentan en la comprensión profunda de las necesidades y deseos de los usuarios, aplicando los principios del diseño centrado en el usuario [30].

1. Design Thinking

Es una metodología que permite solucionar problemas específicos con la base fundamental de garantizar la opinión del usuario final. Con el proceso de empatizar con el usuario se logra garantizar su satisfacción, además de incrementar la creatividad, obteniendo un producto innovador. Es decir, cuando más detallado sea el proceso de empatizar mayores serán los beneficios para la solución de productos o servicios porque permite conocer a fondo las necesidades de los usuarios, los cuales son el foco principal de esta metodología de diseño. Finalmente, dado a su flexibilidad, puede integrarse a diversas metodologías de desarrollo de software como lo es Kanban [31].

a) Etapas de Design Thinking

Se compone de cinco etapas, la primera es *Empatizar* y permite conocer las necesidades específicas del usuario final utilizando herramientas como formularios, entrevistas o grupos de discusión, *Focus Group*, con la finalidad de recopilar información para establecer los requerimientos funcionales. La etapa siguiente es *Definir* que usa la información recopilada para conocer los problemas, para lograrlo con una mayor precisión se usan técnicas como la de árboles de problemas y mapas de empatía [32].

Para las fases siguientes se tiene *Idear*, que por medio de herramientas como lluvia de ideas y mapas permite generar ideas creativas con la finalidad de dar soluciones a los problemas identificados en la etapa anterior. En todo el proceso es fundamental estimular la creatividad del equipo, donde ninguna idea será rechazada para limitar la participación grupal. El paso siguiente es *Prototipar* la solución con la creación de interfaces que actúen como un producto inicial con la funcionalidad mínima requerida para que el usuario conozca su comportamiento. Finalmente, la etapa de *Pruebas* permite establecer criterios de aceptación donde cada una de las interfaces realizadas como prototipos serán puestas a prueba por los usuarios finales para obtener observaciones sobre su funcionamiento con la finalidad de realizar mejoras que cumplan con las necesidades del usuario [33].

Esta metodología de diseño se recomienda implementar en etapas tempranas del ciclo de vida de desarrollo de software como lo son la planificación y el diseño, porque destaca por su capacidad para mejorar la experiencia del usuario. Al priorizar tanto al usuario en su marco de trabajo, con la finalidad de comprender sus necesidades específicas, se garantiza la creación de una solución que cumpla con los estándares del usuario final que forma parte del público objetivo, además que será un producto amigable, accesible y atractivo [34].

E. Metodología de Desarrollo de Software

También conocida como *MDS*, por sus siglas, usa pasos sistematizados y procesos normalizados con la finalidad de lograr un desarrollo eficaz y eficiente del software. Fundamentadas en principios establecidos, ofrecen una estructura y marco para la creación de software [35].

Las cambiantes necesidades del entorno y las industrias del software han hecho evolucionar a las MDS. Inicialmente simples y lineales, las primeras metodologías se centran en el desarrollo secuencial. Con la complejidad creciente del software, surgieron MDS basadas en enfoques iterativos e incrementales.

La elección de la metodología adecuada es crucial, ya que influye en la calidad, tiempo, costos y rendimiento del producto final. Dos categorías predominantes son las metodologías tradicionales, lineales y secuenciales, y las metodologías modernas, iterativas e incrementales [36].

1. Metodologías Ágiles

Este enfoque, destacado por su colaboración centrada en el equipo y la atención a la satisfacción del cliente [37], dio origen al Manifiesto Ágil que establece cuatro valores fundamentales que orientan el enfoque de desarrollo. Estos valores priorizan la importancia de los individuos y sus interacciones por encima de procesos y herramientas, la funcionalidad del software sobre la documentación exhaustiva, la colaboración con el cliente en lugar de una negociación contractual rigurosa, y la capacidad de respuesta al cambio en vez de seguir un plan de manera inflexible.

El alcance de las metodologías ágiles ha trascendido el ámbito del desarrollo de software, expandiéndose hacia la gestión de proyectos en diversas disciplinas como el desarrollo de productos, marketing e innovación [38]. Caracterizadas por un enfoque iterativo e incremental, se dividen en ciclos cortos, durante los cuales se desarrollan funcionalidades clave del producto.

Además, su esencia radica en la colaboración del equipo, que incluye individuos con habilidades y responsabilidades diversas, trabajando en estrecha sinergia para lograr los objetivos del proyecto. La comunicación constante con el cliente es otra piedra angular, involucrándose desde el inicio y utilizando su retroalimentación para mejorar continuamente el producto.

La **TABLA II** presenta una comparación de algunas de las metodologías ágiles más populares. Scrum destaca por su enfoque iterativo con sprints definidos [39], mientras que XP se distingue por roles flexibles y énfasis en prácticas de programación extrema [40]. Kanban ofrece flexibilidad en la planificación a largo plazo y roles del equipo, utilizando tableros visuales para gestionar el flujo de trabajo [41]. Crystal es iterativo e incremental, con roles flexibles y planificación a largo plazo, prescindiendo de etapas definidas [42]. La elección de Kanban es porque prioriza la flexibilidad, la visibilidad del flujo de trabajo, la colaboración continua y la adaptabilidad.

TABLA II
COMPARATIVA DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES

Características	Scrum	Extreme Programming	Kanban	Crystal
Enfoque Iterativo e Incremental	✓	✓	✓	✓
Roles Flexibles	X	X	✓	X
Planificación a Largo Plazo	X	X	✓	✓
Sprints o Iteraciones Definidas	✓	✓	X	X
Flexibilidad en los Roles del Equipo	X	✓	✓	✓
Uso de Tableros Visuales (Kanban)	X	X	✓	X
Énfasis en la Colaboración	✓	✓	✓	✓
Feedback Constante	✓	✓	✓	✓
Adaptabilidad a Cambios	✓	✓	✓	✓
Historias de Usuario (XP)	X	✓	X	X

F. Kanban

Kanban, una metodología ágil centrada en la gestión fluida del flujo de trabajo, se fundamenta en la premisa de que el trabajo avanza a través del sistema de desarrollo de manera continua, priorizando la entrega incremental de valor por parte del equipo. Este enfoque tiene sus raíces en la década de 1940 en la industria manufacturera japonesa y alcanzó notoriedad gracias a [43].

1. Fundamentos de Kanban

Los principios fundamentales de Kanban, según [44], abogan por la visibilidad del flujo de trabajo para todos los miembros del equipo, la consciente limitación del trabajo en curso, el fomento de un flujo continuo y la iniciación de nuevas tareas únicamente en respuesta a una demanda específica. Este enfoque puede aplicarse a una amplia variedad de proyectos y procesos, destacándose especialmente en entornos caracterizados por la complejidad y la variabilidad del trabajo.

2. Estructura del Equipo de Trabajo en Kanban

Los roles en Kanban se adaptan de manera flexible a las necesidades particulares de cada equipo y organización y pueden ser desempeñados por una misma persona o por individuos diferentes, incluso por miembros externos al equipo. Roles como el Product Owner *PO* o las personas interesadas, desarrolladores, testers y operadores pueden surgir en equipos Kanban en función de las necesidades del proyecto. Los principales proyectos que se ven beneficiados de adoptar una metodología tan flexible y adaptativa como lo es Kanban son los que integren soluciones complejas y cambiantes.

3. Parámetros de Evaluación en Kanban

También conocidas como métricas Kanban, son artefactos que ofrecen información detallada del rendimiento y la eficacia del proceso, individual y grupal en un periodo de tiempo específico o general. Permite medir y evaluar la productividad, eficiencia y calidad del trabajo dentro del marco de Kanban. De acuerdo con [45], las cinco métricas fundamentales en Kanban son:

- **Cycle Time:** Es el lapso desde el inicio de una tarea hasta su conclusión y entrega al cliente, siendo indicador de la velocidad y eficiencia del proceso de entrega.
- **Cycle Time:** Es el lapso desde el inicio de una tarea hasta su conclusión y entrega al cliente, siendo indicador de la velocidad y eficiencia del proceso de entrega.
- **Work In Progress WIP:** El trabajo en progreso es la cantidad de elementos de trabajo en desarrollo en un momento específico, crucial para la gestión de la carga de trabajo y la identificación de posibles cuellos de botella.
- **Throughput:** El rendimiento es la cantidad de trabajos completados en un período de tiempo definido, señalando la capacidad del equipo para entregar trabajo constantemente.
- **Lead Time:** El plazo de entrega es el tiempo total transcurrido desde la recepción de una solicitud hasta su completa realización.

G. Inteligencia Artificial

Se define como la capacidad que tiene las computadoras de simular el proceso de razonamiento que realiza el ser humano al realizar tareas, empleando algoritmos y aprendizaje de datos para la toma de decisiones. Busca replicar actividades mentales humanas, abordando competencias psicológicas como percepción, asociación y planificación [46].

En el ámbito de la Inteligencia Artificial *IA*, se destaca el Aprendizaje Automático o Machine Learning *ML*, que a su vez tiene un subconjunto conocido como Aprendizaje Profundo o Deep Learning *DL*. La generalidad de conceptos y sus dependencias se pueden observar en la **Fig. 3**. Cada término aborda conceptos únicos y niveles diversos de complejidad en el desarrollo de sistemas inteligentes. Mientras que el Machine Learning (ML) utiliza algoritmos como regresión o árboles de decisión, el Deep Learning (DL) emplea redes neuronales que operan de manera análoga a las conexiones neuronales biológicas presentes en nuestro cerebro [47].

El aprendizaje que realizan los algoritmos puede dividirse en supervisado y no supervisado. En el aprendizaje no supervisado, los algoritmos se basan en datos no etiquetados para descubrir patrones o relaciones, sin asistencia humana. Por otro lado, el aprendizaje supervisado utiliza datos etiquetados, con información de entrada y salida conocida, y requiere intervención humana. Los algoritmos supervisados pueden predecir valores numéricos o clasificar objetos o formas en categorías [48].



Fig. 3. Principales campos de la Inteligencia Artificial

1. *Machine Learning*

Según [47] lo define como “algoritmos matemáticos que permiten a las máquinas aprender imitando la forma en la que aprendemos los humanos, con la finalidad de conseguir inteligencia artificial”. Abarca diversas metodologías, como el Bayesiano Ingenuo, Modelos de Markov Ocultos, Lógica Difusa Probabilística y Árboles de Decisión, donde los algoritmos aprenden patrones a partir de datos y se basan en la probabilidad [49], retroalimentando al sistema.

2. *Deep Learning*

Se enfoca en modelos que utilizan arquitecturas de redes neuronales profundas, lo que implica la presencia de múltiples capas. El término "profundo" se refiere a la profundidad de la arquitectura de la red. Se distingue por su enfoque en redes neuronales profundas, como las Redes Neuronales Convolucionales (CNN), de dieciséis capas (VGG 16), de 50 (ResNet-50), entre otros modelos usados por MediaPipe. Desempeñan un papel crucial en diversas aplicaciones, como reconocimiento de patrones, la comprensión del lenguaje natural y la clasificación de objetos.

La representación básica de una red neuronal se puede expresar mediante una fórmula matemática conocida como función de activación. Para una red de una sola capa oculta, pero puede extenderse para redes más profundas, donde cada nueva capa oculta introduce un conjunto adicional de pesos y sesgos, permitiendo la representación de características más complejas [50]. La salida y se calcula con la Ecuación (1):

$$y = f(w_2 \cdot f(w_1 \cdot x + b_1) + b_2) \quad (1)$$

Donde:

- x es el vector de entrada.
- w_1 y w_2 son las matrices de pesos para las capas oculta y de salida, respectivamente.
- b_1 y b_2 son los sesgos.
- f es la función de activación aplicada elemento por elemento a los resultados de las capas.

3. Modelos de Inteligencia Artificial

Los modelos basados en IA se diseñan con el propósito de evaluar datos, traducéndose a un formato comprensible y estableciendo conexiones entre diversos elementos de la información. Este proceso implica no solo la selección de datos y la eliminación de ruido, sino también la incorporación de algoritmos Ecuación 1.

A continuación, se describirán los modelos más frecuentes, centrándose exclusivamente en los modelos no lineales característicos del DL, que posibilitan la obtención de respuestas mediante la abstracción de fenómenos del mundo real con un comportamiento más cercano al razonamiento humano [51].

a) Redes Neuronales Convolucionales

Se requieren tres elementos esenciales: datos de entrada, resultados etiquetados y un método para asegurar que el modelo aprende y controla su comportamiento hasta que se minimice el error entre los valores clasificados y reales [52]. La existencia necesaria de una capa neuronal de entrada y otra de salida se evidencia en la **Fig. 4**. A medida que las imágenes atraviesan las capas neuronales intermedias, estas se vuelven más abstractas, obteniendo una representación más significativa. Los parámetros cruciales para las neuronas son la activación, las funciones peso y el sesgo, siendo la activación de las neuronas en imágenes dependiente de la representación numérica del color de cada píxel [53].

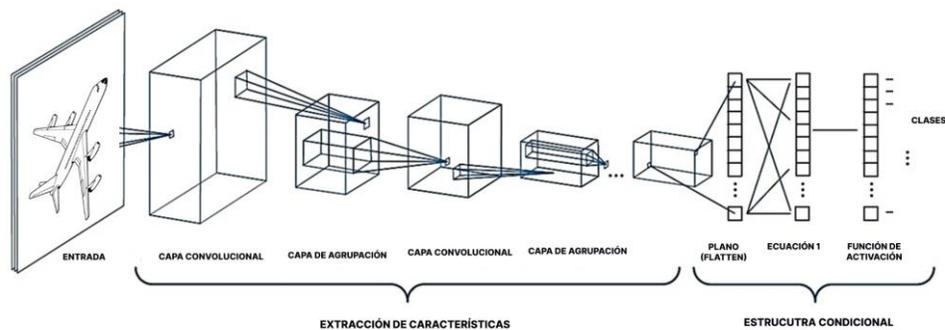


Fig. 4. Estructura de una red neuronal convolucional [54, Fig. 4]

Las CNN extraen características de imágenes y las utilizan para detectar o clasificar objetos en una imagen. Los parámetros de los filtros en estas capas se ajustan y optimizan junto con los componentes de clasificación para minimizar el error de clasificación total [55].

b) Capa Convolutiva

Para que la red neuronal capte las características únicas de cada objeto y generalice, debe reconocer una gran cantidad de imágenes. Cada imagen, representada como una matriz de píxeles normalizados entre cero y uno, se somete a convoluciones utilizando kernels, operaciones basadas en sus pesos y sesgos, como lo muestra la Ecuación 1, que generan nuevas capas de neuronas ocultas. Este procesamiento distintivo de las CNN se inicia después de la normalización de valores y se basa en la convolución, donde un kernel recorre la imagen de entrada y generando una nueva matriz de salida llamada matriz de activación. En la **Fig. 5** se observa el funcionamiento, donde la convolución es válida sólo si el kernel es real y simétrico [56].

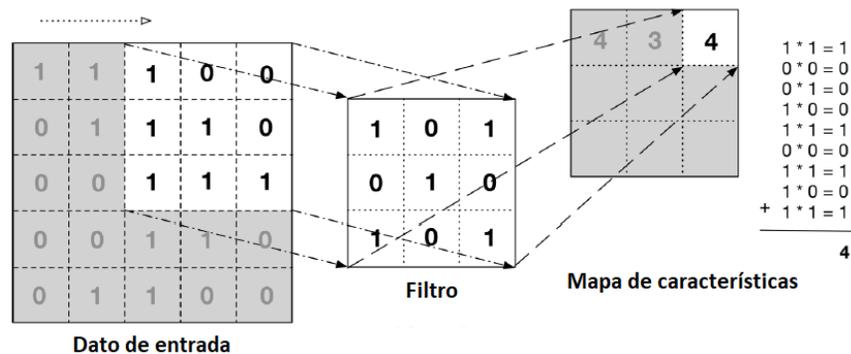


Fig. 5. Simetría en la capa convolutiva [56, Fig. 3]

c) Capa de Agrupación (Pooling)

La capa de pooling se utiliza en redes neuronales convolucionales para reducir las dimensiones espaciales de los datos de entrada antes de la siguiente capa convolutiva, sin afectar la dimensión de profundidad. Aunque implica pérdida de información, beneficia a la red al reducir cálculos y mitigar el sobreajuste (overfitting). La operación de agrupación máxima (Max Pooling), comúnmente realizada mediante el promedio o el valor máximo [56]. La capa de pooling en las redes neuronales convolucionales también se conoce como subsampling, ya que su función principal es realizar un muestreo o submuestreo de las características espaciales de los datos de entrada, reduciendo así su tamaño antes de pasar a la siguiente capa convolutiva.

Existen varios métodos de subsampling, siendo el Max-Pooling el más comúnmente empleado. Permite recorrer pixel a pixel de izquierda a derecha y de arriba a abajo. Sin embargo,

en lugar de considerar un solo píxel, se toma una ventana de 2x2 en cada paso del recorrido [57].

En la **Fig. 6** se observa el proceso que lleva a cabo la capa de agrupación o pooling con el método de max Pooling. Se tiene una matriz de entrada de 3x3 con valores del 0 al 8, al aplicar max pooling con una ventana de 2x2, se formarían ventanas como (0,1,3,4) y (1,2,4,5), y para cada una se seleccionaría el valor máximo, resultando en una nueva matriz de 2x2 con los valores máximos de estas ventanas. En este caso, la nueva matriz de salida sería [[4, 5], [7, 8]], lo que representa una reducción en las dimensiones espaciales de la matriz original.

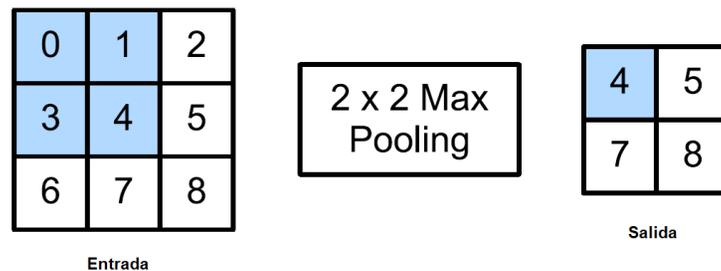


Fig. 6. Capa de agrupación con método de Max Pooling [56, Fig. 4]

d) Capa de Abandono (Dropout)

Es un mecanismo considerado como la manera más efectiva de reducir el sobreajuste en las redes neuronales profundas [58]. Recientemente, el uso de dropout ha experimentado un aumento significativo en el ámbito del aprendizaje profundo. En el caso de las redes neuronales convolucionales profundas, se sabe que el dropout funciona eficazmente en capas totalmente conectadas [59].

En la **Fig. 7** se muestran los distintos métodos que pueden configurarse en esta capa de eliminación de neuronas de forma aleatoria de un conjunto de unidades (neuronas) durante el proceso de entrenamiento. Esta estrategia previene la creación de dependencias entre neuronas específicas presentes en la red, contribuyendo así a mejorar la generalización del modelo [60]. Además, ejemplifica los distintos parámetros configurables en la capa de dropout lo que permite reducir la posibilidad de que un modelo esté sub o sobreentrenado debido a que elimina las dependencias entre neuronas.

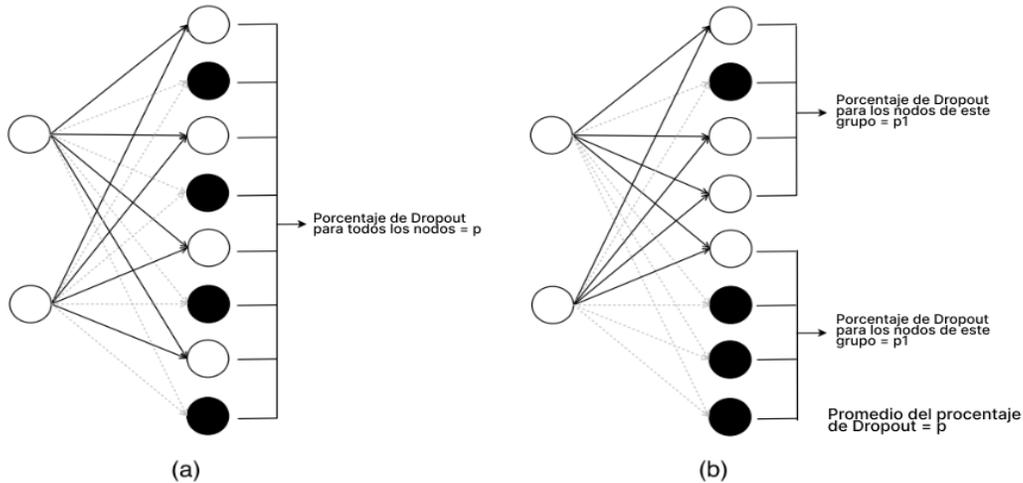


Fig. 7. Funcionamiento de la capa dropout para eliminar neuronas [60, Fig. 1]

e) Función de Activación

La salida de cada neurona en una CNN se determina mediante una función de activación. Las capas de activación más utilizadas en CNN son: sigmoide, Unidad Lineal Rectificada (ReLU), softmax, entre otras.

En el marco de la arquitectura de redes neuronales, las capas completamente conectadas desempeñan un papel crucial al calcular los puntajes asociados a las clases, los cuales sirven como salida final de la red. El volumen resultante de esta capa presenta dimensiones de $1 \times 1 \times N$, donde N representa el número de clases de salida bajo consideración. Es esencial destacar que esta capa establece conexiones entre cada una de sus neuronas, así como con todas las neuronas de la capa precedente.

La **TABLA III** presenta elementos clave en el contexto de redes neuronales, incluyendo el tipo de problema abordado, las funciones de pérdida asociadas a clasificación binaria y categórica, así como las capas de activación correspondientes. Además, proporciona una visión concisa de las relaciones entre los problemas, las funciones de pérdida y las capas de activación en el contexto de la implementación de redes neuronales. El valor de pérdida (loss) indica la medida de discrepancia entre las clasificaciones del modelo y los valores reales durante el entrenamiento.

TABLA III
FUNCIONES DE ACTIVACIÓN EN MODELOS CLASIFICATORIOS

Problema	Pérdida (Loss)	Capa de Activación
Clasificación Binaria	Binary_crossentropy	Sigmoide
Clasificación categórica simple	Categorical_crossentropy	Softmax
Clasificación categórica múltiple	Binary_crossentropy	Sigmoide
Regresión	Mse	Ninguna
Regresión entre 0 y 1	Mse o Binary_crossentropy	Sigmoide

f) *Modelo VGG 16*

Caracterizado por tener dieciséis capas convolucionales que son responsables de identificar patrones en la entrada. Tiene la capacidad de identificar patrones más complejos que una CNN con menos capas. Esto se debe a que las capas adicionales permiten a la red aprender patrones de mayor nivel [61].

En la **Fig. 8** se observa las capas que conforman la arquitectura del modelo VGG16. Aunque consta de trece capas convolucionales, cinco capas de Max Pooling y tres capas densas, lo que suma 21 capas en total, solo contiene dieciséis capas de pesos, es decir, capas con diferentes parámetros. Además, la red toma un tensor de entrada con dimensiones 224x224 y tres canales RGB. La arquitectura VGG16, conocida por su profundidad y simplicidad relativa, ha demostrado ser efectiva en tareas de visión por computadora y ha sido ampliamente utilizada y es reconocida por su contribución al campo de las redes neuronales convolucionales.

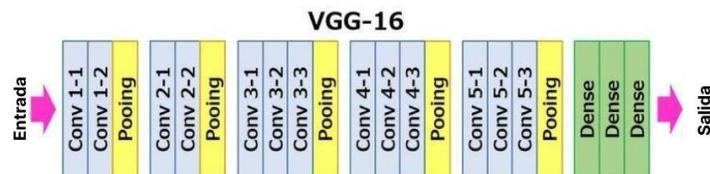


Fig. 8. Estructura la red neuronal convolucional con 16 capas (VGG 16) [62, Fig. 5]

g) *Modelo ResNet 50*

Se caracteriza por contar con cincuenta capas convolucionales y por el uso de bloques residuales. La idea clave detrás de las redes residuales es introducir conexiones de salto o "shortcut

connections" que saltan una o más capas. Estas conexiones permiten que la información fluya directamente de una capa a otra, facilitando el entrenamiento de redes neuronales más profundas al mitigar los problemas de desvanecimiento de gradientes [63].

h) MediaPipe

Es un conjunto de herramientas de código abierto para el desarrollo de aplicaciones de visión artificial, proporciona una amplia gama de herramientas, entre ellas reconocimiento de gestos. La tarea de reconocimiento de gestos de MediaPipe permite identificar gestos de mano en tiempo real y proporciona resultados de gestos de mano reconocidos junto con los puntos de referencia de las manos detectadas. Esta tarea opera en datos de imágenes con un modelo de aprendizaje automático (ML) y puede aceptar datos estáticos o un flujo continuo. Los resultados incluyen puntos de referencia de manos en coordenadas de imagen y en coordenadas del mundo, lateralidad de las manos (izquierda/derecha) y categorías de gestos de manos para múltiples manos [64]. La capacidad de reconocer gestos de manos en una imagen o video se basa en un conjunto definido de clases.

El modelo ha pasado por rigurosos estándares de equidad de ML de Google y está listo para producción. Las características adicionales incluyen el procesamiento de la imagen de entrada, que abarca la rotación, cambio de tamaño, normalización y conversión de espacio de color, así como la posibilidad de filtrar resultados según puntajes de clasificación y especificar las categorías de gestos reconocidas por el modelo mediante listas permitidas y denegadas.

El paquete del modelo de puntos de referencia de manos localiza 21 coordenadas de nudillos en regiones de manos detectadas, observar **Fig. 9**, tras ser entrenado con aproximadamente 30.000 imágenes reales y modelos sintéticos sobre diversos fondos. Incluye un modelo de detección de palma y otro para puntos de referencia de manos. La detección de palma ubica la región de manos en la imagen de entrada, y el modelo de puntos de referencia halla estos puntos en la imagen recortada por el modelo de palma [64].



Fig. 9. Puntos de referencia usado por MediaPipe en el reconcomiendo de manos [64]

4. Herramientas de Inteligencia Artificial

Las herramientas de inteligencia artificial (IA) desempeñan un papel fundamental al posibilitar que las entidades analicen grandes volúmenes de datos, ya sean estructurados o no estructurados, de manera rápida y eficiente. Este aumento en la capacidad de procesamiento de variables conduce a análisis de mayor calidad, permitiendo un mejor conocimiento del cliente y la obtención de resultados más precisos. Estas herramientas de IA, que abarcan desde software hasta aplicaciones, posibilitan que los usuarios, independientemente de su nivel de experiencia en el campo, desarrollen, entrenen y utilicen modelos de inteligencia artificial. Se pueden clasificar en diversas categorías según su función o enfoque, como herramientas de desarrollo de modelos, aprendizaje automático, análisis de datos y visualización de datos, cada una contribuyendo a distintos aspectos del ciclo de vida de la inteligencia artificial [65].

La **TABLA IV** ofrece una comparación detallada de cinco herramientas prominentes en el ámbito de la Inteligencia Artificial: TensorFlow, PyTorch, MediaPipe, Scikit-Learn y Keras, todas implementadas en el lenguaje de programación Python. Estas herramientas abarcan diversos enfoques, desde frameworks especializados en aprendizaje profundo hasta bibliotecas destinadas al procesamiento de datos y visión por computadora. La evaluación se centra en criterios como el lenguaje de programación, flexibilidad, comunidad de usuarios, facilidad de uso, integración con otros frameworks y los enfoques principales de cada herramienta.

TABLA IV
COMPARATIVA DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL [64]

Características	Herramientas				
	TensorFlow	PyTorch	MediaPipe	Scikit-Learn	Keras
Flexibilidad	Alta	Alta	Media	Alta	Alta
Documentación	Media	Media	Amplia	Media	Media
Facilidad de Uso	Moderada	Moderada	Fácil	Fácil	Fácil
Integración con frameworks	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Enfoque Principal	General	General	Visión por Computador	General	General

H. Tecnologías Frontend

Son todo el conjunto de tecnologías que, en su mayoría, son funcionales a marcos establecidos por grandes comunidades de desarrollo web; e incluso grandes empresas apuestan por esas tecnologías las cuales buscan mejorar la experiencia de desarrollo, despliegue y, por supuesto, la experiencia del usuario, considerada como la capa de presentación por la creación de componentes visuales que aportan al diseño de las aplicaciones, para que exista mayor interactividad. En su trasfondo está compuesto por un lenguaje de marcado, otro de estilos y finalmente un lenguaje de scripting para funcionalidad [66].

1. React

Es una librería de código abierto para interfaces de usuario (UI) que se ejecutan en la web o de forma nativa (móvil) a partir de componentes, actualmente sostenida por Meta Open Source. Está diseñado para facilitar el intercambio de componentes, permitiendo así la creación de aplicaciones modulares y escalables, la sintaxis para su marcado visual y de estilos se denomina JSX, el cual es una sintaxis de JavaScript muy popular en la comunidad para renderizar componentes condicionalmente. Considerada como una arquitectura, es usada por marcos de trabajo con una pila tecnológica completa como lo son Next JS, siendo seguro con el tiempo por las pruebas que se realizan con negocios con millones de usuarios antes de confirmar algún cambio [68].

2. *Next.js*

Es un marco de React preconfigurado para crear aplicaciones web universales con código compartido entre el cliente y el servidor. Los sitios y aplicaciones web son construidas con JavaScript o TypeScript, Node.js, Webpack y Babel.js, estas aplicaciones representadas también desde el servidor son conocidas como ‘isomórficas’, debido a que mediante las dos estructuras (cliente y servidor) se puede compartir código, conservando las operaciones de creación y renderizado de componentes con un contenido extraído de forma conveniente [67].

3. *Node.js*

Es un entorno de ejecución de JavaScript de código abierto versátil que utiliza el motor JavaScript V8 de Google Chrome, lo que permite ejecutar código JavaScript más allá de los límites de un navegador web. Este tiempo de ejecución multiplataforma destaca por su arquitectura de un solo proceso, que elimina la necesidad de subprocesos separados para cada solicitud. A su vez emplea primitivas de entradas y salidas (E/S) asíncronas para evitar que el código JavaScript se bloquee, de esta forma se garantiza que Node.js pueda manejar de manera eficiente gran cantidad de operaciones de E/S, como solicitudes de red, acceso a bases de datos o interacciones del sistema de archivos, sin desperdiciar recursos de CPU y permitiendo una libre elección entre los últimos estándares dispuestos por la ECMAScript [69].

4. *Zustand*

A pesar de su apodo sin pretensiones, Zustand es una potente solución de gestión de estado para aplicaciones React, que ofrece un enfoque ligero, eficaz y escalable. Su API basada en ganchos proporciona una experiencia cómoda y gracias a su diseño cuidadosamente elaborado para ser explícito en cada proceso. Los creadores de Zustand han abordado meticulosamente los errores comunes, como el temido problema ‘zombie child problem’ o ‘Accesorios rancios’, los problemas de concurrencia de React y la pérdida de contexto en renderizados mixtos, lo que lo convierte en un competidor formidable, por no decir que es el único en el panorama de gestión de estado de React que destaca en lo que hace [70].

5. *NextAuth.js*

Es una solución integral de autenticación de código abierto diseñada específicamente para aplicaciones Next.js. Ofreciendo una interfaz flexible y APIs seguras, que se integran a la perfección con varios servicios de OAuth, permitiendo así la autenticación desde varios orígenes, siempre y cuando tengan integrada la autenticación con ese servicio. Esta solución permite contemplar la propiedad completa de los datos, atendiendo tanto a entornos con o sin servidor, al tiempo que se adhiere a las mejores prácticas para proteger los datos del usuario. Es un proyecto de código abierto que es mejorado continuamente por sus colaboradores dedicados [71].

6. *TypeScript*

Un superconjunto de tipos seguros que tiene como objetivo mejorar la calidad del software de las aplicaciones escritas con JavaScript. Si bien hay evidencia empírica limitada para respaldar esta afirmación, un estudio de minería de repositorios de 604 proyectos de GitHub (299 JS, 305 TS) con más de 16 millones de líneas de código (LoC) sugiere que las aplicaciones TS pueden exhibir una mejor calidad de software en términos de calidad de código y compresibilidad, aunque no se asegura la reducción de errores o mejoras en la experiencia de desarrollo [72].

7. *JavaScript*

Es un lenguaje de programación que da vida a las aplicaciones web, esto por el motivo de que las primeras páginas web eran estáticas como las hojas de un libro, y es así como apareció este lenguaje para hacer una transformación hacia lo interactivo. Su funcionamiento es gracias a un motor de JavaScript el cual es soportado por los principales navegadores, permitiendo su ejecución del lado del cliente (navegador) y con la ayuda de un entorno de tiempo de ejecución es utilizable del lado del servidor [73]. De hecho, uno de los sitios más sobresalientes en el mundo del desarrollo como lo es Stack Overflow desempeña cada año encuestas a miles de desarrolladores y en este caso menciona que, en calidad de investigadores, destaca que JavaScript seguirá siendo el lenguaje de programación más utilizado por undécimo año consecutivo en 2023 [74].

8. *Tailwind CSS*

Es un marco de Hojas de Estilo en Cascada, o conocido por su término en inglés CSS, que da prioridad a las utilidades y que proporciona a los desarrolladores una colección de clases de utilidad de un solo propósito para diseñar sus páginas web. Estas clases de utilidad se aplican directamente a los elementos creados por el Lenguaje de Marcado de Hipertexto *HTML* o dentro de los archivos JavaScript, lo que permite un enfoque más ágil e intuitivo del diseño web [75].

I. Tecnologías Backend

Toda aplicación en la capa de presentación necesita información que mostrar, gran parte de esa información es estática, pero ese paradigma se empieza rezagar por la mejora en la capa de acceso a datos. Hablamos de todas aquellas tecnologías, herramientas y técnicas que facilitan la conectividad, manipulación, procesamiento y despliegue de información. Desde la residencia inicial de los datos dentro de bases de datos robustas hasta su consumo por capas de presentación a través de API's alojadas en servidores impulsados por motores y marcos especializados, cada paso se adhiere a una lógica bien definida [66].

1. Python

Es un lenguaje de programación con una sintaxis simple y amigable para principiantes. Esto permite a los desarrolladores centrarse en la lógica y los algoritmos sin perder tiempo en sintaxis complejas. Al lenguaje lo acompañan un conjunto de herramientas y librerías que ya proporcionan las bases para soluciones complejas, entre sus librerías estrellas están las que aportan al aprendizaje automático, considerando que en la actualidad el procesamiento de la data es tal vez el asunto más importante para las empresas, que las librerías más usadas en estos ecosistemas son scikit-learn o Tensor Flow, que precisamente están codificados con Python [76].

2. *FastApi*

Es un marco web moderno y de alto rendimiento, este opera con el lenguaje y estándares abiertos de Python. Entre sus características es de los más rápido, fácil de usar, reduce los errores, produce código listo para producción, facilita la creación y escalamiento de API 's [77]. Es así como entre las opciones del sitio oficial encontramos referencias a grandes empresas tecnológicas que se encuentran usándola, uno de los destacados y que va bien con lo que argumentamos es [78] que en calidad de investigadores e ingenieros calificados y seniors dicen “Adaptamos la biblioteca FastApi para generar un servidor REST que se puede consultar para obtener predicciones” al igual que muchas opiniones provenientes desde Microsoft, Netflix, Cisco, entre otros.

3. *Nodemailer*

Es un módulo para aplicaciones Node.js que simplifica la tarea de enviar correos electrónicos. Su creación en 2010 respondió a la necesidad de una solución sencilla y fiable para este propósito, y es así como la mayoría de los desarrolladores en Node.js lo han convertido en la su opción preferida [79].

4. *PostgreSQL*

Es un sistema de gestión de bases de datos relacionales *SGBD* gratuito y de código abierto que ofrece una amplia gama de características y funcionalidades. Es una opción popular para aplicaciones web, aplicaciones empresariales y aplicaciones científicas [80]. Tal es su popularidad que cuenta con una gran comunidad y que empresas como IBM se han desempeñado por hacer entrevistas, análisis profundos de bases de datos relaciones y por supuesto arrojando ciertas curiosidades sobre PostgreSQL dando a explicar cómo es que esta base de datos tiene beneficios que impactan en la gestión de la concurrencia de forma eficiente mediante el uso del control de concurrencia mediante versiones múltiples *MVCC*, esto significa que las lecturas no bloquean las escrituras y las escrituras no bloquean las lecturas [81] esto lo mencionan ya que otras bases de datos tradicionales suelen bloquear el acceso a los registros para evitar esos conflictos.

5. *Debian*

Es una opción popular de sistema operativo para montar un servidor debido a su estabilidad, facilidad de uso y amplia gama de características. Es un sistema operativo gratuito y de código abierto, lo que lo hace accesible para cualquier persona. Debian también es conocido por su amplio soporte de hardware y actualizaciones de seguridad fiables. Los usuarios eligen Debian por su estabilidad y sus sencillos procesos de actualización de paquetes, mientras que los desarrolladores aprecian su soporte para numerosas arquitecturas y dispositivos. Debian también ofrece versiones de soporte a largo plazo *LTS* e imágenes en la nube, lo que lo convierte en una opción adecuada para entornos profesionales [82].

J. Servicios de Autenticación

El método más sencillo para realizar una autenticación dentro de un aplicativo es por medio de credenciales del usuario, incluyendo el usuario y contraseña, sin embargo, este proceso puede mejorar por medio de servicios dedicados a la autenticación, estos son desarrollados por grandes plataformas que aplican protocolos estándares.

1. Autenticación con Google

Google API's usan el protocolo OAuth 2.0 para autenticar y autorizar a los usuarios. Los desarrolladores pueden obtener credenciales de cliente OAuth 2.0 de la Consola de API de Google y usar para solicitar tokens de acceso a las API's de Google [85].

2. Autenticación con GitHub

Existen dos métodos que ofrece GitHub para la autorización de aplicaciones de terceros: OAuth apps y GitHub Apps. Ambos usan OAuth 2.0, pero GitHub Apps ofrece varias ventajas, entre ellas el poder actuar en nombre de un usuario o en su propio nombre, usar permisos específicos, dar al usuario más control sobre a qué repositorios puede acceder la aplicación y usar tokens. Para autorizar una aplicación de OAuth, se debe considerar que flujo de autorización se

adapta mejor: flujo de aplicación web para aplicaciones de OAuth estándar que se ejecutan en el explorador [87].

K. Plataformas de Colaboración

El desarrollo de productos digitales es un proceso colaborativo que requiere la participación múltiple de personas con diferentes habilidades y responsabilidades. Para que este proceso sea eficiente y eficaz en el tiempo, es necesario contar con herramientas que permitan a los equipos colaborar de forma coordinada y organizada.

1. Figma

Es considerado un editor de gráficos vectoriales y generación de prototipos, las empresas que se animan a utilizar Figma con sus equipos de diseñadores ven un aumento del 60% en productividad y otro 30% en la eficiencia, permitiendo agilidad a medida que se escala [84].

2. GitHub

Los sistemas de control de versiones distribuidos (DVCS) como Git y plataformas como GitHub han revolucionado el desarrollo de software. Las prácticas modernas implican cambios y emiten solicitudes de incorporación que facilitan las discusiones entre las partes interesadas. GitHub es el que encabeza los entornos integrales de desarrollo de software, que ofrecen características como herramientas de revisión de código y soporte continuo de integración e implementación [83].

III. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

A. Perspectiva Metodológica

El presente trabajo adopta un enfoque de investigación aplicada, centrado en la resolución de problemas prácticos y la aplicación de conocimientos para abordar de manera concreta la enseñanza de la lengua de señas y la comunicación inclusiva para personas con discapacidad auditiva. La metodología ágil, con el uso de Design Thinking y Kanban, se implementa para guiar el desarrollo de una aplicación web que busca mejorar la accesibilidad y la experiencia de aprendizaje. El enfoque multidisciplinario de este proyecto se refleja en la combinación de aspectos tecnológicos, pedagógicos y de accesibilidad.

La investigación aplicada se revela como el marco idóneo, ya que no solo busca abordar los desafíos tecnológicos y de capacidad que enfrentan las instituciones dedicadas a la enseñanza de la lengua de señas, sino que también tiene como objetivo principal generar una solución práctica y efectiva que contribuya a la inclusión y autonomía de las personas con discapacidad auditiva en el entorno educativo [86].

B. Metodología Design Thinking

1. Empatizar con el Usuario

A partir de una revisión de las limitaciones observadas en la aplicación móvil ESPE-Chat, destinada a personas con discapacidades auditivas y mencionada en el estudio [5] y las características valoradas por los usuarios en aplicaciones similares existentes listadas en la tabla 1, se asignó como punto de partida identificar las necesidades específicas y desafíos enfrentados por la comunidad académica. Con el objetivo de recopilar información valiosa, se llevaron a cabo Focus Groups compuestos por los tres miembros del equipo de desarrollo, un universitario con discapacidad auditiva y el intérprete de lengua de señas, con los que se logra empatizar por convivencias pasadas como compañero de clases y reuniones periódicas. Estas técnicas centradas en el usuario brindaron una comprensión profunda de las experiencias y expectativas de los usuarios, además, sentaron las bases para la creación de una solución innovadora y efectiva.

Las necesidades del usuario se traducen en las limitaciones de funcionalidad que presentaba la aplicación móvil, incluyendo la incapacidad de verificar la correcta ejecución del material de aprendizaje y la presencia de una interfaz poco amigable. Estos inconvenientes generan una falta de compromiso e interés por parte del usuario para continuar con sus sesiones de estudio o, incluso, para instalar la aplicación en un principio. Con base en esta información y los comentarios directos de los usuarios, se han tenido en cuenta diversos aspectos, como se detalla en la **TABLA V**, con el propósito de abordar y resolver las necesidades identificadas por los usuarios.

TABLA V
MÓDULOS DEL APLICATIVO WEB

Módulo	Descripción
Autenticación	Implementar opciones de inicio de sesión, registro y verificación de usuario, y la posibilidad de cambiar la contraseña
Aprendizaje	Proporcionar material audio visual para enseñar la lengua de señas ecuatoriana
Lecciones	Utilizar inteligencia artificial para verificar y corregir la precisión de las señas realizadas por el usuario
Retos	Presentar numerosas actividades que desafían el contenido aprendido
Tabla de Clasificación	Permitir conocer la puntuación de los usuarios para motivar en el uso de la plataforma y aprendizaje continuo
Perfil	Personalizar la información del usuario

2. Definir el Problema

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sede Santo Domingo, enfrenta la necesidad imperante de proporcionar un entorno académico inclusivo para un estudiante con discapacidad auditiva en la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información. Este estudiante, siendo el único certificado con esta discapacidad, ha experimentado numerosas barreras sociales y académicas, incluyendo la repetición de cursos debido a la falta de herramientas efectivas para la enseñanza de la lengua de señas ecuatoriana y la limitada familiaridad de sus compañeros con dicho lenguaje. Esta situación destaca la urgencia de implementar medidas que fomenten la inclusión y garanticen igualdad de oportunidades en el ámbito académico.

La propuesta de una aplicación web innovadora para aprender lengua de señas surge como respuesta a esta problemática identificada. La revisión detallada de la aplicación móvil ESPE-Chat [5], que actualmente ofrece traducción bidireccional de mensajes de texto a audio y viceversa,

revela limitaciones significativas en términos de enseñanza interactiva y verificación precisa de las señas realizadas por el usuario. La falta de integración de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, se identifica como un obstáculo clave para proporcionar una educación inclusiva y adaptada a las necesidades específicas del estudiante con discapacidad auditiva. Superando estas limitaciones, brindando un medio más interactivo y efectivo que si motive al aprendizaje de lengua de señas ecuatoriana, se lograra en un futuro de mejoras desarrollar un entorno académico más inclusivo.

3. *Idear*

El Idear está en los procesos del Design Thinking y es vital para el proyecto SoGo Sign, para incentivar la creatividad y más ideas innovadoras se optó por una sesión de Brainstorming donde se generaría una lluvia de ideas. En esta etapa se promovió un ambiente libre de críticas, para compartir entre el equipo diversas perspectivas y pensamientos relacionados a la enseñanza de la LSE.

Por medio de un filtrado se organizaron las ideas mediante Storyboarding, para diseñar una secuencia lógica de eventos y acciones que darían pie a la solución de problemas. Se plasmo como sería la navegabilidad dentro de la aplicación SoGo Sign y como los usuarios podrían interactuar en ella. Gracias al Brainstorming y Storyboarding, surgieron las siguiente ideas claves:

- **Página Web:** Es donde se da a conocer a la plataforma SoGo Sign, detallando información como el propósito, características, formas de contactar y que es lo que los usuarios podrían encontrar.
- **Módulo de Aprendizaje Interactivo:** Lugar en donde se encuentra todo material audiovisual para que los usuarios no solo puedan aprender, sino irse adaptando componentes como la activación de la cámara para que por medio de inteligencia artificial se pueda verificar la precisión y proporcionar retroalimentación en tiempo real.
- **Diseño Adaptativo:** Se garantiza que desde cualquier dispositivo que tenga acceso a internet y por ende al aplicativo no tenga inconvenientes en cuanto a los componentes o material presentado y que sea adaptable.
- **Registro y Seguimiento:** Desarrollar un flujo de registro y verificación de identidad a través

del correo electrónico, para un correcto seguimiento de progreso, puntajes, récords personales y sobre estadísticas de desempeño que puedan ser públicas.

- **Módulo de Lecciones con Inteligencia Artificial:** Utilizar la inteligencia artificial para verificar y corregir la precisión de las señas realizadas por el usuario durante las lecciones, garantizando una retroalimentación precisa y efectiva.
- **Módulo de Retos:** Presentar una variedad de actividades desafiantes características del Ecuador que pongan a prueba lo aprendida en los módulos de aprendizaje interactivo y de lecciones, fomentando la práctica y el desarrollo continuo de destrezas.
- **Módulo de Clasificación y Perfil Personalizable:** La clasificación es importante para conocer el progreso colectivo de los usuarios con mejores puntuaciones, y de cierta forma motivando a seguir progresando en el aprendizaje, fomentando una competencia clara y amistosa. Además, ofrece una sección personalizable para que los usuarios ajusten su perfil.

En retrospectiva la traducción bidireccional de mensajes de textos a audios y viceversa es lo que más se está viendo, por la eficacia que esto representa en ciertas situaciones. Por otro lado, la plataforma SoGo Sign busca fomentar una perspectiva de crecimiento y compartición de conocimientos, al integrar inteligencia artificial SoGo Sign va a la vanguardia de la enseñanza de la lengua de señas, permitiendo la validación en tiempo real de las señas realizadas por los usuarios. El aprendizaje de lengua de señas tiene que ser más didáctico, ofrecer experiencias inclusivas e ir mejorando según las necesidades específicas que los usuarios puedan compartir y de esta forma contribuir a la construcción de un entorno académico diverso, equitativo y accesible para toda la comunidad universitaria.

4. Prototipar

Con las ideas consolidadas durante la fase de Ideación, el equipo de desarrollo del proyecto SoGo Sign procedió a la etapa de Prototipado, donde se traducirían las propuestas en prototipos tangibles y funcionales. El objetivo principal es materializar las características clave de la aplicación y evaluar su viabilidad antes de una implementación completa.

a) *Página Web*

Se diseñó y desarrolló una página web que brinda información detallada sobre la plataforma SoGo Sign. Destaca el propósito de la aplicación, sus características clave y cómo los usuarios pueden beneficiarse.



Fig. 10. Prototipo de la página informativa

b) *Registro e Inicio de Sesión*

Se simularon las funcionalidades de registro e inicio de sesión, permitiendo a los usuarios experimentar el proceso respectivo de la información registrada y utilizada posteriormente dentro de la plataforma.



Bienvenido

Nombre de usuario

Contraseña

¿Olvidaste tu contraseña?

Iniciar Sesión

 Google

 GitHub

¿No tienes una cuenta?
Regístrate



Crea una cuenta

Nombre de usuario

Correo electrónico

Contraseña

Confirmar contraseña

Registrar cuenta

¿Tienes una cuenta?
Inicia sesión

a)

b)

Fig. 11. Prototipo de inicio de sesión y registro de usuario

c) Módulo de Aprendizaje

Se generó un prototipo inicial para la interfaz principal de aprendizaje para conocer la funcionalidad y comportamiento del módulo. El prototipo está sujeto a cambios ya sea por motivos de paleta de colores, organización entre otros aspectos.

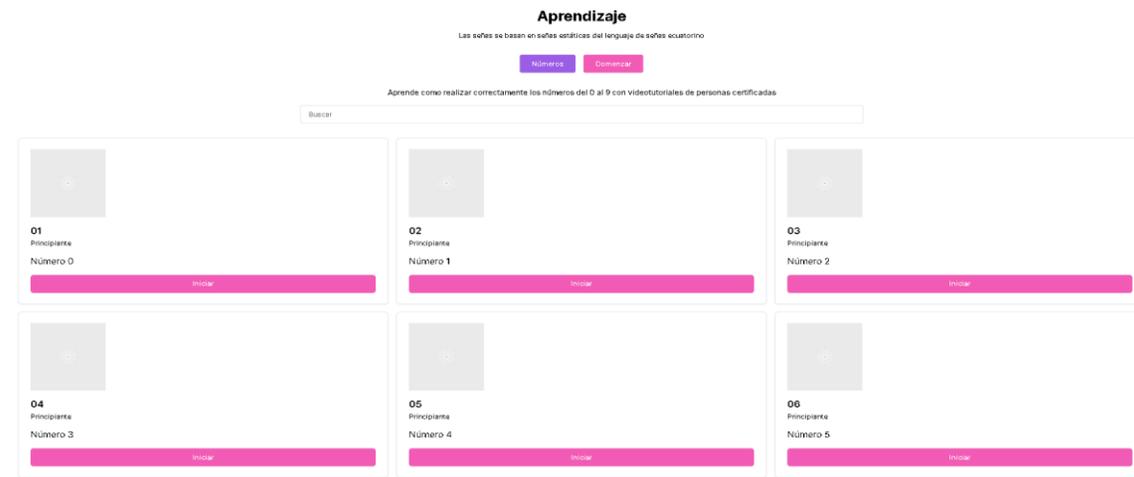


Fig. 12. Prototipo del módulo de aprendizaje

Para la interfaz individual de cada material de aprendizaje propuesto se generó un nuevo prototipo donde se observa una descripción de la lección actual. El material de estudio compuesto por un video ilustrativo donde se explicará cómo realizar la seña de la lección actual estará presente en la parte izquierda mientras que en la parte derecha estará ubicada la cámara web del usuario para que, de manera paralela, realice la seña del video.



Fig. 13. Prototipo del módulo de aprendizaje interno.

d) Módulo de Lecciones

Se desarrolló un prototipo funcional del módulo de aprendizaje, integrando modelos de inteligencia artificial para verificar la precisión de las señas realizadas por los usuarios. Esto proporciona una vista previa de la distribución de contenido que la aplicación puede corregir y retroalimentar.

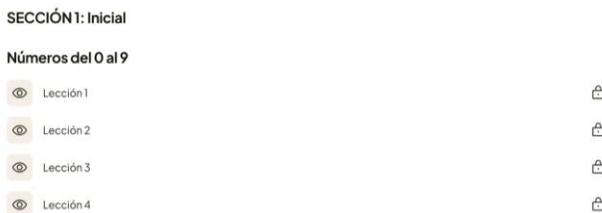


Fig. 14. Prototipo del módulo de lecciones

e) Módulo de Retos

Se implementó una versión preliminar del módulo de retos que presenta diversas actividades desafiantes para poner a prueba el contenido aprendido. Este prototipo permite evaluar la efectividad de los desafíos para motivar la práctica continua.

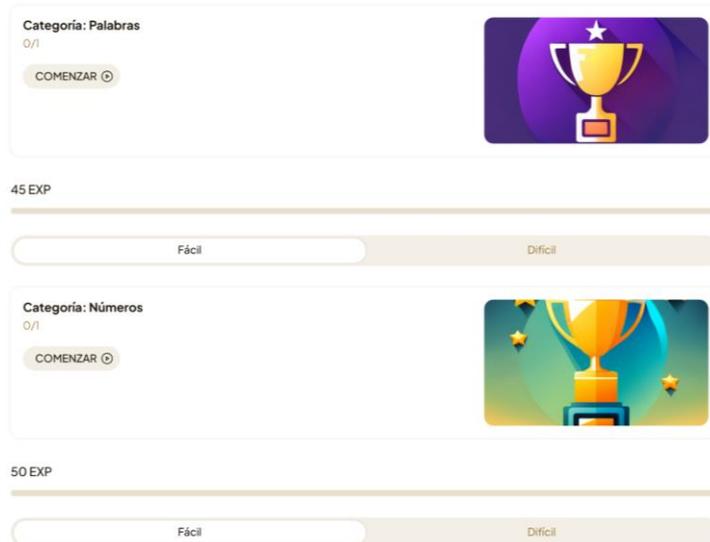


Fig. 15. Prototipo del módulo de retos

f) Módulo de la Tabla de Clasificación

Se creó un prototipo interactivo del módulo de clasificación, mostrando cómo los usuarios pueden conocer su puntuación. Esto permite evaluar la efectividad de la competición amigable para motivar el uso continuo de la plataforma.

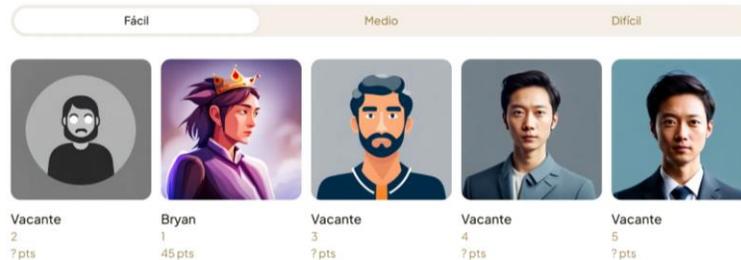


Fig. 16. Prototipo del módulo de clasificación

g) Módulo del Perfil de Usuario.

Se desarrolló un prototipo interactivo para el módulo de perfil personalizable, demostrando cómo los usuarios pueden personalizar sus perfiles. Esto facilita modificar el nombre de usuario, el icono o avatar y la contraseña asignada a la cuenta actual toda la información del usuario registrado a excepción del correo electrónico por motivos de seguridad.

C. Análisis de Requerimientos

1. Requerimientos Funcionales

En la **TABLA VI** se abordan aspectos clave para garantizar una experiencia integral en la plataforma. La creación de cuentas, tanto manual como mediante sincronización con Google o GitHub. El inicio de sesión con nombre de usuario y contraseña garantiza un acceso seguro, respaldando la prioridad asignada. El aprendizaje a través de material audiovisual y las lecciones interactivas con inteligencia artificial para evaluar conocimientos. Los retos por dificultad motivan la mejora continua. La implementación de una tabla de clasificación para seguir el progreso individual refuerza la competitividad. Las opciones de personalización de perfil permiten una experiencia más ajustada. Finalmente, el restablecimiento de contraseñas. En conjunto, estos

requerimientos aseguran una experiencia completa, desde la creación de cuentas hasta la participación, fomentando el aprendizaje y la competitividad en la plataforma.

TABLA VI
REQUISITOS FUNCIONALES

ID	Requerimiento funcional	Descripción	Prioridad
RF 1	Registrar usuario	Crear una cuenta ingresando de forma manual los campos requeridos para el usuario o sincronizando una cuenta existente de Google o GitHub.	Alta
RF 2	Iniciar sesión	Utilizar campos requeridos, como el nombre de usuario y la contraseña, para iniciar sesión.	Alta
RF 3	Material de aprendizaje	Generar material audiovisual para aprender las lenguas de señas ecuatorianas sin movimiento.	Media
RF 4	Lecciones interactivas	Evaluar el conocimiento de las señas con inteligencia artificial para comprobar el resultado.	Alta
RF 5	Retos por dificultad	Implementar lecciones desafiantes con dinámicas clasificadas por dificultad.	Alta
RF 6	Tabla de clasificación	Realizar seguimiento de los puntos por usuario en relación con las lecciones y retos.	Media
RF 7	Personalización de perfil	Modificar la información del usuario.	Baja
RF 8	Restablecer contraseña	Modificar la contraseña cuando no está dentro de la plataforma.	Baja

2. *Requerimientos No Funcionales*

En la **TABLA VII** se establecen criterios esenciales para la eficiencia y calidad del sistema. La seguridad se enfoca en la protección de los datos de los usuarios mediante medidas de cifrado y protocolos seguros. La adaptabilidad asegura una experiencia consistente en diversos dispositivos y tamaños de pantalla. La eficiencia en el procesamiento optimiza la inteligencia artificial para verificar las señas en tiempo real. Se busca un rendimiento fluido con pruebas para identificar y resolver posibles cuellos de botella. La accesibilidad se destaca al seguir pautas y estándares para garantizar la inclusión de personas con discapacidades. La escalabilidad se considera esencial para permitir la incorporación de nuevas funciones y usuarios sin afectar el rendimiento. La privacidad se prioriza cumpliendo regulaciones y estándares, con políticas claras y consentimiento informado.

TABLA VII
REQUISITOS NO FUNCIONALES

ID	Requerimiento no funcional	Descripción	Prioridad
RF 1	Seguridad	Garantizar la seguridad en el almacenamiento de datos de usuarios y durante las transacciones en la plataforma. Se implementarán medidas de cifrado y protocolos seguros.	Alta
RF 2	Adaptabilidad	Asegurar que la aplicación sea responsive, adaptándose a diferentes dispositivos y tamaños de pantalla. Se realizarán pruebas en diversas plataformas y dispositivos para garantizar la adaptabilidad.	Alta
RF 3	Eficiencia en el Procesamiento	La inteligencia artificial utilizada en el módulo de aprendizaje debe ser eficiente para verificar las señas en tiempo real. Se optimizarán los algoritmos y se utilizarán recursos de hardware eficientemente.	Alta
RF 4	Rendimiento	La plataforma debe tener un rendimiento fluido y rápido para garantizar una experiencia de usuario satisfactoria. Se realizarán pruebas de rendimiento para identificar y resolver posibles cuellos de botella.	Media
RF 5	Accesibilidad	Asegurar que la plataforma sea accesible para personas con discapacidades y cumpla con estándares de accesibilidad web. Se seguirán las pautas de accesibilidad WCAG para garantizar la inclusión de todos los usuarios.	Alta
RF 6	Escalabilidad	Diseñar la aplicación para que sea escalable, permitiendo la incorporación de nuevas funciones y un aumento en el número de usuarios sin afectar el rendimiento. Se utilizará una arquitectura escalable y se planificará para el crecimiento futuro.	Alta
RF 7	Privacidad	Garantizar la privacidad de la información del usuario, cumpliendo con las regulaciones y estándares de protección de datos. Se implementarán políticas de privacidad claras y se obtendrá el consentimiento informado de los usuarios.	Alta
RF 8	Tiempo de Respuesta	Mantener un tiempo de respuesta óptimo en todas las funciones de la plataforma para mejorar la experiencia del usuario. Se optimizarán los recursos de red y la eficiencia de las consultas a la base de datos.	Media

D. Metodología Kanban

La adopción de esta metodología se da en la fase de desarrollo del proyecto lo que proporciona un marco estructurado para abordar de manera efectiva los desafíos específicos del frontend y backend. La creación de tareas visuales en el frontend facilitó una comprensión clara de los objetivos de diseño y experiencia del usuario, mientras que el establecimiento de columnas de trabajo proporciona una visualización fluida y ordenada de las etapas del proceso. La asignación de responsabilidades se llevó a cabo de manera equitativa, asegurando que cada miembro del equipo contribuye de manera efectiva a los objetivos comunes.

La integración de Jira como herramienta central para la gestión colaborativa demostró ser fundamental. Las herramientas y funcionalidades clave de Jira facilitaron una coordinación sin fisuras entre los miembros del equipo, permitiendo la asignación eficiente de tareas, el seguimiento de problemas y una comunicación efectiva. La retroalimentación continua en Jira se convirtió en un componente valioso para la mejora constante del proceso, proporcionando insights que impulsaron ajustes y optimizaciones oportunas.

1. Asignación de Responsabilidades

La eficiencia en el desarrollo del frontend se relaciona en una correcta asignación de tareas y responsabilidades. Cada miembro del equipo asumió roles específicos, ya sea en la creación de elementos visuales, la programación de funciones específicas o la optimización del rendimiento. Esta asignación se realizó considerando las fortalezas individuales y la experiencia previa de cada miembro. Los roles definidos para el desarrollo de la plataforma de lengua de señas ecuatoriana SoGo Sign se resumen en la **TABLA VIII**.

TABLA VIII
ROLES ASIGNADOS AL EQUIPO DE DESARROLLO

Rol	Responsable	Función
Propietario	Mgtr. Verónica Martínez	Asignar los requerimientos funcionales de la aplicación y asegurar su implementación.
Desarrollador	Anthony Mauricio Goyes Díaz Bryan Alfredo Solórzano Montero	Implementar las actividades generadas en el visor de tareas de Kanban para el frontend y backend
Analista de Calidad	Bryan Alfredo Solórzano Montero	Verificar que los procesos cumplan con estándares establecidos, detectando y corrigiendo problemas para mejorar la satisfacción del usuario.
Diseñador UX	Anthony Mauricio Goyes Díaz	Evaluar y asegurar que el producto se alinee con estándares de experiencia del usuario y mejorar la usabilidad y la satisfacción del usuario.

2. Tarjetas Visuales

En la **TABLA IX** se visualizan las tarjetas Kanban las cuales detallan las tareas críticas, el proyecto se encuentra en una fase de organización y ejecución, por lo que es necesario comenzar una planificación inicial, dentro del cual está el levantamiento de requerimientos, selección de

metodologías y tecnologías. Entre las implementaciones claves está el diseño de interfaces, desarrollo del módulo clasificadorio y comenzar con la creación del aplicativo web. Todo este desarrollo se vería comprometido si las tarjetas no contaran con fechas de inicio y fin, descripciones y responsabilidades siendo la esencia de la ejecución. Este flujo permite tener una observación estructurada de las actividades pendientes y en curso, agilizando el seguimiento del progreso en todas las etapas del proyecto.

TABLA IX
TARJETAS KANBAN

ID	Prioridad	Tarea	Descripción	Fecha	
				Inicio	Fin
AB-01	Alta	Levantamiento de requerimientos	Realizar el análisis de los requerimientos del proyecto.	2023/09/25	2023/09/26
AB-02	Alta	Selección de metodologías	Evaluar la metodología de desarrollo adecuada	2023/09/02	2023/09/27
AB-03	Alta	Selección de tecnologías	Identificar las tecnologías utilizadas	2023/09/28	2023/10/01
AB-04	Alta	Definir la arquitectura	Establecer la estructura arquitectónica de la aplicación	2023/09/29	2023/10/01
AB-05	Media	Diseñar mockups de las interfaces	Crear representaciones visuales de las interfaces de usuario	2023/10/02	2023/10/03
AB-06	Alta	Generar flujo de comunicación	Diseñar y documentar el flujo de interacción y comunicación	2023/10/04	2023/10/08
AB-07	Alta	Recopilación de datos	Recoger y organizar datos necesarios para el desarrollo del modelo clasificadorio	2023/10/02	2023/10/04
AB-08	Alta	Tratamiento de datos	Aplicar procesos de tratamiento y limpieza a los datos recopilados	2023/10/05	2023/10/06
AB-09	Alta	Creación y entrenamiento de modelos	Desarrollar y entrenar modelos para el modelo clasificadorio	2023/10/07	2023/10/08
AB-10	Media	Comparación de los modelos	Evaluar y comparar la eficacia de los modelos creados	2023/10/09	2023/10/11
AB-11	Media	Levantamiento de servidor SMTP	Configurar el servidor SMTP para el envío de correos electrónicos	2023/10/16	2023/10/21
AB-12	Alta	Registro de usuarios	Implementar la funcionalidad de registro de usuarios	2023/10/22	2023/10/27
AB-13	Alta	Funcionalidad para el inicio de sesión	Implementar inicio de sesión en la aplicación por credenciales o usando proveedores como Google o GitHub	2023/10/28	2023/11/03

TABLA IX
(CONTINUACIÓN) TARJETAS KANBAN

AB-14	Alta	Material de aprendizaje	Desarrollar material educativo para usuarios, considerando el aprendizaje interactivo	2023/11/04	2023/11/11
AB-15	Alta	Lecciones interactivas	Crear lecciones interactivas para mejorar la experiencia de aprendizaje	2023/11/12	2023/11/28
AB-16	Alta	Desarrollar módulo de retos	Crear retos interactivos para mejorar la experiencia de aprendizaje	2023/11/29	2024/01/07
AB-17	Media	Interfaz para visualizar y editar el perfil de usuario	Desarrollar la interfaz para que los usuarios visualicen y editen la información del usuario	2024/01/08	2024/01/14
AB-18	Alta	Página web informativa	Crear la página web para ofrecer el acceso a la aplicación web e información relevante	2023/11/29	2024/01/14
AB-19	Alta	Pruebas de funcionalidad	Realizar pruebas para garantizar el correcto funcionamiento de la aplicación	2024/01/15	2024/01/24
AB-20	Alta	Producto final	Concluir el desarrollo y presentar el producto final de la aplicación instalado en la universidad de las fuerzas armadas ESPE	2024/02/26	2024/03/01

3. Backlog

La lista dinámica que encapsula todas las funcionalidades, mejoras y requisitos de un producto o proyecto en desarrollo es una herramienta clave de la metodología de Kanban. Sirve como una fuente única de verdad para el equipo de desarrollo y demás interesados del proyecto o stakeholders. En este registro, cada elemento es una unidad de trabajo potencial, detallando lo que debe ser implementado o mejorado. La prioridad asignada a cada elemento refleja su importancia relativa en el contexto del proyecto. El backlog resultante generado con la herramienta de Jira se presenta en la **Fig. 17**.

SOGO-17 Pasos iniciales		TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-25 Levantamiento de requerimientos	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-18 Selección de metodología	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-19 Selección de tecnologías	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-26 Definir arquitectura de la aplicación	TAREAS PO...	●
SOGO-9 Maquetación/Mockups		TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-10 Diseñar mockups de las interfaces a utilizar	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-11 Generar flujo de comunicación	TAREAS PO...	●
SOGO-2 Creación del modelo clasificatorio		TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-3 Recopilación de datos	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-15 Tratamiento de datos	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-4 Creación y entrenamiento de modelos	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-5 Comparación de los modelos	TAREAS PO...	●
SOGO-20 Implementación FrontEnd		TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-21 Levantamiento de Servidor SMTP para confirmación ...	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-12 Registro de usuarios	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-13 Inicio de sesión	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-22 Material de aprendizaje	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-27 Lecciones interactivas	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-28 Desarrollar módulo de retos	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-29 Interfaz para visualizar y editar información del usu...	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-30 Aplicación web o landing	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-31 Pruebas de funcionalidad	TAREAS PO...	●
<input checked="" type="checkbox"/>	SOGO-32 Producto final	TAREAS PO...	●

Fig. 17. Tareas asignadas usando el artefacto backlog

4. Tablero

En la **Fig. 18** se reflejan de manera clara y accesible el tablero Kanban y las diferentes etapas del flujo de trabajo, desde la captura de requerimientos hasta la implementación y prueba de funcionalidades. Cada tarea se representa como una tarjeta visual, permitiendo a los miembros del equipo y al Propietario tener una visión completa y actualizada del estado de cada elemento. Las columnas del tablero representan las distintas fases del proceso, desde las tareas pendientes hasta aquellas que han sido completadas. Este enfoque visual facilita la identificación de cuellos de botella, la asignación de recursos y la toma de decisiones informadas.

POE HACER 0	EN CURSO 4	LISTO 0	PRUEBAS 1
<p>Registro de usuarios</p> <p>NO COMPLETADO</p> <p>SOGO-12</p>	<p>Comparación de los modelos</p> <p>COMPLETADO</p> <p>SOGO-5</p>	<p>Selección de tecnologías</p> <p>COMPLETADO</p> <p>SOGO-19</p>	<p>Pruebas de funcionalidad</p> <p>COMPLETADO</p> <p>SOGO-31</p>
<p>Inicio de sesión</p> <p>NO COMPLETADO</p> <p>SOGO-13</p>	<p>Diseñar mockups de las interfaces a utilizar</p> <p>NO COMPLETADO</p> <p>SOGO-10</p>	<p>Levantamiento de requerimientos</p> <p>PASOS INICIALES</p> <p>SOGO-25</p>	
<p>Material de aprendizaje</p> <p>NO COMPLETADO</p> <p>SOGO-22</p>	<p>Generar flujo de comunicación</p> <p>NO COMPLETADO</p> <p>SOGO-11</p>	<p>Selección de tecnologías</p> <p>PASOS INICIALES</p> <p>SOGO-19</p>	
<p>Lecciones interactivas</p> <p>NO COMPLETADO</p> <p>SOGO-27</p>	<p>Aplicación web o landing</p> <p>NO COMPLETADO</p> <p>SOGO-30</p>	<p>Selección de metodología</p> <p>PASOS INICIALES</p> <p>SOGO-18</p>	
<p>Levantamiento de Servidor SMTP para confirmación de correo electrónica</p> <p>NO COMPLETADO</p> <p>SOGO-21</p>		<p>Definir arquitectura de la aplicación</p> <p>PASOS INICIALES</p> <p>SOGO-26</p>	
<p>Desarrollar módulo de retos</p> <p>NO COMPLETADO</p> <p>SOGO-28</p>		<p>Recopilación de datos</p> <p>COMPLETADO DEL MODELO CLASIFICATORIO</p> <p>SOGO-3</p>	
<p>Interfaz para visualizar y editar información del usuario</p> <p>NO COMPLETADO</p> <p>SOGO-29</p>		<p>Tratamiento de datos</p> <p>COMPLETADO DEL MODELO CLASIFICATORIO</p> <p>SOGO-15</p>	
<p>Producto final</p> <p>NO COMPLETADO</p> <p>SOGO-32</p>		<p>Creación y entrenamiento de modelos</p> <p>COMPLETADO DEL MODELO CLASIFICATORIO</p> <p>SOGO-4</p>	

Fig. 18. Tablero Kanban con las actividades asignadas

5. Métricas

La implementación de la metodología Kanban se complementa con un conjunto diverso de métricas diseñadas para ofrecer una visión holística y detallada del rendimiento del equipo y del flujo de trabajo. Estas métricas son esenciales para evaluar la eficiencia, identificar áreas de mejora y asegurar un desarrollo ágil y colaborativo. En la **TABLA X** se presentan las métricas clave en la metodología Kanban, cada una de las cuales desempeña un papel crucial en el análisis y la optimización continuos del proceso de desarrollo. Estas métricas, que incluyen Throughput, Lead Time, Cycle Time, WIP (Work In Progress) y Aging Work Items, brindan información valiosa para la toma de decisiones basadas en datos y la mejora constante del rendimiento del equipo.

TABLA X
MÉTRICAS KANBAN

Métrica	Descripción	Objetivo	Fórmula
Rendimiento (Throughput)	Número de tareas completadas en un periodo de tiempo específico	Evaluar la velocidad y eficiencia del equipo en la entrega de funcionalidades.	Número de tareas completadas / Periodo de tiempo específico
Tiempo de Ejecución (Lead Time)	Tiempo transcurrido desde la captura de requerimientos hasta la finalización de una tarea	Identificar posibles retrasos en el ciclo de desarrollo y optimizar el tiempo de entrega.	Fecha de finalización de la tarea - Fecha de captura de requerimientos
Tiempo de Ciclo (Cycle Time)	Tiempo necesario para completar una tarea desde el inicio hasta la finalización	Mejorar la eficiencia operativa y reducir el tiempo de ejecución de tareas individuales.	Fecha de finalización de la tarea - Fecha de inicio de la tarea
Trabajo en Proceso (WIP)	Número de tareas en proceso en un momento dado	Evitar la sobrecarga de trabajo y garantizar un flujo constante de tareas.	Número de tareas en proceso en un momento dado
Antigüedad de Tareas Pendientes (Aging Work Items)	Tiempo acumulado que las tareas han permanecido en el sistema	Identificar tareas que han estado pendientes por períodos prolongados y abordar posibles problemas en el flujo de trabajo.	Tiempo actual - Fecha de captura de la tarea

En la **Fig. 19** se tiene visión detallada del progreso del proyecto, considerando el comienzo y final de cada tarea clave, como el propio *Aplicativo Web* y *Desarrollar Módulos de Retos*, que su vez han experimentado retrasos en su realización. Esas situaciones se generan por diversos factores, como la complejidad y la necesidad de reajustes en el proceso de desarrollo. En la **TABLA X** se logra apreciar las métricas proporcionadas por el software Jira en la herramienta, las cuales ayudan a comprender los cálculos que denotan la gestión proactiva y una planificación efectiva para mitigar errores en futuros proyectos o mejoras

Estos hallazgos subrayan la importancia de una gestión de proyecto diligente, con revisiones periódicas del progreso y una capacidad para adaptarse a los desafíos emergentes. Además, destaca la necesidad de una planificación flexible que pueda acomodar ajustes inevitables sin comprometer la calidad del producto final. La experiencia adquirida de estos retrasos proporciona valiosas lecciones para las tareas siguientes, enfocándose en mejorar la estimación de tiempos y la gestión de riesgos.

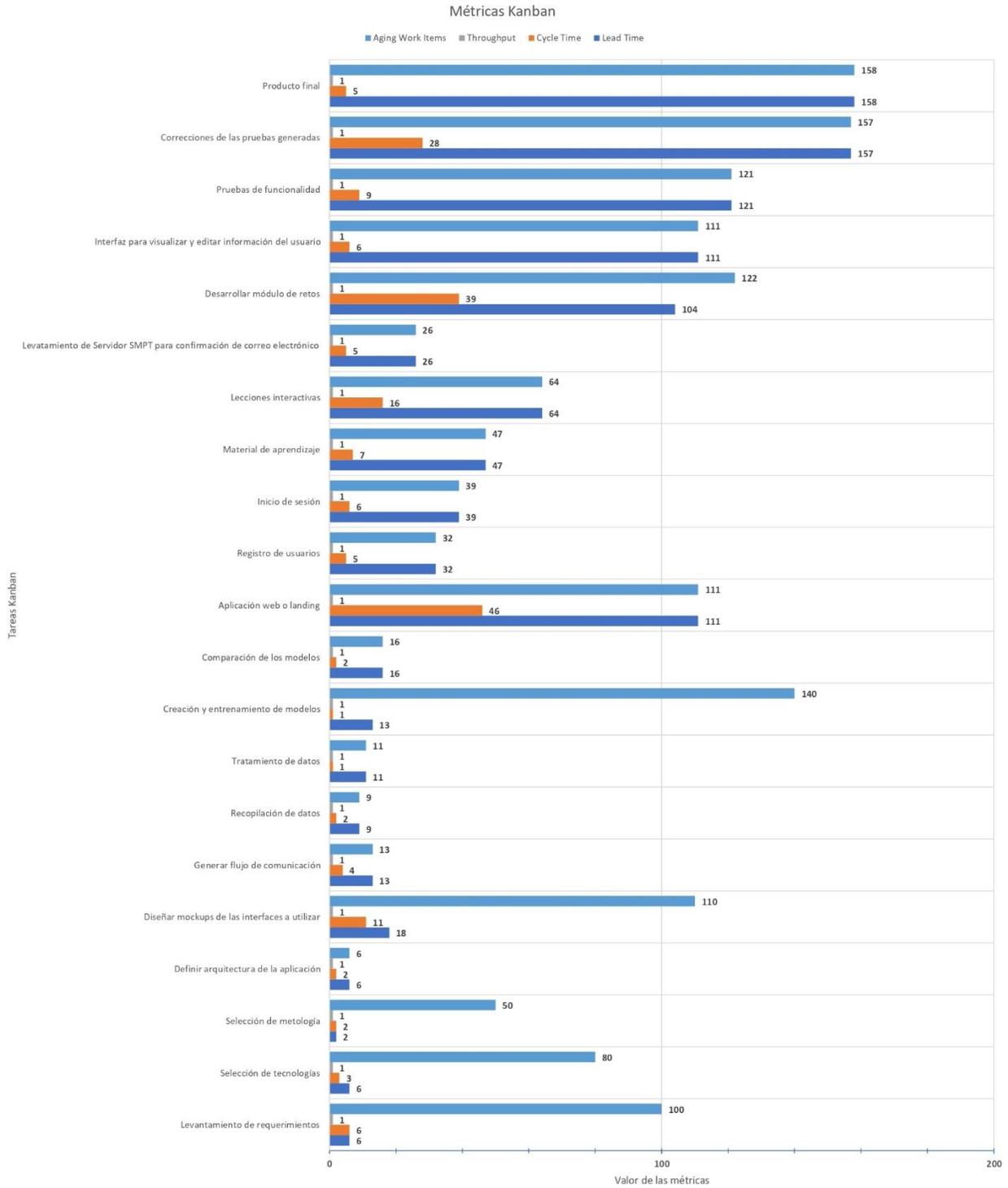


Fig. 19. Métricas de Kanban

IV. CAPÍTULO IV: CASO DE ESTUDIO

En el presente capítulo se describe la arquitectura y el proceso de uso de la aplicación web. Se reflejan las pruebas de carga en base a los criterios de aceptación. El análisis de resultados está realizado con ayuda de usuarios expertos y con rol de estudiantes.

A. Arquitectura

En la **Fig. 20** se visualiza la arquitectura empleada en la cual, para tener acceso a la aplicación web los usuarios necesitan de acceso a internet. Desde el aplicativo llevan a cabo procesos de aprendizaje, lecciones y retos. Cada proceso interacciones con el usuario por lo que se espera mucha concurrencia, tanto en el envío de fotos de la seña realizada para ser validada en el servidor backend, como solicitudes para el cambio de la información del usuario.

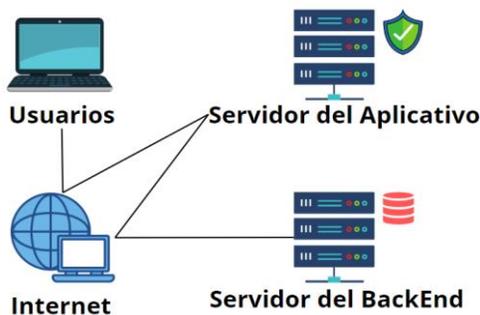


Fig. 20. Arquitectura del aplicativo

La **Fig. 21** presenta con claridad la arquitectura del aplicativo, destacando las tecnologías utilizadas tanto en el frontend, **ANEXO IV**, como en el backend, **ANEXO V**. Esto abarca bibliotecas, frameworks, dependencias, protocolos, estándares y servicios diversos, todos contribuyendo al funcionamiento del aplicativo web.

En este caso se relacionan varios agentes, los cuales tienen un rol y un propósito en todo el proceso, siendo que todos son dependientes uno del otro para un correcto funcionamiento. A continuación, se los explica la relación:

- **Usuarios:** Dispositivos por medio de los cuales los usuarios acceden a la aplicación web.
- **Internet:** Permite la conexión entre todos los entes alrededor del aplicativo.
- **Servidor de Aplicación:** Encargado del alojamiento y funcionamiento del aplicativo, basto

en seguridad para la administración de las solicitudes de los usuarios.

- **Servidor Backend:** Responsable de solventar el tráfico de solicitudes del usuario, que van desde el flujo de disponibilidad hasta las respuestas en las clasificaciones de las señas.
- **Base de datos:** Guarda la información que se ha ingresado por medio de la aplicación o desde API 's de Administración.

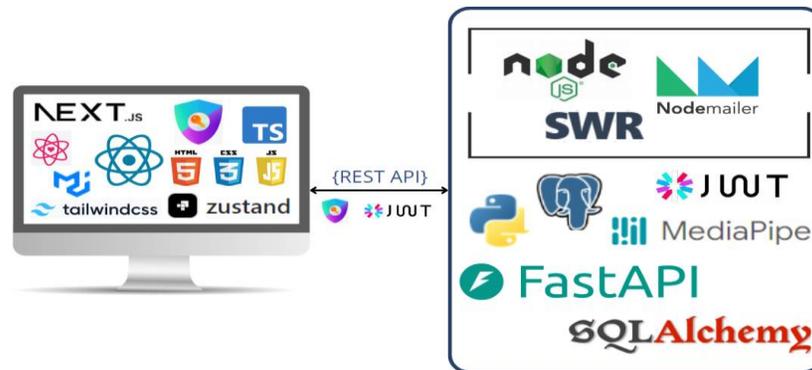


Fig. 21. Herramienta y tecnologías

B. Diseño y Operatividad de Interfaces de Usuario

La experiencia y satisfacción del usuario está fundamentalmente condicionada a la forma de interactuar dentro del aplicativo. Esta sección se hizo en base a los módulos implementados dentro del aplicativo web y que están expuestos en la **TABLA V**.

1. Sitio Web Informativo

Se ha desarrollado una página web que proporciona información detallada sobre la plataforma SoGo Sign. Destaca el propósito de la aplicación, sus características clave y cómo los usuarios pueden beneficiarse. En la **Fig. 22** se puede apreciar el encabezado de la página, donde se explica el propósito de la aplicación; a continuación, se presentan contenidos como las características, la historia del proyecto, información de contacto y, finalmente, las preguntas más frecuentes. Esta página tiene como objetivo persuadir al usuario para que pruebe la aplicación.



Fig. 22. Interfaz de la página web informativa

2. Navegación

Previo al acceso a los módulos, cabe destacar la necesidad de la navegación realizada entre ellos. En la **Fig. 23** se presenta el componente de navegación en sus tres presentaciones, destacando su diseño responsivo. La navegación vertical permanece constante en el lado izquierdo, mientras que la navegación horizontal se ubica en la parte inferior cuando las dimensiones de la pantalla corresponden a las de una Tablet o teléfono.

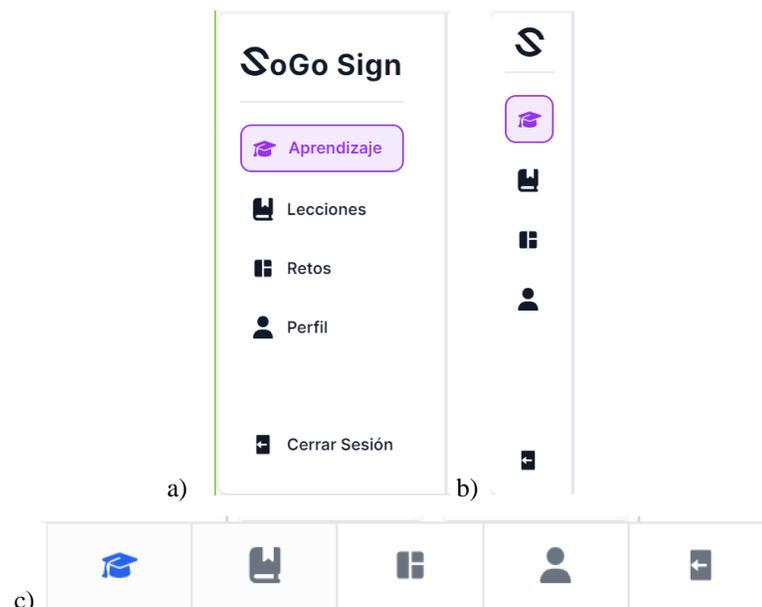


Fig. 23. Componente de navegación

3. Diseño

La **Fig. 24** representa la distribución del contenido en los tres módulos principales: aprendizaje, lecciones y retos. La única excepción es el módulo destinado a la autenticación del usuario. Es relevante señalar que tanto el componente de navegación como el de ranking permanecen inalterados a pesar de la transición entre módulos. La variabilidad recae en el componente dedicado al contenido, el cual se ajusta según el módulo al que se esté accediendo.

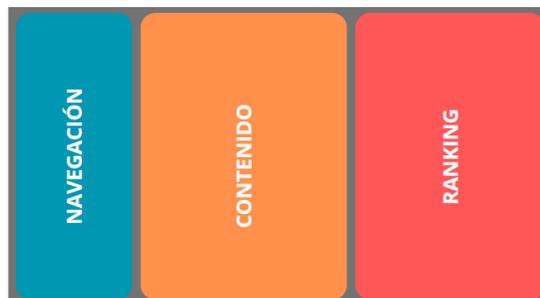


Fig. 24. Lienzo del aplicativo web

4. Registro

En la **Fig. 25** se observa el componente para el proceso de registro de un nuevo usuario. Hay que mencionar que esta vista es moldeable al ancho de los dispositivos y los requisitos de este proceso son identificar un nombre de usuario, correo personal y destinar la contraseña de acceso.

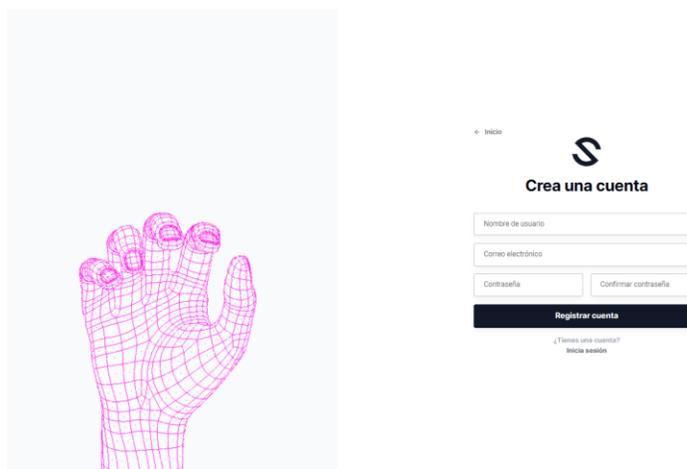


Fig. 25. Interfaz de registro de usuario

5. Contenido del Correo de Verificación

El componente de registro anterior está relacionado directamente con esta sección lo que permite realizar el seguimiento del proceso de autenticación. Después del registro se informa, enviando un correo electrónico con el enlace de verificación. En la **Fig. 26** se puede visualizar el contenido de dicho correo, el cual incluye el nombre del usuario, un mensaje de bienvenida y, lo más relevante, el botón o enlace que redirigirá al usuario a la pantalla de verificación de la aplicación.

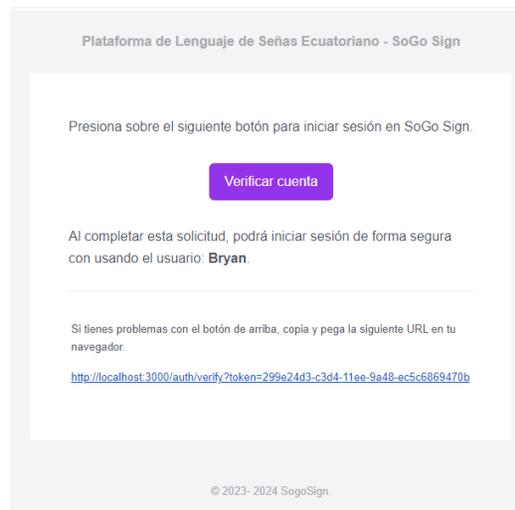


Fig. 26. Contenido del correo de verificación

6. Verificación

Este proceso consta de dos fases. En la primera fase, se espera la validación de una clave de acceso o token para asegurar que no está intentando verificar una cuenta de manera forzada o incorrecta. Posteriormente, se visualiza el contenido tal como se muestra en la **Fig. 27** (a), donde se detalla que el proceso de verificación se iniciará al hacer clic en el botón 'Verificar'. Continuando en el proceso de verificación, en la **Fig. 27** (b) se observa que el proceso fue realizado correctamente permitiendo acceder a la aplicación web con las credenciales generadas en la interfaz de registro.

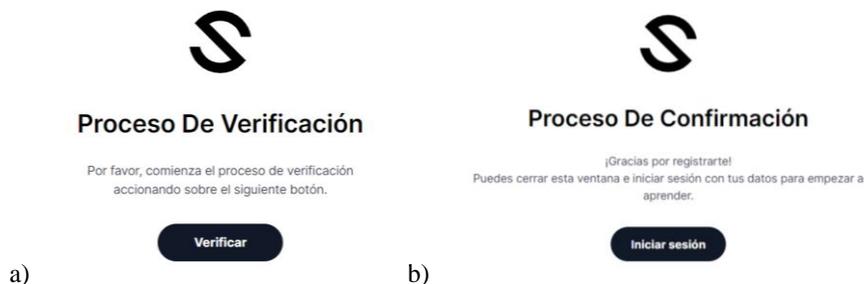


Fig. 27. Interfaz del proceso de verificación

7. Inicio de Sesión

En la **Fig. 28** se muestran las credenciales requeridas para el proceso de inicio de sesión, que incluyen el nombre de usuario y la contraseña. Este procedimiento ha sido optimizado al incorporar proveedores que permiten el inicio de sesión, ya sea mediante las credenciales tradicionales del usuario o a través de las cuentas de Google o GitHub.

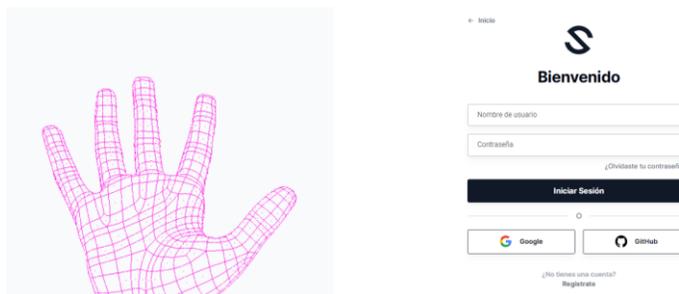


Fig. 28. Interfaz de inicio de sesión

8. Módulo de Aprendizaje

En su contenido, se presenta material audiovisual destinado al aprendizaje del lenguaje de señas, abordando conceptos fundamentales como la sección de números (0-9), y el abecedario, excluyendo las letras que requieren movimiento. En la **Fig. 29** se visualiza este contenido junto con un diseño que proporciona información detallada sobre los temas a aprender. Cada componente contribuye de manera inclusiva al proceso de aprendizaje. La imagen de fondo de estos componentes ilustra la forma correcta de realizar la señal para el valor correspondiente. Al hacer clic en el botón "Reproducir", se reproduce un audio asociado al contenido.

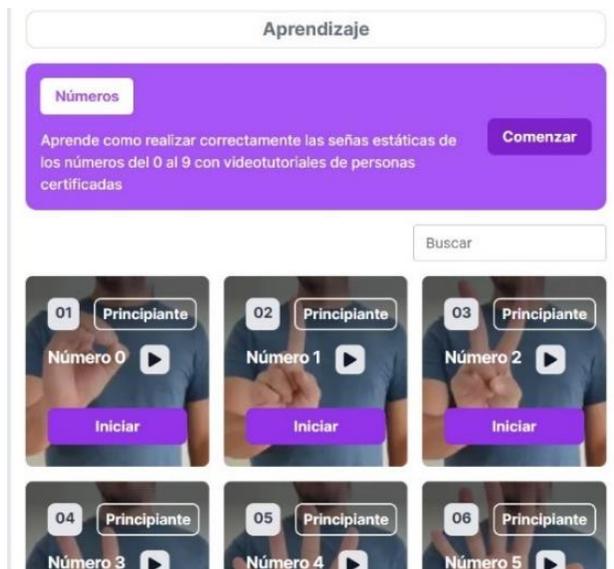


Fig. 29. Interfaz del módulo de aprendizaje

La interfaz interna del módulo de aprendizaje anterior se presenta en la **Fig. 30**, donde se encuentran diversos componentes diseñados para facilitar el aprendizaje. En la parte superior, se dispone de una barra de descripción que especifica el punto actual del proceso de aprendizaje. A la izquierda de esta barra, se ubica una flecha que despliega el contenido restante por aprender, mientras que en el extremo opuesto se encuentra una "X" que permite cerrar la ventana y regresar a la página principal del módulo de aprendizaje.

La parte más destacada se encuentra en el centro, donde se presenta un video de alta calidad con subtítulos que proporciona explicaciones sobre cómo realizar la seña correspondiente. En el lado opuesto de la ventana, se integra un componente que activa la cámara del dispositivo utilizado, permitiendo al usuario determinar si está ejecutando las señas de manera correcta durante la práctica.

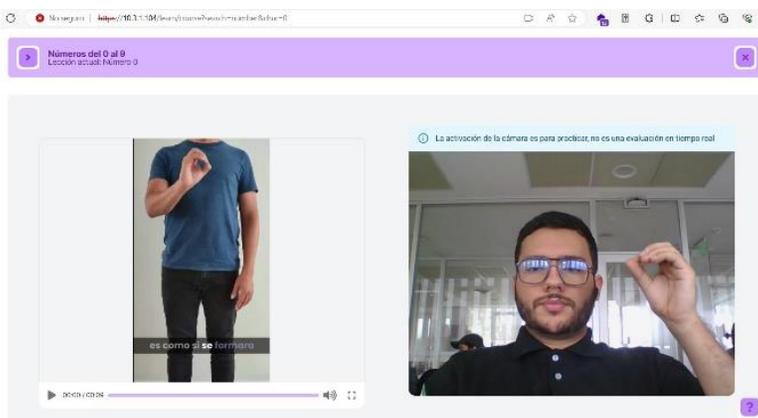


Fig. 30. Interfaz del módulo de aprendizaje interno

9. Módulo de Lecciones

La **Fig. 31** (a) presenta el módulo de lecciones, destacando la interesante estructura que permite la división en secciones. Estas secciones se centran en el contenido revisado dentro del módulo de aprendizaje, abarcando los números del cero al nueve, las vocales y todas las letras con señas estáticas del abecedario. Se observa un progreso evidente, donde el avance en el conocimiento es fundamental para desbloquear las secciones sucesivas de lecciones. El contenido del módulo de lecciones se caracteriza por ser escalable, progresivo y motivador, alentando a los usuarios a completar las etapas de las diversas secciones.

En la **Fig. 31** (b) se logra ver la información al presionar sobre una de las lecciones que no esté bloqueada. Se muestra el contenido de la lección, las características de si el contenido será mostrado aleatoriamente o no y el estado de esa lección.

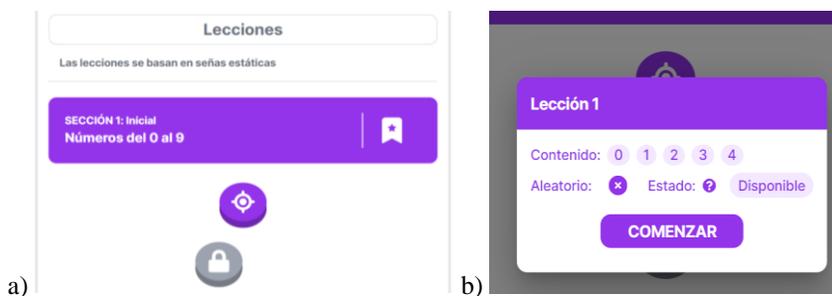


Fig. 31. Interfaz del módulo de lecciones

En la **Fig. 32** se presenta la interfaz destinada al iniciar una lección. En la parte superior, se encuentra una barra de progreso que refleja los aciertos en cada uno de los contenidos de la lección respectiva. A los lados de este componente, se sitúan símbolos representados por la letra "X" que permiten salir de la lección, si el usuario ya ha generado un progreso dentro de la lección se le presentará una ventana de confirmación para salir, perdiendo el progreso. Del lado opuesto, se visualiza un ícono de corazón con el número de vidas o intentos disponibles.

En la sección central, se presenta una imagen de la seña que el usuario debe realizar, acompañada por un componente que activa la cámara. Este último brinda la opción de configurar el tiempo para tomar la foto y de reiniciar el temporizador, ofreciendo una experiencia interactiva. La parte inferior incluye una descripción del reto, la cantidad de intentos permitidos para ese contenido específico y un botón para verificar la precisión de la seña realizada. Los intentos restantes se descuentan, y al repetir una señal tres veces, se resta una vida, pero el usuario continúa con el siguiente contenido.

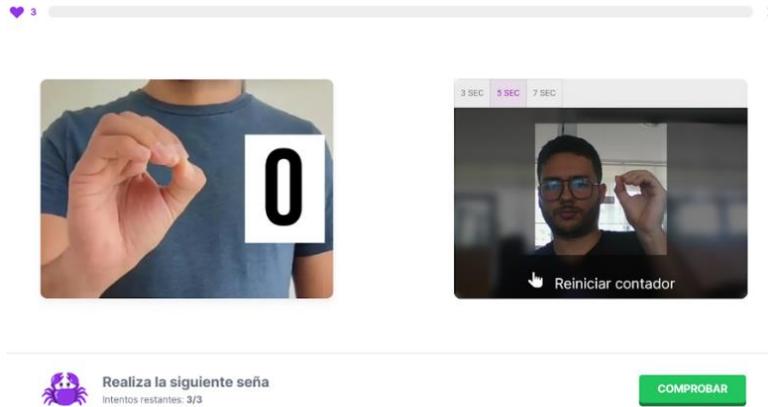


Fig. 32. Interfaz del módulo de lecciones individuales

10. Módulo de Retos

En la **Fig. 33** se presenta una vista general del módulo, donde inicialmente se brinda una explicación detallada sobre los aspectos a considerar al buscar y participar en un reto. Esto incluye la comprensión de los tipos de retos, sus niveles de dificultad y, sobre todo, la categoría a la que pertenecen.

El componente principal para comenzar un reto son las cartas. Presenta un título que expresa la categoría, que en este caso se limita a dos opciones: palabras y números. Además, incluye un botón de incógnita para repasar la descripción del módulo, y un menú desplegable para la selección de la dificultad, que puede configurarse en fácil, medio o difícil. Dependiendo de la dificultad seleccionada, la barra de progreso variará según los retos existentes y los ya completados. Además, se observa que los retos de la categoría "Palabras" con dificultad "fácil" han sido completados en su totalidad, mostrando el puntaje correspondiente a la realización exitosa de todos esos retos.



Fig. 33. Interfaz del módulo de retos

Al iniciar el reto, se visualiza el contenido, el cual guarda similitud con el módulo de lecciones interno, con la diferencia notoria en la barra inferior al omitir el número de intentos por etapa. Cada fallo resulta en la pérdida de una vida, y se incorpora un nuevo componente que registra el tiempo de duración de cada reto; si este excede el límite establecido, el reto finaliza.

El contenido se presenta de manera diversa según la configuración de cada reto, especialmente en la categoría de números, donde pueden surgir operaciones matemáticas. En el caso de las palabras, se eligen aleatoriamente letras que el usuario debe realizar. En la **Fig. 34** se muestra un tipo de reto relacionado con la categoría de números. De manera similar, en los retos de palabras, las letras que requieren clasificación se resaltan en color morado, mientras que las que no necesitan atención o ya fueron clasificadas se destacan en azul.

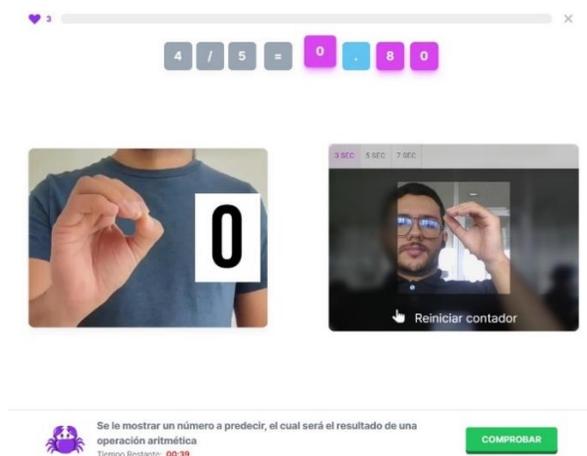


Fig. 34. Interfaz del módulo de retos individuales

11. Retos Personalizados

Esta sección forma parte del módulo de retos y su utilización está condicionada a la finalización de todos los retos de al menos una dificultad en cualquier categoría. Una vez cumplido este requisito, al hacer clic en el botón "Comenzar", se inicia el reto personalizado. El primer paso consiste en completar el formulario que se muestra en la **Fig. 35**, donde se especifican el contenido a tratar, el tiempo máximo, el número de vidas y cualquier característica adicional deseada. Si se opta por iniciar un reto en la categoría numérica, se brinda la opción de seleccionar operadores aritméticos como suma, resta, multiplicación y división.

Fig. 35. Interfaz de retos personalizados

12. Módulo de la Tabla de Clasificación

Cada esfuerzo dedicado por el usuario para avanzar en su aprendizaje merece reconocimiento, y es precisamente desde este módulo que surge el componente de la tabla de posiciones, proporcionando una oportunidad para que todos participen abiertamente en las lecciones y retos. Su aspecto se aprecia en la **Fig. 36**. El módulo representa el progreso global de todos los usuarios, posicionándose según su desempeño en las lecciones y retos. Una característica distintiva es su capacidad para diferenciar las categorías, las cuales se dividen según el tipo de contenido presente en las lecciones y retos.

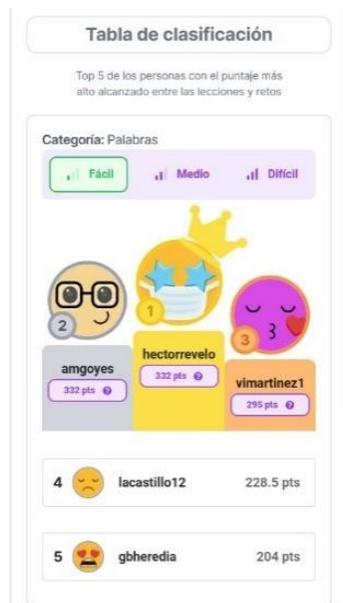


Fig. 36. Interfaz del módulo de la tabla de clasificación

13. Perfil Personalizable

En la **Fig. 37** se presenta la totalidad de elementos a los que el usuario tiene acceso en relación con su perfil, tales como su icono de perfil y nombre de usuario. Además, se ofrece la funcionalidad de editar cierta información, como el propio icono de perfil, nombre de usuario y la contraseña.

The screenshot displays a user profile interface. At the top, there is a 'Perfil' header. Below it is a profile picture of a yellow character with glasses. The user's name is 'amgryes' and the email is 'amgryes@espe.edu.ec'. There is a 'Cambiar' button and a 'Contraseña actual:' field with a password input box. A dark 'Actualizar' button is at the bottom of the profile card. Below the profile card is a 'Puntuación Personal' section. It contains two challenge categories: 'Palabras' and 'Numeros'. Each category has a progress bar with 'Fácil', 'Medio', and 'Difícil' levels. The 'Palabras' category shows a score of '#2 332 pts' and the 'Numeros' category shows '#1 242 pts'.

Fig. 37. Interfaz del módulo perfil de usuario

La información detallada de cómo funciona el aplicativo web Sogo Sign, incluyendo la interacción del usuario con los mensajes emergentes y el flujo principal que se debe seguir, está presente en Manual de Usuario del **ANEXO VI**.

C. Diseño y Operatividad de la Base de Datos

1. Diagrama de Base de Datos

Para gestionar la información del aplicativo web, se utiliza PostgreSQL. La **Fig. 38** presenta el esquema completo de la base de datos escalable, incluyendo las correspondientes relaciones y las tablas transaccionales “user_lesson”, “reach_challenge” y “challenges_customized”. Este diagrama es autogenerado mediante DBeaver, una herramienta específica para la gestión de bases de datos.

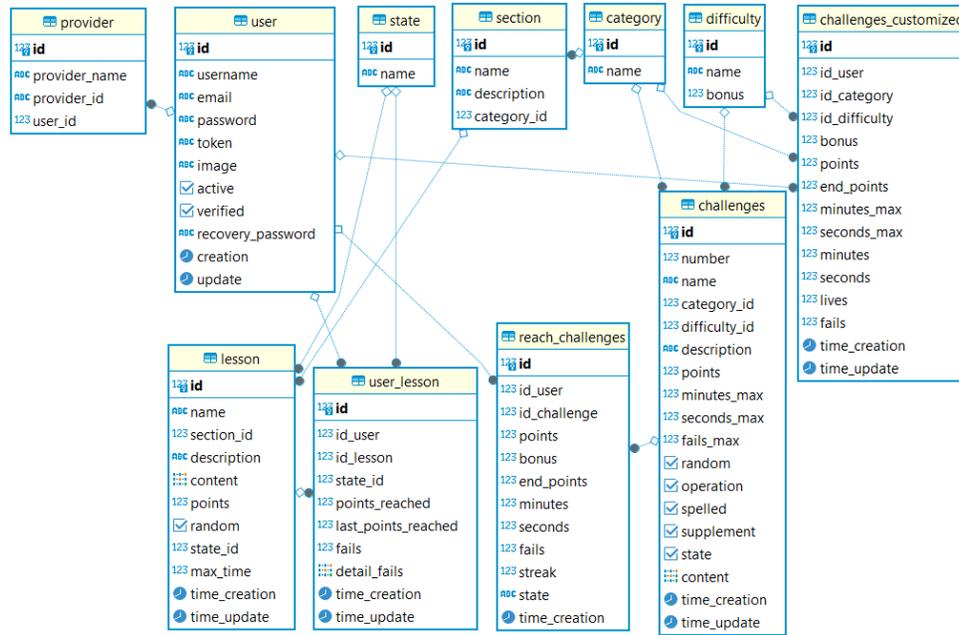


Fig. 38. Esquema de la base de datos

D. Análisis de Resultados

1. Retroalimentación de Usuarios Expertos

La usabilidad de la aplicación web debe ser evaluada, para ello se ha implementado un formulario de Google destinado a recopilar información sobre la percepción de algunos usuarios experimentados. Los datos recopilados de estos usuarios expertos se presentan en la **TABLA XI**, mientras que en la **TABLA XII** se muestran los datos correspondientes al resto de los usuarios con un perfil sólido.

La recopilación de datos en esta sección es esencial, ya que algunas de las personas seleccionadas poseen un alto grado de comprensión en áreas como inteligencia artificial, tecnologías de la información, aplicaciones web, desarrollo tecnológico e incluso poseen experiencia como intérpretes en estos campos. Estos usuarios experimentados ofrecen una perspectiva valiosa que contribuirá significativamente a la mejora de la usabilidad de la aplicación.

TABLA XI
INFORMACIÓN DE LOS USUARIOS EXPERTOS

Nombres	Cargo	Área de conocimiento	Contribución
Verónica Martínez	Ingeniero/Docente	Desarrollo Tecnológico	Pruebas del sistema
Luis Castillo	Ingeniero/Docente	Desarrollo Tecnológico	Pruebas del sistema
Luis Ortiz	Ingeniero/Docente	Inteligencia Artificial	Pruebas del sistema
Ponce Puente	Ingeniero/Docente	Desarrollo de Aplicaciones web	Pruebas del sistema
Héctor Revelo	Ingeniero/Docente	Tecnologías de la Información	Pruebas del sistema
Wilson Cisneros	Ingeniero/Docente	Interpreto calificado	Pruebas del sistema

TABLA XII
INFORMACIÓN DE LOS USUARIOS CON PERFIL DE USUARIOS

Nombres	Cargo	Área de conocimiento	Contribución
Carlos Lucio	Estudiante	Diseño de interfaces	Pruebas del sistema
Steven Barragán	Estudiante	Desarrollo de software	Pruebas del sistema
Génesis Heredia	Estudiante	Diseño de Interfaces	Pruebas del sistema
Kevin Paute	Estudiante	Pruebas del sistema	Pruebas del sistema

2. Análisis de Resultados Obtenidos

Para esta sección se genera un formulario de Google presente en el **ANEXO I**, que buscan ser lo más específico posible respecto a todos los módulos, procesos y componentes en el aplicativo web. En la **TABLA XIII**, se encuentran los resultados relacionados con ciertos criterios sobre la página web. La **TABLA XIV** aborda el módulo de autenticación, la **TABLA XV** se centra en el módulo de aprendizaje, la **TABLA XVI** examina el módulo de lecciones, mientras que la

TABLA XVII evalúa el módulo de retos. La **TABLA XVIII** se concentra en la tabla de contenidos, la **TABLA XIX** aborda el perfil del usuario y, finalmente, la **TABLA XX** incluye criterios generales del aplicativo.

TABLA XIII
RESULTADOS DE LA PÁGINA WEB

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Contenido	-- %	-- %	10,00 %	10,00 %	80,00 %
Motivación a la exploración	-- %	-- %	-- %	20,00 %	80,00 %
Características	-- %	-- %	10,00 %	40,00 %	50,00 %
Propósito	-- %	-- %	20,00 %	30,00 %	50,00 %
Contactos	-- %	10,00 %	20,00 %	40,00 %	30,00 %
Diseño y estructura	-- %	-- %	10,00 %	20,00 %	70,00 %

TABLA XIV
RESULTADOS DEL MÓDULO DE AUTENTICACIÓN

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Experiencia	-- %	-- %	10,00 %	50,00 %	40,00 %
Contenido	-- %	-- %	30,00 %	10,00 %	60,00 %
Validaciones	-- %	-- %	20,00 %	10,00 %	70,00 %
Seguridad	-- %	-- %	10,00 %	50,00 %	40,00 %
Diseño y estructura	-- %	-- %	10,00 %	20,00 %	70,00 %

TABLA XV
RESULTADOS DEL MÓDULO DE APRENDIZAJE

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Temario	-- %	-- %	-- %	30,00 %	70,00 %
Contenido	-- %	-- %	10,00 %	30,00 %	60,00 %
Componentes	-- %	-- %	-- %	40,00 %	60,00 %
Experiencia	-- %	-- %	10,00 %	20,00 %	70,00 %
Diseño y estructura	-- %	-- %	-- %	30,00 %	70,00 %

TABLA XVI
RESULTADOS DEL MÓDULO DE LECCIONES

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Secciones	-- %	-- %	-- %	20,00 %	80,00 %
Contenido	-- %	10,00 %	10,00 %	30,00 %	50,00 %
Componentes	-- %	-- %	10,00 %	70,00 %	20,00 %
Experiencia	-- %	-- %	10,00 %	50,00 %	40,00 %
Diseño y estructura	-- %	-- %	-- %	30,00 %	70,00 %

TABLA XVII
RESULTADOS DEL MÓDULO DE RETOS

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Información	-- %	-- %	10,00 %	40,00 %	50,00 %
Contenido	-- %	-- %	10,00 %	50,00 %	40,00 %
Retos Personalizados	-- %	-- %	10,00 %	30,00 %	60,00 %
Diseño y estructura	-- %	-- %	-- %	20,00 %	80,00 %

TABLA XVIII
RESULTADOS DEL MÓDULO DE LA TABLA DE CLASIFICACIÓN

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Información	-- %	-- %	-- %	40,00 %	60,00 %
Contenido	-- %	10,00 %	-- %	20,00 %	70,00 %
Retos Personalizados	-- %	-- %	-- %	50,00 %	50,00 %
Diseño y estructura	-- %	-- %	-- %	40,00 %	60,00 %

TABLA XIX
RESULTADOS DEL MÓDULO PERFIL DE USUARIO

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Tipografía	-- %	-- %	10,00 %	30,00 %	60,00 %
Posicionamiento	-- %	-- %	10,00 %	20,00 %	70,00 %
Diseño y estructura	-- %	-- %	20,00 %	20,00 %	60,00 %

TABLA XX
RESULTADOS GENERALES

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Clasificaciones del modelo	-- %	10,00 %	-- %	10,00 %	10,00 %
Estructura	-- %	-- %	10,00 %	60,00 %	30,00 %
Aprendizaje	-- %	-- %	-- %	60,00 %	40,00 %

3. *Criterios de Aceptación*

Después de que el aplicativo ha pasado por el periodo de pruebas y se han llevado a cabo las encuestas de validación, se realizó una revisión con los expertos en relación con los criterios de aceptación expresados en la **TABLA XXI**. Cada uno de estos criterios representan condiciones preestablecidas que el aplicativo web debe cumplir. Los resultados obtenidos fueron examinados y evaluados por los expertos, quienes en todos los casos expresaron experiencias excelentes, buenas y satisfactorias. Sin embargo, en cada evaluación, los expertos proporcionaron recomendaciones que fueron tenidas en cuenta y desarrolladas posteriormente para mejorar aún más el aplicativo.

TABLA XXI
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

Criterio	Evento	Resultado obtenido
CA1-01	Registrar nuevo usuario	Campos validados correctamente
CA1-02	Enviar correo de bienvenida y verificación de cuenta	Cuenta verificada correctamente
CA1-03	Restablecer contraseña	Actualización de contraseña exitosa
CA1-04	Iniciar sesión	Credenciales validadas e ingreso al aplicativo web
CA2-01	Buscar y navegar en el contenido de aprendizaje	Correcto filtrado de contenido en la búsqueda
CA2-02	Comenzar con el proceso de aprendizaje	Excelente navegación y utilidad en cada uno de los recursos
CA3-01	Navegar por el módulo de lecciones	Aprobación y entendimiento completo del funcionamiento de las lecciones
CA3-02	Comenzar con el módulo de lecciones interno	Cumplimiento de las lecciones
CA4-01	Comprobar funcionamiento del componente de la cámara	Tomas exactas y claras
CA4-02	Comprobar funcionamiento de la tabla de clasificación	Tabla de clasificación funcionando correctamente
CA5-01	Explorar las funcionalidades del módulo de retos	Aprobación exitosa con opiniones de mejoras
CA5-02	Comenzar con el módulo de retos interno	Reto cumplido exitosamente
CA6-01	Actualizar foto de perfil, contraseña y aceptación de la información visible	Funcionalidad total del perfil de usuario

4. Pruebas y Análisis de Expertos

Con el objetivo de presentar un producto de calidad se implementaron pruebas llevadas a cabo por expertos, los cuales proporcionaron una buena retroalimentación que validan diferentes procesos dentro del aplicativo web. Las condiciones de prueba fueron llevadas a cabo por los expertos, para garantizar que el contraste de cada proceso satisfaga las condiciones reales de los usuarios, de esta forma se identificaron ciertas recomendaciones y observaciones dentro de escenarios de éxito los cuales se presentan a continuación:

TABLA XXII
PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN LA PÁGINA WEB

ID Prueba	PU-01	ID Criterio	CA0-01	Fecha	21/02/2024
Tester de software		Puente Ponce, Pablo Francisco			
Módulo:		Página web			
Objetivo:		Revisar los estilos, contenido y estructuras de todas las secciones			
Acción:		Exploración en la página web			
Resultado esperado:		Revisión exitosa de todas las secciones con ciertas observaciones			
Resultado obtenido:		Estructura correcta y observaciones generales de contenido			
Observaciones:		Justificar el texto, agregar preguntas frecuentes, generar un video			
Errores en el proceso:		SI		NO	X

TABLA XXIII
PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL REGISTRO DE USUARIO

ID Prueba	PU-02	ID Criterio	CA1-01	Fecha	21/02/2024
Tester de software		Ortiz Delgado, Luis Armando			
Módulo:		Autenticación			
Objetivo:		Comprobar el proceso de registro			
Acción:		Registrar nuevo usuario			
Resultado esperado:		Registro exitoso			
Resultado obtenido:		Campos validados correctamente			
Observaciones:		El propósito de la casilla dejarlo visible todo el tiempo			
Errores en el proceso:		SI		NO	X

TABLA XXIV
PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN LA VERIFICACIÓN DE CUENTA

ID Prueba	PU-03	ID Criterio	CA1-02	Fecha	21/02/2024
Tester de software		Martínez Cepeda, Verónica Isabel			
Módulo:		Autenticación			
Objetivo:		Completar el proceso de verificación			
Acción:		Enviar correo de bienvenida y verificación de cuenta			
Resultado esperado:		Aprobación de correo y verificación de cuenta			
Resultado obtenido:		Cuenta verificada correctamente			
Observaciones:		Ninguna			
Errores en el proceso:		SI		NO	X

TABLA XXV
PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL RESTABLECIMIENTO DE CONTRASEÑA

ID Prueba	PU-04	ID Criterio	CA1-03	Fecha	21/02/2024
Tester de software		Castillo Salinas, Luis Alberto			
Módulo:		Autenticación			
Objetivo:		Comprobar el proceso de restablecer contraseña por correo			
Acción:		Restablecer contraseña			
Resultado esperado:		Actualización de contraseña			
Resultado obtenido:		Actualización de contraseña exitosa			
Observaciones:		En la interfaz de recuperar contraseña el botón no dice lo que hace			
Errores en el proceso:		SI		NO	X

TABLA XXVI
PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL INICIO DE SESIÓN

ID Prueba	PU-05	ID Criterio	CA1-04	Fecha	21/02/2024
Tester de software		Castillo Salinas, Luis Alberto			
Módulo:		Autenticación			
Objetivo:		Comprobar credenciales actualizadas			
Acción:		Iniciar sesión			
Resultado esperado:		Iniciar sesión y redirección al aplicativo web			
Resultado obtenido:		Credenciales validadas e ingreso al aplicativo web			
Observaciones:		Ninguna			
Errores en el proceso:		SI		NO	X

TABLA XXVII
PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO DE APRENDIZAJE

ID Prueba	PU-06	ID Criterio	CA2-01	Fecha	21/02/2024
Tester de software		Puente Ponce, Pablo Francisco			
Módulo:		Aprendizaje			
Objetivo:		Comprobar navegabilidad en los contenidos			
Acción:		Buscar y navegar en el contenido de aprendizaje			
Resultado esperado:		Búsquedas exactas según las secciones			
Resultado obtenido:		Correcto filtrado de contenido en la búsqueda			
Observaciones:		Al hacer el filtro de valores, en caso de no encontrar o si se equivocó de sección notificar con alguna alerta			
Errores en el proceso:		SI		NO	X

TABLA XXVIII
PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO DE APRENDIZAJE

ID Prueba	PU-07	ID Criterio	CA2-02	Fecha	21/02/2024
Tester de software		Puente Ponce, Pablo Francisco			
Módulo:		Aprendizaje			
Objetivo:		Aprobación del material audiovisual, repasar con el componente de la cámara y navegación entre contenido			
Acción:		Comenzar con el proceso de aprendizaje			
Resultado esperado:		Completar todo un proceso de aprendizaje con buenos resultados			
Resultado obtenido:		Excelente navegación y utilidad en cada uno de los recursos			
Observaciones:		Un poco de opacidad en los subtítulos de los videos, cambiar el componente de los videos			
Errores en el proceso:		SI		NO	X

TABLA XXIX
PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO DE LECCIONES

ID Prueba	PU-08	ID Criterio	CA3-01	Fecha	21/02/2024
Tester de software		Puente Ponce, Pablo Francisco			
Módulo:		Lecciones			
Objetivo:		Aprobación de la ventana principal, revisión de contenido y probar ciertas etapas de las lecciones			
Acción:		Navegar por el módulo de lecciones			
Resultado esperado:		Aprobación de las secciones por lecciones y buena impresión al comenzar una lección			
Resultado obtenido:		Aprobación y entendimiento completo del funcionamiento de las lecciones			
Observaciones:		El tiempo de vida de una sección tiene que ser mayor a la actual Acompañar el confeti con audio de aciertos y si el respectivo para errores			
Errores en el proceso:		SI		NO	X

TABLA XXX
PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO DE LECCIONES INTERNO

ID Prueba	PU-09	ID Criterio	CA3-02	Fecha	21/02/2024
Tester de software		Castillo Salinas, Luis Alberto			
Módulo:		Lecciones			
Objetivo:		Primeros pasos con las lecciones y probar cada componente para finalizar una lección			
Acción:		Comenzar con el módulo de lecciones interno			
Resultado esperado:		Completar alguna de las lecciones			
Resultado obtenido:		Cumplimiento de las lecciones			
Observaciones:		La clasificación con el número 2 debe mejorar			
		Como trabajo futuro el poder repasar y recuperar el puntaje de las etapas en las que se equivocó			
Errores en el proceso:		SI		NO	X

TABLA XXXI
PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO CON EL COMPONENTE DE LA CÁMARA

ID Prueba	PU-10	ID Criterio	CA4-01	Fecha	21/02/2024
Tester de software		Castillo Salinas, Luis Alberto			
Módulo:		Componentes			
Objetivo:		Aprobación del correcto funcionamiento del componente de la cámara			
Acción:		Comprobar funcionamiento del componente de la cámara			
Resultado esperado:		Temporizador funcionando y opciones activas			
Resultado obtenido:		Tomas exactas y claras			
Observaciones:		El temporizador para la cámara que esté de 7 segundos por defecto			
Errores en el proceso:		SI		NO	X

TABLA XXXII
PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO TABLA DE CLASIFICACIÓN

ID Prueba	PU-11	ID Criterio	CA4-02	Fecha	21/02/2024
Tester de software		Ortiz Delgado, Luis Armando			
Módulo:		Componentes			
Objetivo:		Aprobación del correcto funcionamiento de la tabla de clasificación			
Acción:		Comprobar funcionamiento de la tabla de clasificación			
Resultado esperado:		Una tabla reactiva a los cambios y mostrar puntaje exacto			
Resultado obtenido:		Tabla de clasificación funcionando correctamente			
Observaciones:		Los iconos según las dificultades en la tabla tienen que ser más acorde a lo que representan y que motiven			
Errores en el proceso:		SI		NO	X

TABLA XXXIII
PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO DE RETOS

ID Prueba	PU-12	ID Criterio	CA5-01	Fecha	21/02/2024
Tester de software		Castillo Salinas, Luis Alberto			
Módulo:		Retos			
Objetivo:		Aprobación en la estadía de entender el módulo de retos			
Acción:		Explorar las funcionalidades del módulo de retos			
Resultado esperado:		Navegación completa y entendimiento de los componentes en los retos			
Resultado obtenido:		Aprobación exitosa con opiniones de mejoras			
Observaciones:		Hay que mejorar la redacción de cómo funciona el módulo			
Errores en el proceso:		SI		NO	X

TABLA XXXIV
PRUEBA DEL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO DE RETOS INTERNO

ID Prueba	PU-13	ID Criterio	CA5-02	Fecha	21/02/2024
Tester de software		Revelo Herrera, Héctor			
Módulo:		Retos			
Objetivo:		Aprobación al proceso de iniciar con los retos			
Acción:		Comenzar con el módulo de retos interno			
Resultado esperado:		Completar un reto			
Resultado obtenido;		Reto cumplido exitosamente			
Observaciones:		En las cartas de los retos, los botones de acción deberían ir a la derecha para que el usuario lea y selecciones bien de primeras lo que ve a la izquierda			
Errores en el proceso:		SI		NO	X

TABLA XXXV
PRUEBA CON EL USUARIO EXPERTO EN EL MÓDULO PERFIL DE USUARIO

ID Prueba	PU-14	ID Criterio	CA6-01	Fecha	21/02/2024
Tester de software		Puente Ponce, Pablo Francisco			
Módulo:		Perfil			
Objetivo:		Aprobación en el contenido del perfil de usuario			
Acción:		Actualizar foto de perfil, contraseña y aceptación de la información visible			
Resultado esperado:		Aceptación de todos los componentes y la información			
Resultado obtenido:		Funcionalidad total del perfil de usuario			
Observaciones:		El puntaje personal del usuario tiene que ser mostrado en esta sección, ya que si no aparece en el top no se le hace posible saberlo			
Errores en el proceso:		SI		NO	X

5. Pruebas de Rendimiento

La **Fig. 39** representa el rendimiento de la aplicación web SoGo Sign bajo la configuración de 20 usuarios virtuales en la aplicación de Postman. El objetivo de esta prueba es verificar si la aplicación puede soportar un mínimo de 3.000 peticiones, considerando que el público objetivo indirecto de la aplicación son las personas interesadas en la lengua de señas, que se estima en 3.699 personas que resulta de la multiplicación de 1.233 personas con discapacidad auditiva por tres que representa el número de personas en su entorno.

Los resultados de la prueba indican que la aplicación SoGo Sign funciona correctamente incluso con 20 usuarios virtuales simultáneos, generando un total de 4.247 peticiones en 2 minutos. Esto significa que la aplicación puede soportar una tasa de 33,09 peticiones por segundo, con un tiempo de respuesta promedio de 231 milisegundos y una tasa de error del 0%.

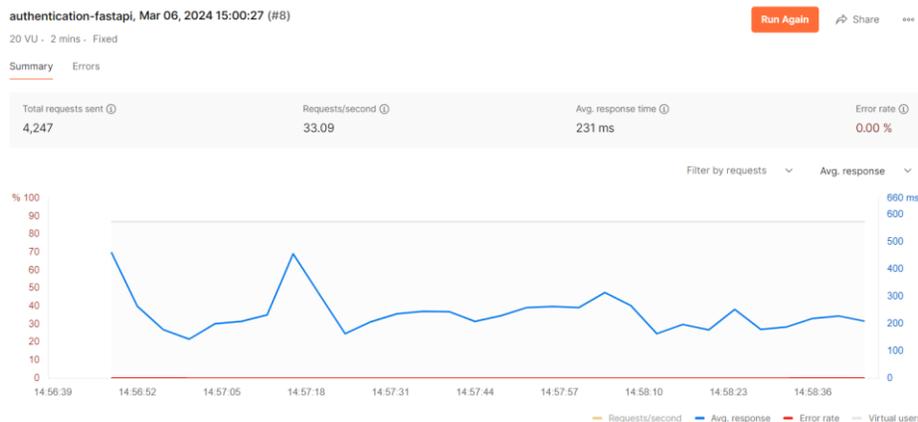


Fig. 39. Rendimiento del servidor backend SoGo Sign

La **Fig. 40** muestra los valores de rendimiento para cada solicitud, incluido el número total de solicitudes, las solicitudes por segundo, el tiempo de respuesta promedio, el tiempo mínimo de respuesta, el tiempo máximo de respuesta, el percentil 90 del tiempo de respuesta y el porcentaje de errores.

El número total de solicitudes es el número total de veces que se realizó cada solicitud. Las solicitudes por segundo es la tasa promedio a la que se realizó cada solicitud. El tiempo de respuesta promedio es el tiempo promedio que tardó en completarse cada solicitud. El tiempo mínimo de respuesta es el tiempo más rápido que tardó en completarse una solicitud. El tiempo máximo de respuesta es el tiempo más lento que tardó en completarse una solicitud. El percentil 90 del tiempo de respuesta es el tiempo que tardó el 90% de las solicitudes en completarse. El porcentaje de errores es el porcentaje de solicitudes que fallaron.

Request	Total requests	Requests/s	Resp. time (Avg. ms)	Min (ms)	Max (ms)	90th (ms)	Error %
POST lessons	535	4.17	896	117	2,110	1,576	0.00
GET Me	535	4.17	495	8	1,705	1,212	0.00
GET All	535	4.17	183	9	1,756	666	0.00
GET All	535	4.17	78	8	1,301	101	0.00
GET All	534	4.16	53	14	1,172	73	0.00
GET Me	530	4.13	51	11	913	84	0.00
GET Start	523	4.08	44	11	423	80	0.00
GET All	520	4.05	36	9	996	64	0.00

Fig. 40. Puntos finales en la prueba de rendimiento

6. Corrección y Mejoras

Gracias a los resultados obtenidos en la primera encuesta y pruebas llevadas a cabo por los usuarios expertos, es que se encontraron un número considerable de recomendaciones, criterios de aceptación y sobre todo correcciones, las cuales darían una mejora a la página y aplicativo web. A continuación, se detallan unos pequeños análisis en función de los primeros resultados de pruebas, en cada uno se considera los criterios de mejoras, el cómo surgieron y de qué manera se procedió a aplicarlos, por lo que algunos no eran procedentes y se los termina planeando en trabajos futuros.

En relación con los resultados de la página web nos encontramos con porcentajes alarmantes, el nivel de excelencia con las características y propósito están en un 50%, mientras su nivel de satisfacción se mantiene en un 10% y 20%. Por otro lado, el resultado alarmante fue en la sección de contactos donde un 10% lo considero regular y solo un 30% de forma excelente. En la Tabla 13 se encuentran los resultados mencionados y a continuación se detallan las mejoras realizadas que fueron compartidas por los usuarios expertos:

- Corrección en la justificación de textos y contenido para mejorar la estética e identificar de mejor manera a los autores del proyecto.
- Se agregó una validación para ocultar la opción de iniciar sesión si el usuario ya se encuentra dentro de la plataforma.
- Se añadieron preguntas relevantes para ofrecer información completa y detallada, además de estilizar el texto del contenido.
- Se añade un vídeo de presentación cumpliendo con la cuadrilla de un intérprete relatando lo que se habla en el mismo.
- Se implementó el método de contacto por medio de WhatsApp.

En los resultados del módulo de autenticación nos encontramos con porcentajes a niveles considerablemente excelentes, el porcentaje más alto de satisfacción llega a un 30%, el de los que lo consideran bueno llega a un 50%, mientras que los que lo consideran excelente llegan hasta un 70%. En la Tabla 14 se logra visualizar los resultados mencionados y a continuación las recomendaciones que fueron aplicadas para mejorar los porcentajes en el tema de seguridad, contenido y sobre todo la experiencia:

- Lo más importante fue la integración de un correo institucional para el envío de los mensajes, y evitar cualquier llegada a spam y que los usuarios no se sientan inseguros al ver un correo electrónico particular.
- Se reestructuró el diseño en el módulo de autenticación, donde cada entrada de texto tiene su etiqueta visible.
- Se evitó el desbordamiento de campos y se establecieron mensajes de error en la parte inferior de cada campo.
- El tiempo de duración del inicio de sesión se extendió, al darle más tiempo de vida a los tokens.

En los resultados del módulo de aprendizaje nos encontramos con porcentajes a niveles considerablemente excelentes, los criterios a los que se debe apuntar a mejorar su porcentaje serían los de contenido y experiencia, por lo que tienen un 10% cada uno en satisfactorio, el resto entre bueno y excelente, siendo la excelencia la que predomina hasta en un 70% en casi todos los aspectos del módulo. En la Tabla 15 se logra ver los resultados mencionados y a continuación las recomendaciones aplicadas para mejorar esos porcentajes que no estuvieron nada mal:

- Optimización a las opciones de búsquedas en el módulo de aprendizaje, agregando validaciones al campo de búsqueda y notificaciones en caso de no encontrar ningún recurso.
- Mejora del material audiovisual en el aprendizaje, ampliando el ángulo de visión de la seña realizada por el intérprete.
- Cambio del componente de video, para que los estilos no opaquen el contenido y los subtítulos.
- Mejora en las notificaciones de cómo hay que operar al iniciar con algún aprendizaje.

En los resultados del módulo de lecciones nos encontramos con porcentajes a niveles considerablemente regulares y poco satisfactorios, los criterios que fueron considerablemente buenos y excelentes por contar con porcentajes de hasta 80% de excelencia fueron las secciones y diseño estructural, por otro lado los que más bajó estuvieron, fueron los componentes, contenido y

por ende la experiencia, todos ellos tuvieron una calificación de un 10% en satisfactorio, pero lo alarmante fue el contenido lo consideran un 10% regular. Los resultados son visibles en la Tabla 16 y a continuación se muestran todas las mejoras que fueron pertinentes para corregir esos criterios:

- Se generó e integró material auditivo en el caso de acertar o errar en las clasificaciones.
- Se mejoró el porcentaje de aciertos en las clasificaciones, implementando dos modelos en vez de uno, los modelos fueron mejorados para que cumplan con la clasificación de números y abecedario.
- El tiempo por defecto del temporizador del componente de la cámara se incrementó.
- Mejora en la forma de redacción referente a la descripción del módulo y que esta información no interrumpa en cada comienzo de lección, solo una vez informar, pero siempre con el acceso a volver a revisar.

En los resultados del módulo de retos nos encontramos con porcentajes a niveles considerablemente buenos, donde el diseño y estructura se posicionó con un 80% de excelencia siendo la más alta, donde el resto en el nivel de satisfactorio estuvo con un 10%, por otro lado, entre el 30% y 50% considera que estuvo bueno, donde lo excelente se mantuvo entre un 50% y 60%. Los resultados descritos se encuentran visibles en la Tabla 17 y las siguientes recomendaciones son las que se procedieron a realizar para mejorar los porcentajes:

- Generar e integrar material auditivo en el caso de acertar o errar en las clasificaciones.
- Mejoras en la redacción en las descripciones del módulo de retos.
- Reestructuración en la posición de los componentes de acción para motivar la lectura y comprensión con una lectura de izquierda a derecha.
- Que la mejora del modelo de clasificación se aplique en este módulo.

En los resultados de la tabla de clasificación nos encontramos con porcentajes a niveles considerablemente buenos, donde el criterio de consistencia consta con un 60% de aprobación a nivel de excelente, en el caso de diseño y estructura con el 50%, donde por otro lado el más alto es el de la tipografía con un 70. Los resultados mencionados se encuentran en la Tabla 18 y a

continuación se mencionan todas las recomendaciones para incrementar estos porcentajes, y remover un nivel de Regularidad del 10% en el criterio de *Tipografía*:

- Reestructurar las dimensiones del componente para no ocupar mucho espacio y opacar los contenidos centrales.
- Cambiar y mejorar los iconos de niveles de dificultad que generaban una mala interpretación.
- Cuidar la gramática y llevar la tipografía a un nivel de compás con todos los componentes.

En los resultados del módulo de perfil de usuario nos encontramos con porcentajes a niveles considerablemente buenos, donde lo único a mejorar es el porcentaje de excelente ya que solo un criterio mantiene el 70%, por lo que los porcentajes de satisfacción están teniendo impacto con su escala de 10% a 20% y por ende también los niveles que lo consideran bueno entre un 20% y 30%. Los resultados mencionados se encuentran en la Tabla 19 y a continuación se mencionan todas las mejoras necesarias para mejorar las estadísticas:

- Poder editar la foto de perfil sin la necesidad de confirmar credenciales, solo perderlas en cambios más importantes (nombre de usuario o contraseña).
- Mostrar el puntaje del usuario, por lo que si no aparece en el componente de la Tabla de Clasificación poder revisar su posicionamiento desde su perfil.

7. Análisis de Resultados Consolidado

Todas las correcciones y mejoras fueron consideradas como oportunas para mejorar las estadísticas de aceptación de los diferentes módulos en esta segunda vuelta de pruebas, donde las estadísticas están presentes en el **ANEXO II**, la cual contempla los siguientes resultados:

En la **TABLA XXXVI** se aprecia cómo mejoraron los porcentajes de aceptación con un criterio de excelencia en la página web, en relación con el contenido y la forma de motivar a navegar más en el aplicativo incrementaron a un 90%, por otro lado, el detallar las características y la forma de contactar ascendieron a un 80%, la forma de expresar el propósito y diseño estructural a un 70%. Los nuevos resultados fueron gracias a que se añadieron nuevas preguntas relevantes para ofrecer información más completa y estilizada para mejorar la comprensión, correcciones en la

justificación de textos, mejorar la estética de las secciones, al igual que llevar más información de autores del proyecto.

TABLA XXXVI
RESULTADOS CONSOLIDADOS DE LA PÁGINA WEB

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Contenido	-- %	-- %	-- %	10,00 %	90,00 %
Motivación a la exploración	-- %	-- %	-- %	10,00 %	90,00 %
Características	-- %	-- %	-- %	20,00 %	80,00 %
Propósito	-- %	-- %	-- %	30,00 %	70,00 %
Contactos	-- %	-- %	10,00 %	10,00 %	80,00 %
Diseño y estructura	-- %	-- %	10,00 %	20,00 %	70,00 %

En la **TABLA XXXVII** se aprecia cómo mejoraron los porcentajes de aceptación con un criterio de excelencia en el módulo de autenticación, en relación con la experiencia, las validaciones y diseño estructural estuvieron por un 80%, el contenido a un 70% y en temas de seguridad un 60%. Los resultados fueron bien recibidos por lo que el segundo y único criterio que le sigue fue el de que todo estuvo bueno, los nuevos resultados fueron gracias a que se reestructuró el diseño en el módulo de autenticación, donde cada entrada de texto tiene su etiqueta visible, se evitó el desbordamiento de campos y se establecieron mensajes de error en la parte inferior de cada campo, optimización de la duración en el inicio de sesión y se agregó una validación para ocultar la opción de iniciar sesión si el usuario ya se encuentra dentro de la plataforma al visitar la página web.

TABLA XXXVII
RESULTADOS CONSOLIDADOS DEL MÓDULO DE AUTENTICACIÓN

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Experiencia	-- %	-- %	-- %	20,00 %	80,00 %
Contenido	-- %	-- %	-- %	30,00 %	70,00 %
Validaciones	-- %	-- %	-- %	20,00 %	80,00 %
Seguridad	-- %	-- %	-- %	40,00 %	60,00 %
Diseño y estructura	-- %	-- %	-- %	20,00 %	80,00 %

En la **TABLA XXXVIII** se aprecia cómo mejoraron los porcentajes de aceptación con un criterio de excelencia en el módulo de aprendizaje, en relación con los temarios tuvieron una aprobación del 100%, el contenido a un 90%, conjunto de componente a un 80%, el diseño estructural en 70% y referente a la experiencia en un 60% considerando que su segundo criterio más votado fue el de que todo estuvo bueno. Los nuevos resultados fueron gracias a que se optimizaron las opciones de búsquedas, agregando validaciones al campo de búsqueda y notificaciones en caso de no encontrar ningún recurso, mejora del material audiovisual en el aprendizaje y se ampliando el ángulo de visión de la seña realizada por el intérprete.

TABLA XXXVIII
RESULTADOS CONSOLIDADOS DEL MÓDULO DE APRENDIZAJE

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Temario	-- %	-- %	-- %	-- %	100,00 %
Contenido	-- %	-- %	-- %	10,00 %	90,00 %
Componentes	-- %	-- %	-- %	20,00 %	80,00 %
Experiencia	-- %	-- %	-- %	40,00 %	60,00 %
Diseño y estructura	-- %	-- %	-- %	30,00 %	70,00 %

En la **TABLA XXXIX** se aprecia cómo mejoraron los porcentajes de aceptación con un criterio de excelencia en el módulo de lecciones, en relación con la forma de presentar las lecciones y el diseño estructural se obtuvo un 90%, en cuanto a la experiencia un 80%, en cuanto al contenido y los componentes un 70%. Los nuevos resultados fueron gracias a que se generó material auditivo

en el caso de acertar o errar en las clasificaciones de los módulos de lecciones, se mejoró el modelo para incrementar el porcentaje de aciertos, el tiempo por defecto del temporizador del componente de la cámara se incrementó y una mejora en la forma de redacción referente a la descripción del módulo.

TABLA XXXIX
RESULTADOS CONSOLIDADOS DEL MÓDULO DE LECCIONES

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Secciones	-- %	-- %	-- %	10,00 %	90,00 %
Contenido	-- %	-- %	10,00 %	20,00 %	70,00 %
Componentes	-- %	-- %	10,00 %	20,00 %	70,00 %
Experiencia	-- %	-- %	-- %	20,00 %	80,00 %
Diseño y estructura	-- %	-- %	-- %	10,00 %	90,00 %

En la **TABLA XL** se aprecia cómo mejoraron los porcentajes de aceptación con un criterio de excelencia en el módulo de retos, en relación con la información, contenido y diseño estructural tuvieron un 80%, en cuanto a los retos personalizados un 70% y hay que considerar que el restante porcentual de cada uno está considerado como bueno. Los nuevos resultados fueron gracias a que se generó material auditivo en el caso de acertar o errar en las clasificaciones, mejoras en la redacción en las descripciones del módulo de retos y se reestructuró las posiciones de los componentes de acción para motivar la lectura y comprensión comenzado de izquierda a derecha.

TABLA XL
RESULTADOS CONSOLIDADOS DEL MÓDULO DE RETOS

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Información	-- %	-- %	-- %	20,00 %	80,00 %
Contenido	-- %	-- %	-- %	20,00 %	80,00 %
Retos Personalizados	-- %	-- %	-- %	30,00 %	70,00 %
Diseño y estructura	-- %	-- %	-- %	20,00 %	80,00 %

En la **TABLA XLI** se aprecia cómo mejoraron los porcentajes de aceptación con un criterio de excelencia en el módulo de la tabla de clasificación, en relación con su diseño estructural alcanzó un 90%, la tipografía un 80%, la consistencia de todos los elementos a un 70% y mencionar que todos gozan de criterios que todo estuvo bien. Los nuevos resultados fueron gracias a que se corrigió una equivocada interpretación que generaba los iconos en el filtro por dificultad.

TABLA XLI
RESULTADOS CONSOLIDADOS DEL MÓDULO DE LA TABLA DE CLASIFICACIÓN

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Información	-- %	-- %	-- %	30,00 %	70,00 %
Contenido	-- %	-- %	-- %	20,00 %	80,00 %
Retos Personalizados	-- %	-- %	-- %	10,00 %	90,00 %
Diseño y estructura	-- %	-- %	-- %	30,00 %	70,00 %

En la **TABLA XLII** se aprecia cómo mejoraron los porcentajes de aceptación con un criterio de excelencia en el módulo del perfil de usuario, en cuanto al posicionamiento de los elementos estuvo a un 80%, la tipografía en 70%, el diseño estructural por el 60% y se considera que el resto lo categorizan de que estuvo bien. Los nuevos resultados no fueron muy significativos a pesar de que dos categorizaciones salieron de un pequeño porcentaje de satisfactorio, por lo que sigue predominando lo bueno y excelente.

TABLA XLII
RESULTADOS CONSOLIDADOS DEL MÓDULO PERFIL DE USUARIO

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Tipografía	-- %	-- %	-- %	30,00 %	70,00 %
Posicionamiento	-- %	-- %	10,00 %	10,00 %	80,00 %
Diseño y estructura	-- %	-- %	-- %	40,00 %	60,00 %
Tipografía	-- %	-- %	-- %	30,00 %	70,00 %

En la **TABLA XLIII** se aprecia cómo mejoraron los porcentajes de aceptación con un criterio de excelencia en los aspectos globales del aplicativo, las clasificaciones en los módulos de lecciones y retos, la estructura y la forma de aprendizaje estuvieron por arriba en un 80% con un precedente de que todos los aspectos estuvieron bien y satisfactorios. Todos los resultados mejoraron particularmente gracias a las correcciones y mejoras que procedieron en un lapso corto de tiempo entre pruebas.

TABLA XLIII
RESULTADOS CONSOLIDADOS GENERALES

Criterio	Deficiente	Regular	Satisfactorio	Bueno	Excelente
Clasificaciones del modelo	-- %	-- %	20,00 %	-- %	80,00 %
Estructura	-- %	-- %	-- %	20,00 %	80,00 %
Aprendizaje	-- %	-- %	-- %	20,00 %	80,00 %

Con las observaciones generadas por los usuarios expertos y sus respectivas correcciones se ha podido contemplar una mejora en el aplicativo. La Fig. 41 presenta los resultados de las pruebas realizadas con los modelos de clasificación de números (a) y letras (b); las pruebas por carácter se clasifican en una escala binaria para conocer el porcentaje de clasificación. Los mismos muestran una tendencia positiva, con la mayoría de los caracteres exhibiendo un alto porcentaje de éxito con un 90% para los números y 87,92% para las letras.

De un total de 32 caracteres que componen los modelos de clasificación, se destaca que dieciséis caracteres, que representa el 50% (1, 5, 6, 7, 9, A, B, C, D, F, I, L, P, T, W y Y), muestran un rendimiento sobresaliente, alcanzando un 100% de éxito en la clasificación de las señas. No obstante, se identifican valores atípicos que indican un bajo rendimiento debido a la similitud de las señas que afecta al modelo dando como resultado de clasificación entre el 50% al 60% para cuatro caracteres 4, 2, G y M. De igual manera, existe conflicto de clasificación entre los números 6 y 4, así como la similitud entre las letras N y S con la M. Es relevante destacar que los valores faltantes se encuentran en el rango de 70 al 90%, considerándolo como un rendimiento aceptable.

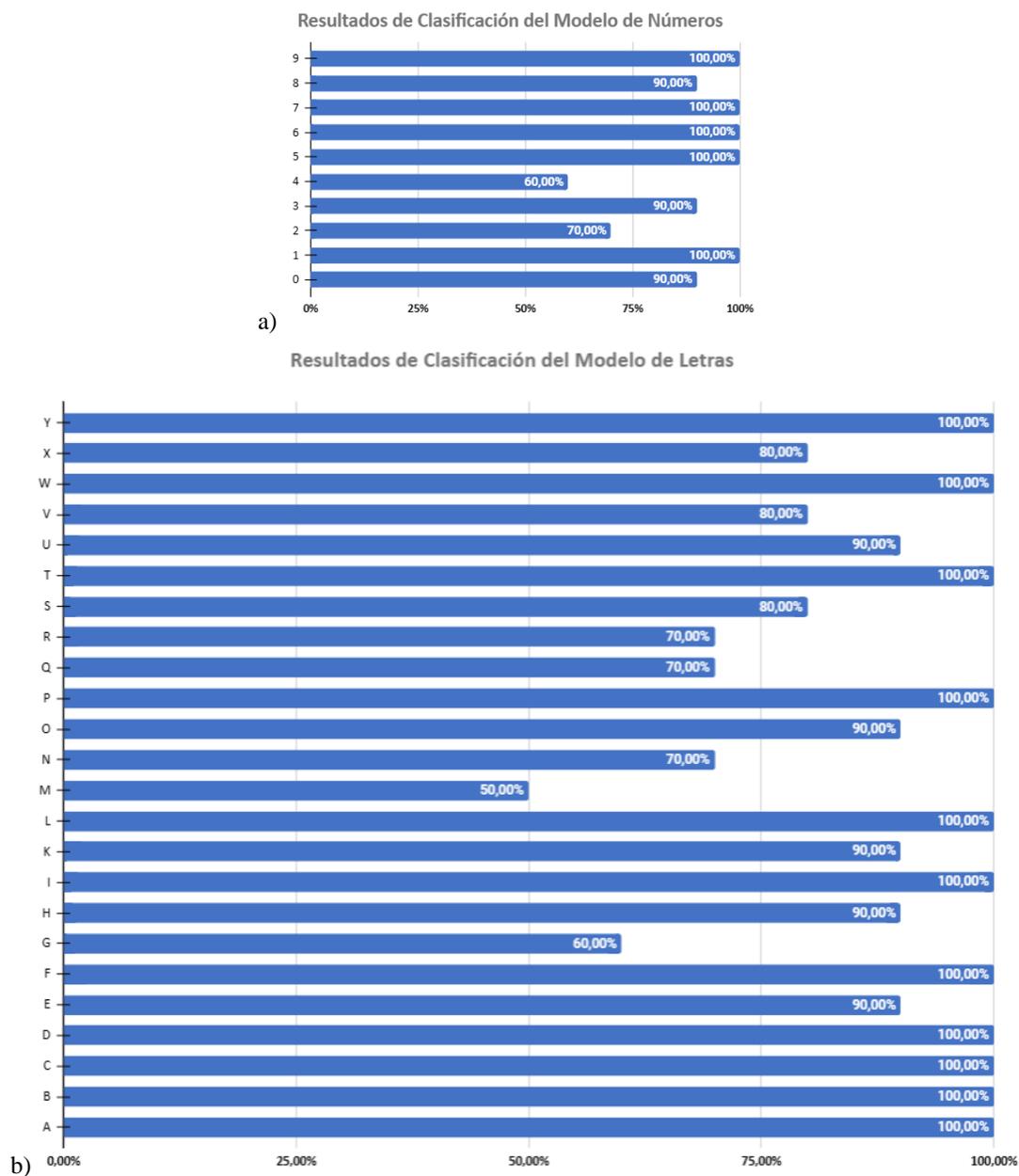


Fig. 41. Rendimiento del modelo de clasificación

E. Trabajos Futuros

Con las observaciones generadas por los usuarios expertos y sus respectivas correcciones se ha podido contemplar una mejora en el aplicativo. Sin embargo, se consideraron varios puntos interesantes abordados por los expertos y por parte de este equipo de desarrollo, los cuales, por diversas cuestiones como el tiempo y la complejidad de la observación, no procedieron en este

proyecto pero que pueden ser de gran utilidad e impacto. A continuación, se enlistan las actividades generadas por los usuarios expertos que aplican como trabajo futuro:

- Generar un nuevo modelo de aprendizaje profundo para la clasificación de señas con movimiento con la finalidad de integrarlo en el módulo de lecciones y retos. Otra alternativa es usar visión por computadora (computer vision) para el procesamiento de video en tiempo real.
- La implementación de un módulo de recuperación para retomar únicamente las señas erróneas realizadas en el módulo de lecciones.
- Extender el contenido de aprendizaje a más categorías que usen señas estáticas como animales, colores, deportes, saludos, entre otros grupos de interés. Este contenido extendido puede ser aplicable tanto para las lecciones como para los retos.
- Implementar un sistema de recompensas diarias para incentivar la participación constante de los usuarios.
- Permitir que los usuarios utilicen los puntos acumulados para comprar nuevos elementos visuales, colores, avatares u otros objetos de aprendizaje.
- Integrar un sistema de insignias y logros que los usuarios pueden ganar al alcanzar metas específicas. Asociar insignias con diferentes niveles de habilidad o áreas de conocimiento, proporcionando reconocimiento y motivación adicional.

Se ha planteado que el aplicativo web se expanda en el marco de la gamificación, implementando cuestiones que enriquezcan al sistema para fomentar la participación de los usuarios y llevarlos al rol de divulgadores. Se consideraría un tipo de recompensa por su desempeño diario como parte de un incentivo para que lo utilicen con regularidad, dando oportunidades de personalizar su entorno y tener más elementos visuales, una amplia gama de avatares de calidad y para todos los gustos, entre otros elementos que harían parte de un sistema comprometido a mejorar la experiencia del usuario en los principales componentes que es la lúdica y la motivación.

Todos los logros y habilidades adquiridas serían de reconocimiento público como una estrategia, para mostrar la ruta de progreso de los demás usuarios en avanzar con sus logros personales dentro del aplicativo. De esta forma es como en el marco de la gamificación se busca transformar un producto en algo envolvente, convincente y sobre todo gratificante para los usuarios

en un corto o largo plazo.

La sugerencia en el caso de continuar con las mejoras o una nueva versión del aplicativo web es implementar la tecnología de visión por ordenador *computer vision*, para comenzar a tratar las señas con movimientos. Otra dirección valiosa que se le puede dar al sistema es poder implementar más modelos de aprendizaje profundo, tales como las redes neuronales convolucionales *CNN* y recurrentes *RNN*, o incluso una combinación en redes neuronales convolucionales recurrentes *CRNN*. El procesamiento de video es el siguiente paso en el campo de la IA y por ende en el aplicativo, al igual que la optimización de modelos de predicción para un entrenamiento más profundo con recursos de calidad, todo este conjunto de iniciativas pueden colocar a SoGo Sign como uno de los referentes a la innovación en el campo de aplicaciones web inclusivas que fomenten una experiencia de aprendizaje satisfactoria por sus capacidades de operar con procesión y capacidad de reconocimientos sin límites.

V. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones

La implementación de la metodología de Design Thinking en las fases de planificación y diseño ha demostrado una favorable recepción por parte de los usuarios, como lo reflejan los resultados obtenidos en los módulos de autenticación (80%), aprendizaje (90%), lecciones (80%), retos (80%) y tabla de clasificación (70%). La pronta adaptación mediante ajustes, tales como la reestructuración del diseño y mejoras en el contenido audiovisual, respalda la elección de esta metodología al ofrecer soluciones alineadas con las expectativas del usuario.

La aplicación exitosa de la metodología Kanban se reflejó un promedio de tiempo de ejecución (Lead Time) de 111 días y un tiempo de ciclo (Cycle Time) de 17 días, se logró un desarrollo eficiente. El rendimiento (Throughput) de aproximadamente una tarea por día indicó una gestión constante y efectiva. Aunque se identificaron retrasos, como los 32 días en "Registro de usuarios", estas experiencias ofrecieron valiosas lecciones. La colaboración efectiva y la asignación de responsabilidades se respaldaron con datos concretos, haciendo que Kanban demostrara ser una elección acertada para la gestión de proyectos complejos y cambiantes, como el reconocimiento de lengua de señas sin movimiento.

Determinar los requerimientos funcionales y no funcionales para la aplicación de reconocimiento de lengua de señas se respalda en el enfoque metodológico combinado de Design Thinking y Kanban. El Design Thinking, aplicado mediante Focus Groups con usuarios expertos, permitió identificar las necesidades específicas. Los resultados consolidados obtenidos de usuarios expertos validaron la pertinencia de estos requisitos, con tendencia al criterio "Excelente", en escala de Likert, para el 80% de los encuestados. La conjunción de ambas metodologías contribuyó al éxito en la determinación de requerimientos, demostrando su eficacia en la creación de una aplicación web orientada a las necesidades y expectativas de los usuarios.

La aplicación usa el modelo MediaPipe Gesture Recognition, entrenado con 200 imágenes con aumento de datos por clase. Los resultados mostraron una precisión del 97,52% para el modelo de los números del 0 al 9 y 91,14% para el abecedario, en base al **ANEXO III**. Las pruebas de clasificación realizadas, en un entorno real para los modelos generados, obtuvieron un 90% para

los números y 87,92% para el abecedario, identificando deficiencias en dos caracteres, la letra M con un 50% y el número cuatro con un 60%. A pesar de tener buenos resultados, los valores atípicos son un claro indicador de la necesidad de aplicar una mejora al modelo mediante la integración de más imágenes para un entrenamiento más sólido.

Las pruebas de rendimiento llevadas a cabo en la aplicación web SoGo Sign, con una configuración de 20 usuarios virtuales, han demostrado una notable capacidad para manejar 3.000 peticiones, logrando un rendimiento de 33,09 peticiones por segundo. Además, se registró un tiempo de respuesta promedio de 231 milisegundos y una tasa de error del 0%. Estos resultados validan la afirmación de que la aplicación está completamente equipada para soportar la carga de usuarios proyectada, la cual se estima en 3.699 personas. Esta cifra representa la población indirectamente afectada, derivada de las 1.233 personas con discapacidad auditiva en la provincia, multiplicadas por un promedio de tres personas que conforman su entorno familiar.

B. Recomendaciones

Se recomienda dirigir los esfuerzos hacia el desarrollo de una segunda versión orientada a una experiencia más lúdica y educativa. Se sugiere enfocarse en un diseño innovador que refuerce la temática gamificada y atraiga a una audiencia diversa en términos de edades y niveles de habilidad. Además, se plantea la expansión del contenido educativo mediante la inclusión de señas estáticas y dinámicas de diversas categorías, promoviendo así un aprendizaje continuo y enriquecido.

Se recomienda implementar un modelo de reconocimiento de señas en movimiento, utilizando modelos de aprendizaje profundo. Algunas opciones son las redes neuronales convolucionales (CNN) y redes neuronales recurrentes (RNN), o una combinación de ambas, conocidas como redes neuronales convolucionales recurrentes (CRNN). Además, se debe implantar un sistema de procesamiento de vídeo en tiempo real. Es importante señalar que el éxito de esta función dependerá en gran medida de la calidad y diversidad de los datos de entrenamiento.

Con la limitación actual en la asignación de direcciones IP privadas a contenedores ofrecidos a los estudiantes, se sugiere evaluar la posibilidad de proporcionar opciones de configuración adicionales para entornos que requieren integración con proveedores de autenticación, como NextAuth para NextJS. Al brindar mayor flexibilidad en la configuración

de entornos de desarrollo y producción, se facilitará la implementación de soluciones de autenticación que requieren acceso externo, mejorando la experiencia de desarrollo de los estudiantes y tesisistas.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ureta-Andrade, J. J., & Donoso-Cedeño, M. M. Lengua de Señas Ecuatoriana (Lsec) como herramienta de inclusión en Educación Especializada. *Dominio de las Ciencias*, 8(2), 251-261, 2022.
- [2] “3 de diciembre: Día Internacional de las personas con discapacidad – Ministerio de Salud Pública”. <https://www.salud.gob.ec/3-de-diciembre-dia-internacional-de-las-personas-con-discapacidad/>. [Último acceso: 11 febrero 2024].
- [3] CONDIS. “Estadísticas de Discapacidad – Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades”. <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>, 2024.
- [4] Carguacundo, M., & Constante, P. “Traductor de texto y voz a lengua de señas ecuatoriana a través de un avatar implementado para dispositivos Android”. *Infociencia*, 12(1), 20-25, 2018.
- [5] V. Martínez-Cepeda, E. Benavides-Astudillo, L. A. Castillo-Salinas, L. Ortiz-Delgado, J. D. Cadena-Oyasa, y J. I. Merino-Sangoluisa, «ESPE-Chat: An Inclusive Application for People with Hearing Impairment», *Communications in Computer and Information Science*. Springer Nature Switzerland, pp. 478-490, 2023. doi: 10.1007/978-3-031-24985-3_35.
- [6] ELDES. “Enseñanza de Lengua de Señas | Aprende a tus tiempos”. <https://www.somoseldes.com> [Último acceso: 11 febrero 2024], 2023.
- [7] Página 12. "Cómo aprender lengua de señas con inteligencia artificial". [En línea]. Disponible en: <https://www.pagina12.com.ar/589687-como-aprender-lenguaje-de-senas-con-inteligencia-artificial>, 2023.
- [8] SpreadTheSign. "Spreadthesign.com", 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.spreadthesign.com/es.es/search/> [Último acceso: 26 de febrero del 2024].
- [9] J. A. Lizana. "La mejor web para aprender lengua de signos: completamente gratuita y con acceso a diferentes idiomas". *Genbeta.com*; Genbeta, 16 de junio, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.genbeta.com/web/mejor-web-para-aprender-lengua-signos-completamente-gratuita-acceso-a-diferentes-idiomas>.
- [10] Signs For Deaf. "Signfordeaf.com", 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.signfordeaf.com/about-us>.
- [11] Y. Payano, N. Kelly, and N. Wilkins. *Sign speak*. <https://www.sign-speak.com/>. [Último acceso: 11 febrero 2024].
- [12] A. Belchi. "Una aplicación utiliza inteligencia artificial para que los sordos puedan mantener una conversación fluida". *Voz de América*, Dec. 2, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.vozdeamerica.com/a/aplicacion-utiliza-inteligencia-artificial-para-que-sordos-puedan-mantener-una-conversacion-fluida/7381540.html>.
- [13] Organización Mundial de la Salud. "Deafness and hearing loss". OMS, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing->

loss.

- [14] Worldometers. "Población mundial al 2023". Country Meters.info, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://countrymeters.info/es/Ecuador>.
- [15] V. Campos y R. Cartes-Velásquez. "Estado actual de la atención sanitaria de personas con discapacidad auditiva y visual: una revisión breve". *Revista Médica de Chile*, vol. 147, no. 5, pp. 634–642, 2019. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872019000500634>.
- [16] S. Serrato. "La discapacidad auditiva, ¿cómo es el niño sordo?". *Revista digital innovación y experiencias educativas*, vol. 16, pp. 1-10, 2009.
- [17] L. Alain y R. Vejarano. "Alternativas tecnológicas para mejorar la comunicación de personas con discapacidad auditiva en la educación superior panameña". *Revista De Educación De La Universidad De Granada*, vol. 23, pp. 219–235, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://revistaseug.ugr.es/index.php/reugra/article/view/16640>.
- [18] Countrymeters. "Población de Ecuador 2023". Countrymeters.info, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://countrymeters.info/es/Ecuador>.
- [19] Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. "Consejo Discapacidades.gob.ec". CONADIS, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>.
- [20] La Hora. "Según el censo, la población creció el 20.23% en la provincia Tsáchilas". *La Hora*, Sep. 26, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.lahora.com.ec/santo-domingo/censo-poblacion-provincia-tsachila-26-septiembre-2023/>.
- [21] M. Verástegui. "Principales determinantes sociales que inciden en el acceso de jóvenes sordos al nivel de educación superior". Trabajo de grado, Universidad Nacional Autónoma de México, 2013. Recuperado de: <http://www.cultura-sorda.org/wp-content/uploads/2015/05/TESIS-Verastegui-20131.pdf>.
- [22] A. N. Morán Gutiérrez. "Manejo odontológico en personas con discapacidad auditiva". Bachelor 's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad Piloto de Odontología, 2019.
- [23] D. Eberle, E. Parks, S. Eberle, y J. Parks. "Sociolinguistic survey report of the Ecuadorian deaf community". *SIL Electronic Survey Report 2012-02X*, 2012.
- [24] M. A. Ayala Núñez. "Lengua de señas ecuatoriana: diagnóstico de su situación y necesidad de una planificación lingüística". Bachelor 's thesis, PUCE-Quito, 2021.
- [25] CONADIS. (2019). "Diccionario de Lengua de Señas Ecuatoriano 'Gabriel Román'". Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. [En línea]. Disponible en: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/diccionario-de-lengua-de-senas-ecuadoriano-gabriel-roman/>.
- [26] K. A. Arias Salcedo. "Diseño de un sistema prototipo que permita traducir comandos de texto a lenguaje de señas ecuatoriano utilizando un avatar virtual". Bachelor 's thesis, 2022.
- [27] Ley orgánica de discapacidades, 2012. Ley orgánica de discapacidades. Quito, Pichincha, Ecuador.

- [28] M. A. Campoverde Molina, J. M. Reina Alvarado, y A. G. Caranguí Delgado. "Propuesta de un sistema de aprendizaje de lengua de señas basado en las tecnologías de la información y comunicación". *Revista Killkana Técnica*, 2018, vol. 2, num. 1, p. 1-12.
- [29] D. Norman. "Definición de experiencia de usuario"
- [30] P. Zeta y B. Anderson. "Diseño UX como herramienta metodológica para el desarrollo de un aplicativo móvil para Teleticket región Lima". 2022.
- [31] B. Matthews, S. Doherty, P. Worthy, y J. Reid. "Design thinking, wicked problems and institutional change: a case study". *CoDesign*, vol. 19, no. 3, pp. 177-193, 2023.
- [32] V. F. C. Osis, D. Q. Soto, A. C. Huarca, y J. C. Suyo. "Casos de Estudio de Design Thinking en las etapas de Análisis y Diseño del Desarrollo de Software". *Innovación y Software*, vol. 3, no. 1, pp. 17-29, 2022.
- [33] Y. P. Vera, J. J. G. Valdivia, S. M. Z. Quentasi, D. M. C. Yana, y R. E. C. Apaza. "Design Thinking en la Planificación de Pruebas de Software". *Innovación y Software*, vol. 1, no. 2, pp. 40-51, 2020.
- [34] R. L. Martin. "The design of business: Why design thinking is the next competitive advantage". Harvard Business Press, 2009.
- [35] S. M. Velásquez, J. D. V. Montoya, M. E. G. Adasme, E. J. R. Zapata, A. A. Pino, y S. L. Marín. "Una revisión comparativa de la literatura acerca de metodologías tradicionales y modernas de desarrollo de software". *Revista Cintex*, vol. 24, no. 2, pp. 13-23, 2019.
- [36] N. Davlat Boyev y D. Eshmuradov. "A comprehensive guide to software engineering for undergraduate students". *Science and innovation*, vol. 2(A6), pp. 82-86, 2023.
- [37] A. Eisenberg. "Metodología ágil: qué es y cómo aplicarla". Trusted Shops.es. [En línea]. Disponible en: <https://business.trustedshops.es/blog/metodologia-agil/>.
- [38] J. Cervantes Velasco. "¿Cómo surgió el desarrollo ágil? Principios fundamentales." *Pensemos Web*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.pensemosweb.com/como-surgio-el-desarrollo-agil-principios-fundamentales/>.
- [39] Scrum Guide, 2020. Scrumguides.org. [En línea]. Disponible en: <https://scrumguides.org/scrum-guide.html>.
- [40] D. Wells. "Extreme Programming: A gentle introduction". Disponible en: www.extremeprogramming.org.
- [41] R. B. Wako Del. L. P. Raut, y P. Talmale. "Overview on kanban methodology and its implementation". *IJSRD-International Journal for Scientific Research & Development*, vol. 3, no. 02, pp. 2321-0613, 2015.
- [42] A. Cockburn. "Crystal clear: A human-powered methodology for small teams: A human-powered methodology for small teams". Pearson Education, 2004.
- [43] D. J. Anderson. "Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business". Blue Hole Press, Washington DC, 2010.

- [44] J. Martins. "¿Qué es la metodología Kanban y cómo funciona?". Asana. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://asana.com/es/resources/what-is-kanban>. [Último acceso: 11 febrero 2024].
- [45] J. A. Estrada. "Sistema Kanban, como una ventaja competitiva en la micro, pequeña y mediana empresa". Hidalgo: Pachuca Hidalgo, 2006.
- [46] M. A. Boden. "Inteligencia artificial". Turner, 2017.
- [47] M. Gorini. "¿Cuál es la diferencia entre el machine learning y el deep learning?". Bismart.com, 2019 [En línea]. Disponible en: <https://blog.bismart.com/diferencia-machine-learning-deep-learning>. [Último acceso: 11 febrero 2024].
- [48] J. Francisco. "Aprendizaje supervisado y no supervisado". Healthdataminer.com. [En línea]. Disponible en: <https://healthdataminer.com/data-mining/aprendizaje-supervisado-y-no-supervisado/>. [Último acceso: 12 febrero 2024].
- [49] J. Zhu. "Probabilistic Machine Learning: Models, Algorithms and a Programming Library". In IJCAI, pp. 5754-5759, 2019.
- [50] S. Sharma, S. Sharma, y A. Athaiya. "Activation functions in neural networks". Towards Data Sci, vol. 6, no. 12, pp. 310-316, 2017.
- [51] M. Martínez-Comesaña, X. Rigueira-Díaz, A. Larrañaga-Janeiro, J. Martínez-Torres, I. Ocarranza-Prado, y D. Kreibel. "Impacto de la inteligencia artificial en los métodos de evaluación en la educación primaria y secundaria: revisión sistemática de la literatura". Revista de Psicodidáctica, 2023.
- [52] Á. D. J. O. Guevara y S. S. Colores. "Una comparación cuantitativa entre el diseño clásico y automático (Auto ML) de modelos de aprendizaje profundo en tareas de clasificación". 2021.
- [53] F. Chollet. "Deep learning with Python". Simon and Schuster, 2021.
- [54] Rodríguez Villar. "Metodología BIM en el reconocimiento de imágenes mediante inteligencia artificial por José Miguel Luna". Atecyr.org, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.atecyr.org/blog/2021/11/11/metodologia-bim-en-el-reconocimiento-de-imagenes-mediante-inteligencia-artificial-por-jose-miguel-luna/>.
- [55] M. Massiris, C. Delrieux, y J. Á. Fernández Muñoz. "Detección de equipos de protección personal mediante red neuronal convolucional YOLO". In XXXIX Jornadas de Automática, pp. 1022-1029, 2018.
- [56] D. Armando. "Aprendizaje Profundo". Amazonaws.com, 2015. [En línea]. Disponible en: https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/896010_68e6c7c0995e4d90b75f02961a5d67fb.html.
- [57] Á. Artola Moreno. "Clasificación de imágenes usando redes neuronales convolucionales en Python". 2019.
- [58] G. E. Hinton, N. Srivastava, A. Krizhevsky, I. Sutskever, y R. R. Salakhutdinov. "Improving neural networks by preventing co-adaptation of feature detectors". arXiv preprint arXiv:1207.0580, 2012.

- [59] H. Wu y X. Gu. "Towards dropout training for convolutional neural networks". *Neural Networks*, vol. 71, pp. 1-10, 2015.
- [60] A. Poernomo y D. K. Kang. "Biased dropout and crossmap dropout: learning towards effective dropout regularization in convolutional neural network". *Neural networks*, vol. 104, pp. 60-67, 2018.
- [61] H. Qassim, A. Verma, y D. Feinzimer. "Compressed residual-VGG16 CNN model for big data places image recognition." In 2018 IEEE 8th annual computing and communication workshop and conference (CCWC), pp. 169-175, 2018. IEEE.
- [62] A. A. Ramadhan y M. Baykara. "A Novel Approach to Detect COVID-19: Enhanced Deep Learning Models with Convolutional Neural Networks". *Applied Sciences*, vol. 12, no. 18, p. 9325, 2022.
- [63] B. Koonce y B. Koonce. "ResNet 50. Convolutional Neural Networks with Swift for Tensorflow: Image Recognition and Dataset Categorization". pp. 63-72, 2021.
- [64] Media Pipe, 2023. Google for Developers. [En línea]. Disponible en: https://developers.google.com/mediapipe/solutions/vision/gesture_recognizer. [Último acceso: 12 febrero 2024].
- [65] A. Fernández Bedoya. "Inteligencia artificial en los servicios financieros". *Boletín económico/Banco de España*, n. 2, 2019.
- [66] S. G. Pérez Ibarra, J. R. Quispe, F. F. Mullicundo, y D. A. Lamas. *Herramientas y tecnologías para el desarrollo web desde el FrontEnd al BackEnd*, In XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2021, Chilecito, La Rioja), 2021.
- [67] Microsoft. (2023, julio 13). *Introducción a Next.js en Windows*. Microsoft.com. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/es-es/windows/dev-environment/javascript/nextjs-on-wsl>. [Último acceso: 12 febrero 2024].
- [68] *React*. [En línea]. Disponible en: <https://react.dev>.
- [69] *Introduction to Node.js*. [En línea]. Disponible en: <https://nodejs.org/en/docs/guides/getting-started-guide>.
- [70] *Zustand Documentation*. dirección: <https://docs.pmnd.rs/zustand/getting-started/introduction>.
- [71] B. Orbán. *Introduction Next Auth*. next-auth.js.org. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://next-auth.js.org/getting-started/introduction>.
- [72] J. Bogner y M. Merkel, mayo 2022. *¿Escribir o no escribir? Una comparación sistemática de la calidad del software de las aplicaciones JavaScript y TypeScript en GitHub*. En *Actas de la 19ª Conferencia Internacional sobre Repositorios de Software Minero* (pp. 658-669).
- [73] *¿Qué es JavaScript (JS)?* [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/what-is/javascript/>.
- [74] *Stack Overflow Developer Survey 2023*. 2023. <https://survey.stackoverflow.co/2023/>. Fecha de acceso: 29 septiembre 2023.

- [75] Soham De Roy. *What is Tailwind CSS? A Beginner's Guide*. *freeCodeCamp.org*, Sep. 12, 2022. <https://www.freecodecamp.org/news/what-is-tailwind-css-a-beginners-guide/>. Fecha de acceso: 30 septiembre 2023.
- [76] S. Sulstonov. *IMPORTANCE OF PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE IN MACHINE LEARNING*. *ibet*, vol. 3, no. 9, pp. 28–30, Sep. 2023.
- [77] *FastAPI*. <https://fastapi.tiangolo.com/>. Fecha de acceso: 30 septiembre, 2023.
- [78] *Ludwig v0.2 Adds New Features and Other Improvements to its Deep Learning Toolbox*. *Uber Blog*, Jul. 24, 2019. <https://www.uber.com/en-EC/blog/ludwig-v0-2/>. Fecha de acceso: 30 septiembre 2023.
- [79] A. Reinman. *Nodemailer*. [En Línea]. Disponible: <https://nodemailer.com>. Fecha de acceso: 30 septiembre 2023.
- [80] P. Luzanov, E. Rogov, y I. Levshin (translated by L. Mantrova). *POSTGRES: The First Experience*. 2023. Disponible en: https://edu.postgrespro.ru/introbook_v9_en.pdf
- [81] *¿Qué es PostgreSQL? | IBM*. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/topics/postgresql>.
- [82] *Debian -- Reasons to use Debian*. 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.debian.org/intro/why_debian., 2022
- [83] A. Fiechter, R. Minelli, C. Nagy, and M. Lanza. *Visualizing github issues*. Working Conference on Software Visualization (VISSOFT), 2021, pp. 155–159. doi: 10.1109/VISSOFT52517.2021.00030.
- [84] *Figma: The Collaborative Interface Design Tool*. <https://www.figma.com/>. Fecha de acceso: 29 noviembre 2023
- [85] *Cómo usar OAuth 2.0 para acceder a las API de Google*. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://developers.google.com/identity/protocols/oauth2>.
- [86] Z. R. V. Cordero. *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. *Revista educación*, vol. 33, no. 1, pp. 155-165, 2009.
- [87] *Autorización de aplicaciones de OAuth*. <https://docs.github.com/es/apps/oauth-apps/building-oauth-apps/authorizing-oauth-apps#web-application-flow>. Fecha de acceso: 29 noviembre 2023