

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA



TESIS

Aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana para
mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del
nivel primario, Chiclayo - 2024

Presentado para optar el Título Profesional de:
Ingeniero (a) en Computación e Informática

Investigadores:

Bach. Farroñan Racchumí Melyssa Jahayra

Bach. Rivera Olivera Germán

Asesora:

M.Sc. Ing. Aquino Lalupú Janet del Rosario

Lambayeque, 2026

TESIS

“Aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario, Chiclayo - 2024”

Tesis para optar el Título Profesional de:
Ingeniero (a) en Computación e Informática.

Presentado por:



Bach. Farroñan Racchumí Melyssa
Jahayra



Bach. Rivera Olivera Germán

Asesorado por:



M.Sc. Ing. Aquino Lalupú Janet del Rosario

TESIS

“Aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario, Chiclayo - 2024”

Tesis para optar el Título Profesional de:
Ingeniero (a) en Computación e Informática.

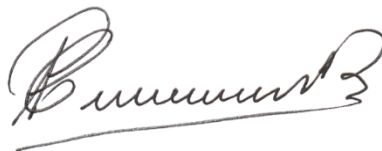
Aprobado por:



Dr. Ing. Alarcón García Roger Ernesto
Presidente



Dr. Ing. Valdivia Salazar Carlos Alberto
Secretario



M.Sc. Ing. Celis Bravo Percy Javier
Vocal

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DECANATO
Ciudad Universitaria – Lambayeque
LICENCIADA - RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N° 015 -2023-SUNEDU / CD

0088

ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 50-2026-D/FACFyM

Siendo las 11:10 am del día 18 de junio del 2026, se reunieron los miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada:

APLICACIÓN WEB DE RECONOCIMIENTO DE LENGUA DE SEÑAS PERUANA PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES CON DISCAPACIDAD AUDITIVA DEL NIVEL PRIMARIO - CHICLAYO - 2024

Designados por Resolución N° 849-2024 D/FACFyM de fecha 29 AGOSTO 2024

Con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

<u>DR. Ing. Roger Ernesto Alarcón García</u>	Presidente
<u>Dr. Ing. Carlos Alberto Valdivia Salazar</u>	Secretario
<u>M.Sc. Ing. Percy Javier Celis Bravo</u>	Vocal

La tesis fue asesorada por (el) (la) Mg. Ing. Janet del Rosario Aguino Lajupu, nombrado por Resolución N° 849-2024 D/FACFyM de fecha 29 AGOSTO 2024

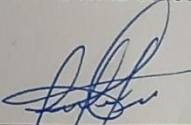
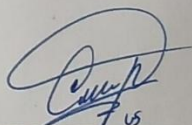
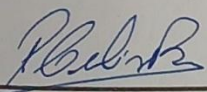
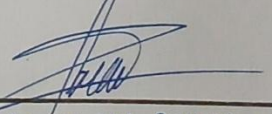
El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 464-2026 D/FACFyM de fecha 11 JUNIO 2026

La Tesis fue presentada y sustentada por (el) (los) Bachiller (es): FARFÓN RACHUMI MELYSIA JAHAYRA y RIVERA OLIVERA GERMAN y tuvo una duración de 60 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el Calificativo de DIECISIETE (17) en la escala vigesimal, mención (BUENO).

Por lo que queda(n) apto(s) para obtener el Título Profesional de INGENIERO EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:10 p.m. se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.

 <u>DR. ING. ROGER ERNESTO ALARCÓN GARCÍA</u> Presidente	 <u>DR. ING. CARLOS ALBERTO VALDIVIA SALAZAR</u> Secretario
 <u>M.Sc. ING. PERCY JAVIER CELIS BRAVO</u> Vocal	 <u>Mg. ING. JANET DEL ROSARIO AGUINO LAJUPU</u> Asesor

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **M.Sc. Janet del Rosario Aquino Lalupú**, usuario revisor del documento titulado: **Aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario, Chiclayo - 2024.**

Cuyo autor es (son): **Bachiller Melyssa Jahayra Farroñan Racchumí**, identificada con **DNI: 75917629**; **Bachiller Germán Rivera Olivera**, identificado con **DNI: 73006421**; declaro que la evaluación realizada por el Programa Informático, ha arrojado un **porcentaje de similitud de 8%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 24 de junio de 2026



M.Sc. Ing. Janet del Rosario Aquino Lalupú

DNI: 02771070

ASESOR

Aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana para mejorar el aprendizaje en con discapacidad auditiva del nivel primario, Chiclayo - 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUD

FUENTES PRIMARIAS

1 hdl.handle.net

Fuente de Internet

2 repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

3 repositorio.unife.edu.pe

Fuente de Internet

4 tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

5 repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

6 repositorio.isil.pe

Fuente de Internet

7 Sandra Lucerely Castro Zamora, Bertha Isabel Viñán Oleas, Gregory Edison Naranjo Var
"Multisensory methodology for learning basic mathematical operations in second year
Basic Education", Esprint Investigación, 2025

Publicación

8 dspace.espoch.edu.ec

Fuente de Internet

9 repositorio.ucp.edu.pe

Fuente de Internet

10 repositorio.uct.edu.pe

Fuente de Internet

11 revistatransregiones.com

Fuente de Internet

12 Submitted to Universidad Cesar Vallejo

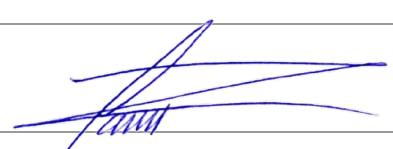
Trabajo del estudiante

13 repositorio.unan.edu.ni

Fuente de Internet

14 repositorio.espe.edu.ec

Fuente de Internet


Janet del Rosario Aquino Lalupu
DNI: 02771070

15 www.slideshare.net
Fuente de Internet

16 Fonseca Vélez, Jessica Marcela | Ibáñez Suárez, Mónica Lizeth. "Conectando Familias: El Impacto de Tiktok e Instagram en el Aprendizaje de L.S.C. y Fortalecimiento Familiar", Universidad El Bosque (Colombia)
Publicación

17 dspace.unach.edu.ec
Fuente de Internet

18 repositorio.autonoma.edu.pe
Fuente de Internet

19 Maje Chilito, Dayana. "Implementación de una Estrategia Pedagógica para la Enseñanza de Operaciones Básicas Según el Núcleo de Pensamiento Matemático y Economía Comunitaria en Estudiantes del Ciclo 2 de la Escuela Indígena Intercultural para Jóvenes Adultos (Eiija) del Resguardo Indígena de Tacueyó, Municipio de Toribío-cauca, a Partir los Diálogos Comunitarios y el Reconocimiento de los Saberes Ancestrales, Prácticas Económicas y Dinámicas de Aprendizaje Propias de la Comunidad", Universidad El Bosque (Colombia)
Publicación

20 repositorio.utn.edu.ec
Fuente de Internet

21 repositorionacionalcti.mx
Fuente de Internet

22 archive.org
Fuente de Internet

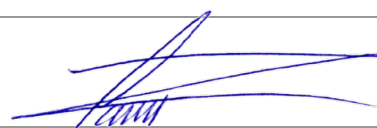
23 repositorio.unicolmayor.edu.co
Fuente de Internet

24 tesis.ipn.mx
Fuente de Internet

25 (Carlinda Leite and Miguel Zabalza). "Ensino superior: inovação e qualidade na docência. Repositório Aberto da Universidade do Porto, 2012.
Publicación

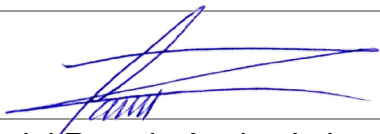
26 Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD, UNAD
Trabajo del estudiante

27 riunet.upv.es
Fuente de Internet



Janet del Rosario Aquino Lalupu
DNI: 02771070

-
- 28 www.minedu.gob.pe
Fuente de Internet
-
- 29 repositorio.unapiquitos.edu.pe
Fuente de Internet
-
- 30 repositorio.upn.edu.pe
Fuente de Internet
-
- 31 www.pinterest.com
Fuente de Internet
-
- 32 repositorio.unae.edu.ec
Fuente de Internet
-
- 33 www.conftool.pro
Fuente de Internet
-
- 34 repositorio.unprg.edu.pe:8080
Fuente de Internet
-
- 35 virtual.urbe.edu
Fuente de Internet
-
- 36 Submitted to Universidad Europea de Madrid
Trabajo del estudiante
-
- 37 Submitted to Universidad Fidélitas
Trabajo del estudiante
-
- 38 dspace.unitru.edu.pe
Fuente de Internet
-
- 39 repositorio.monterrico.edu.pe
Fuente de Internet
-
- 40 repositorio.pedagogicochimbote.edu.pe
Fuente de Internet
-
- 41 www.meloteca.com
Fuente de Internet
-
- 42 Karen Napan Gómez. "Ministerio de Educación. Lengua de señas peruana: Guía para el aprendizaje de la lengua de señas peruana, vocabulario básico", Lengua y Sociedad, 20
Publicación
-
- 43 Submitted to Universidad Peruana Los Andes
Trabajo del estudiante
-
- 44 repositorio.uia.ac.cr:8080
Fuente de Internet
-



Janet del Rosario Aquino Lalupu
DNI: 02771070

45 Submitted to FUNIBER
Trabajo del estudiante

46 repositorio.uss.edu.pe
Fuente de Internet

47 Submitted to Universidad Catolica Tecnologica de Barahona
Trabajo del estudiante

48 bienal-clacso-redinju-umz.cinde.org.co
Fuente de Internet

49 repositorio.upse.edu.ec
Fuente de Internet

50 alicia.concytec.gob.pe
Fuente de Internet

51 blog.infranetworking.com
Fuente de Internet

52 es.scribd.com
Fuente de Internet

53 openwebinars.net
Fuente de Internet

54 repositorio.upch.edu.pe
Fuente de Internet

55 www.coursehero.com
Fuente de Internet

56 Submitted to Universidad Privada de Tacna
Trabajo del estudiante

57 repositorio.epnewman.edu.pe
Fuente de Internet

Excluir citas

Excluir bibliografía

Activo

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words


Janet del Rosario Aquino Lalupu
DNI: 02771070



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Farroñan Racchumí Melyssa J. Rivera Olivera Germán
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Perua...
Nombre del archivo: TESIS_-_LSP.pdf
Tamaño del archivo: 11.05M
Total páginas: 230
Total de palabras: 35,936
Total de caracteres: 207,952
Fecha de entrega: 24-jun-2026 11:39a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2988940342

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA



TESIS

Aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana para
mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del
nivel primario, Chiclayo - 2024

Presentado para optar el Título Profesional de:
Ingeniero (a) en Computación e Informática

Investigadores:
Bach. Farroñan Racchumí Melyssa Jahayra
Bach. Rivera Olivera Germán

Asesora:
M.Sc. Ing. Aquino Lalupú Janet del Rosario

Lambayeque, 2026


Janet del Rosario Aquino Lalupu
DNI: 02771070

Dedicatoria

En primer lugar, dedico este trabajo a Dios por brindarme fortaleza y sabiduría durante cada etapa académico, permitiéndome superar desafíos y culminar esta importante meta profesional.

A mis padres, quienes con su apoyo incondicional constante han sido el motor que me impulso a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. Gracias por creer en mí, por sus consejos y por enseñarme que el esfuerzo y la dedicación siempre tienen recompensa.

A mi persona favorita que me ilumina desde el cielo, que siempre me inspiro con sus consejos a seguir luchando por mis sueños y metas.

Melyssa Jahayra Farroñan Racchumí

Dedico este trabajo de investigación a Dios, por ser mi guía. A mis padres, por su sacrificio y apoyo constante, quienes me brindaron la oportunidad de formarme profesionalmente e inculcaron en mí valores y principios que orientan mi vida.

A mis hermanos, por su compañía y paciencia, y de manera especial a mi hermana Melissa Rivera Olivera, por su apoyo moral, comprensión y palabras de aliento en los momentos más difíciles durante el desarrollo de esta tesis.

Este trabajo representa la culminación de una etapa significativa en mi formación profesional.

German Rivera Olivera

Agradecimiento

Agradezco a Dios por guiar mis pasos, darme fortaleza y la oportunidad de alcanzar una de las metas importantes de mi formación profesional.

A mis padres, por su apoyo incondicional, comprensión y confianza durante mi etapa académica. Gracias por acompañarme en momentos de alegría y dificultad, brindando siempre el impulso necesario para continuar.

A mi asesora de tesis, por su orientación, conocimientos, paciencia y valiosos aportes en los cuales fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de esta investigación.

Finalmente, agradezco la oportunidad de haber desarrollado una investigación que está orientada a promover la inclusión educativa mediante el uso de la tecnología.

Melyssa Jahayra Farroñan Racchumí

Agradezco a Dios por concederme salud, fortaleza y perseverancia, y de manera especial, expreso mi profunda gratitud al Señor Cautivo de Ayabaca, por su protección, bendición y por ser una constante fuente de fe y esperanza en los momentos de mayor dificultad, iluminando mi camino a lo largo de mi vida personal y académica.

A mis padres, por su amor, apoyo y sacrificio constante durante mis estudios, lo que me permitió alcanzar mi formación profesional.

Agradezco a mi asesora la M.Sc. Ing. Janet Aquino Lalupú, por su orientación, dedicación y paciencia que tuvo durante estos meses de desarrollo de la Tesis.

German Rivera Olivera

Índice

Dedicatoria	2
Agradecimiento	3
Índice.....	4
Índice de Tablas	7
Índice de Figuras.....	10
Resumen	15
Abstract	16
Introducción.....	17
Capítulo I. Diseño Teórico.....	19
1.1. Antecedentes	19
1.1.1. Internacional.....	19
1.1.2. Nacional	21
1.1.3. Local	22
1.2. Bases teóricas	24
1.2.1. Variable Independiente: Aplicación Web de Reconocimiento de Lengua de Señas Peruana	24
1.2.2. Variable Dependiente: Aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario	41
1.3. Operacionalización de variables	45
1.3.1. Definición conceptual.....	45
1.3.2. Definición operativa	46
Capítulo II. Diseño Metodológico	48
2.1. Tipo de investigación	48
2.2. Diseño de contrastación de hipótesis.....	48
2.3. Población y muestra	49
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	50

2.5. Aspectos éticos de la investigación	51
Capítulo III. Resultados	52
3.1. Desarrollo del objetivo 1: Analizar las metodologías de aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana que reciben los estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario del colegio Karl Weiss de Chiclayo.	52
3.2. Desarrollo del objetivo 2: Identificar los temas de la Lengua de Señas Peruana con mayor dificultad de aprendizaje en los estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario del colegio Karl Weiss de Chiclayo.	52
3.3. Desarrollo del objetivo 3: Seleccionar las herramientas a utilizar en el desarrollo de la aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana.	66
3.3.1. <i>Arquitectura de la aplicación web.</i>	70
3.4. Desarrollo del objetivo 4: Utilizar la metodología XP en el desarrollo de la aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana.	71
3.4.1. <i>Fase I. Planificación</i>	71
3.4.1.1. Historias de usuario.	71
3.4.1.2. Definición de roles.....	72
3.4.1.3. Plan de publicaciones.....	74
3.4.1.4. Plan de iteraciones.	76
3.4.2. <i>Fase II: Diseño</i>	80
3.4.2.1. Interfaces de usuario.	80
3.4.2.1.1. <i>Diccionario de la LSP.</i>	80
3.4.2.1.2. <i>Reconocimiento de señas de los números.</i>	82
3.4.2.1.3. <i>Reconocimiento de señas del alfabeto.</i>	84
3.4.2.1.4. <i>Reconocimiento de señas de Operaciones Matemáticas Básicas.</i>	86
3.4.2.1.5. <i>Información de la aplicación web.</i>	89
3.4.2.2. Diseño de base de datos.	92
3.4.3. <i>Fase III: Desarrollo</i>	93

3.4.3.1. Fichas de tareas.	93
3.4.3.2. Codificación.	108
3.4.3.3. Estándares de programación.	149
3.4.4. Fase IV: Pruebas.....	150
3.4.4.1. Pruebas de validación.....	150
3.4.4.2. Pruebas reales.....	156
3.5. Desarrollo del objetivo 5: Evaluar la mejora del aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana al utilizar la aplicación web.....	162
Capítulo IV. Discusión de resultados.....	185
Capítulo V. Conclusiones	187
Capítulo VI. Recomendaciones.....	189
Referencias	190
Anexos.....	195
Anexo 01: CARTA DE PRESENTACIÓN PARA EL RECOJO DE INFORMACIÓN..	195
Anexo 02: SOLICITUD PARA RECOPIAR INFORMACIÓN	197
Anexo 03: FICHA DE OBSERVACIONES	199
Anexo 04: VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS	201
Anexo 05: VALIDACIÓN DEL JUICIO DE EXPERTOS	213
Anexo 06: CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	215
Anexo 07: CUESTIONARIO.....	222
Anexo 08: CONFORMIDAD DE CULMINACIÓN DE INVESTIGACIÓN.....	228
Anexo 09: RESULTADOS DE WILCOXON.....	229

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	46
Tabla 2 <i>Estudiantes de nivel primario por grado y sección</i>	49
Tabla 3 <i>Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tan fácil o difícil te parece hacer las señas del alfabeto?</i>	53
Tabla 4 <i>Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cómo consideras tu aprendizaje académico de la lengua de señas del alfabeto?</i>	54
Tabla 5 <i>Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Sueles practicar las señas del alfabeto que el docente realiza en clase?</i>	55
Tabla 6 <i>Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Con qué frecuencia practicas las señas del alfabeto en tu casa?</i>	56
Tabla 7 <i>Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tan fácil o difícil te parece hacer las señas de los números?</i>	57
Tabla 8 <i>Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cómo consideras tu aprendizaje académico de la lengua de señas de los números?</i>	58
Tabla 9 <i>Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Sueles practicar las señas de los números que el docente realiza en clase?</i>	59
Tabla 10 <i>Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Con que frecuencia practicas las señas de los números en tu casa?</i>	60
Tabla 11 <i>Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tan fácil o difícil te parece desarrollar las operaciones matemáticas de suma con la Lengua de Señas Peruana?</i>	61
Tabla 12 <i>Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tan fácil o difícil te parece desarrollar las operaciones matemáticas de resta con la Lengua de Señas Peruana?</i>	62
Tabla 13 <i>Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tan fácil o difícil te parece desarrollar las operaciones matemáticas de multiplicación con la Lengua de Señas Peruana?</i>	63
Tabla 14 <i>Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tan fácil o difícil te parece desarrollar las operaciones matemáticas de división con la Lengua de Señas Peruana?</i>	64
Tabla 15 <i>Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cómo consideras tu rendimiento académico en el aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas con la Lengua de Señas Peruana?</i>	65
Tabla 16 <i>Descripción de Historias de Usuario</i>	72
Tabla 17 <i>Definición de roles de cada participante</i>	73

Tabla 18 <i>Priorización de historias de usuario</i>	74
Tabla 19 <i>Descripción del plan de publicaciones</i>	75
Tabla 20 <i>Plan de iteraciones</i>	76
Tabla 21 <i>Tarea 01 - Diseñar la interfaz del diccionario</i>	93
Tabla 22 <i>Tarea 02 - Listado de las categorías de la LSP</i>	94
Tabla 23 <i>Tarea 03 - Listado de las señas de una categoría seleccionada</i>	94
Tabla 24 <i>Tarea 04 - Mostrar información de una seña seleccionada</i>	95
Tabla 25 <i>Tarea 05 - Diseñar la interfaz del reconocimiento de las señas de los números</i>	95
Tabla 26 <i>Tarea 06 - Diseñar la interfaz para seleccionar la mano dominante en el reconocimiento de las señas de los números</i>	96
Tabla 27 <i>Tarea 07 - Captura de las señas de los números a través de la cámara del dispositivo</i>	97
Tabla 28 <i>Tarea 08 - Almacenar datos normalizados de las respectivas señas de los números para la predicción</i>	98
Tabla 29 <i>Tarea 09 - Carrusel de imágenes de señas de los números como apoyo visual</i>	98
Tabla 30 <i>Tarea 10 - Diseñar la interfaz del reconocimiento de las señas del alfabeto</i>	99
Tabla 31 <i>Tarea 11 - Diseñar la interfaz para seleccionar la mano dominante en el reconocimiento de las señas del alfabeto</i>	100
Tabla 32 <i>Tarea 12 - Captura de las señas del alfabeto a través de la cámara del dispositivo</i>	101
Tabla 33 <i>Tarea 13 - Almacenar datos normalizados de una respectiva seña del alfabeto para la predicción</i>	102
Tabla 34 <i>Tarea 14 - Carrusel de imágenes de señas del alfabeto como apoyo visual</i>	102
Tabla 35 <i>Tarea 15 - Diseñar la interfaz del reconocimiento de las operaciones matemáticas básicas</i>	103
Tabla 36 <i>Tarea 16 - Diseñar la interfaz para seleccionar la mano dominante en el reconocimiento del resultado de las operaciones matemáticas básicas</i>	104
Tabla 37 <i>Tarea 17 - Diseñar la interfaz para seleccionar el tipo de operación matemática básica</i>	105
Tabla 38 <i>Tarea 18 - Reconocimiento del resultado de las señas de las operaciones matemáticas básicas</i>	106
Tabla 39 <i>Tarea 19 - Creación de la interfaz principal</i>	107
Tabla 40 <i>Tarea 20 - Creación de la interfaz del apartado “Acerca de”</i>	107
Tabla 41 <i>Validación 01 - Visualizar el contenido de la interfaz del diccionario de la LSP</i>	150

Tabla 42 Validación 02 - Predicción de las señas de los números	151
Tabla 43 Validación 03 - Predicción de las señas del alfabeto	152
Tabla 44 Validación 04 - Predicción de las señas de las operaciones matemáticas básicas	153
Tabla 45 Validación 05 - Visualizar el contenido de la interfaz principal y “Acerca de” de la aplicación web	155
Tabla 46 Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cuántas señas del alfabeto sabes realizar?	162
Tabla 47 Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tiempo tardas en realizar una seña del alfabeto?	166
Tabla 48 Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cuántas horas al día dedicas al aprendizaje de las señas del alfabeto?	168
Tabla 49 Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cuántas señas de los números sabes realizar?	170
Tabla 50 Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tiempo tardas en realizar una seña de los números?	174
Tabla 51 Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cuántas horas al día dedicas al aprendizaje de las señas de los números?.....	176
Tabla 52 Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cuántas operaciones matemáticas básicas sabes realizar?.....	178
Tabla 53 Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Con que frecuencia practicas las operaciones matemáticas en tu casa?.....	181
Tabla 54 Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cuántas horas al día dedicas al aprendizaje de las operaciones matemáticas?	183

Índice de Figuras

Figura 1 Paquete de modelos de puntos referenciales de la mano	27
Figura 2 Construcción de un modelo de ML	29
Figura 3 Arquitectura de la aplicación web	70
Figura 4 Interfaz del diccionario de las categorías de la LSP.....	81
Figura 5 Interfaz del diccionario de las señas de Números.....	81
Figura 6 Interfaz del diccionario de una seña de número seleccionada	82
Figura 7 Interfaz del Reconocimiento de Señas de los Números	83
Figura 8 Interfaz para cambiar la mano dominante en el reconocimiento de Números.....	84
Figura 9 Interfaz del Reconocimiento de Señas del alfabeto	85
Figura 10 Interfaz para cambiar la mano dominante en el reconocimiento del Alfabeto.....	86
Figura 11 Interfaz del Reconocimiento de señas de operaciones de matemáticas básicas....	87
Figura 12 Interfaz para cambiar la mano dominante en el reconocimiento de operaciones matemáticas básicas.....	88
Figura 13 Interfaz para cambiar la operación matemática básica	88
Figura 14 Interfaz para seleccionar el contenido a aprender.....	89
Figura 15 Interfaz de la página principal	90
Figura 16 Interfaz del apartado “Acerca De” de la aplicación web	91
Figura 17 Diseño de base de datos de la migración	92
Figura 18 Importación de los componentes a renderizar en la navegación de la aplicación web.....	108
Figura 19 Componentes que se renderizan en la aplicación web	109
Figura 20 Importación de librerías y archivos CSS para el Reconocimiento	110
Figura 21 Definición de las variables del Reconocimiento	111
Figura 22 Listado de las Categorías de las Señas a mostrar.....	112
Figura 23 Funciones para el tipo de reconocimiento y la mano dominante	113
Figura 24 Funciones de los modelos entrenados previamente de la mano derecha (Números y Alfabetos)	114
Figura 25 Funciones de los modelos entrenados previamente de la mano izquierda (Números y Alfabetos)	115
Figura 26 Llamado de las funciones de los modelos entrenados previamente y de cierre al momento de desmontar el componente	116
Figura 27 Función reutilizada para predecir la seña a través de los 21 puntos de la mano.....	117

Figura 28 Variables de las dimensiones de la cámara, dibujo del Canvas y del cuadrante de la zona de reconocimiento de las señas	119
Figura 29 Normalización de las coordenadas de los 21 puntos referenciales de la mano derecha	120
Figura 30 Dibujo del centroide, conectores y de los círculos de las coordenadas normalizadas de los 21 puntos referenciales de la mano derecha.....	121
Figura 31 Normalización de las coordenadas de los 21 puntos referenciales de la mano izquierda	122
Figura 32 Dibujo del centroide, conectores y de los círculos de las coordenadas normalizadas de los 21 puntos referenciales de la mano izquierda.....	123
Figura 33 Llamado a la librería MediaPipe Hand	124
Figura 34 Función para detener la cámara	125
Figura 35 Función para cargar la imagen de la seña reconocida correcta e incorrectamente	126
Figura 36 Manejo de los tiempos entre los reconocimientos de las señas de los números de uno o dos dígitos	127
Figura 37 Limpieza de la variable de los tiempos entre los reconocimientos de las señas de los números.....	128
Figura 38 Función para escoger el reconocimiento de los números de uno o dos dígitos ..	128
Figura 39 Contenedor de carga de la cámara.....	129
Figura 40 Contenedor de la cámara, canvas y la imagen de la seña correcta	129
Figura 41 Contenedor del Slider para las imágenes de las señas como apoyo visual.....	130
Figura 42 Modal para la selección de la mano dominante	131
Figura 43 Botón de cierre del Modal.....	132
Figura 44 Captura y guardado de las coordenadas para su posterior entrenamiento de la predicción	132
Figura 45 Definición de las variables para el entrenamiento.....	133
Figura 46 Entrenamiento del modelo de los números de la mano izquierda	134
Figura 47 Entrenamiento del modelo de los números de la mano derecha	135
Figura 48 Entrenamiento del modelo del alfabeto de la mano izquierda	136
Figura 49 Entrenamiento del modelo del alfabeto de la mano derecha	137
Figura 50 Guardado del modelo entrenado de los números de la mano izquierda	138
Figura 51 Guardado del modelo entrenado de los números de la mano derecha	138
Figura 52 Guardado del modelo entrenado del alfabeto de la mano izquierda.....	139

Figura 53 <i>Guardado del modelo entrenado del alfabeto de la mano derecha</i>	139
Figura 54 <i>Modelo de la tabla User</i>	140
Figura 55 <i>Modelo de la tabla Dictionary</i>	140
Figura 56 <i>Modelo de la tabla Category</i>	141
Figura 57 <i>Modelo de la tabla Sign</i>	141
Figura 58 <i>Modelo de la tabla TypeOperation</i>	142
Figura 59 <i>Modelo de la tabla MathematicalOperation</i>	142
Figura 60 <i>Migración de la tabla User</i>	143
Figura 61 <i>Migración de la tabla Dictionary</i>	144
Figura 62 <i>Migración de la tabla Category</i>	145
Figura 63 <i>Migración de la tabla Sign</i>	146
Figura 64 <i>Migración de la tabla TypeOperation</i>	147
Figura 65 <i>Migración de la tabla MathematicalOperation</i>	148
Figura 66 <i>Evidencia de la migración de Laravel al servidor Clever Cloud</i>	148
Figura 67 <i>Diccionario de la Lengua de Señas Peruana - Abecedario</i>	156
Figura 68 <i>Reconocimiento de la seña de la letra B</i>	156
Figura 69 <i>Reconocimiento de la seña de la letra E</i>	157
Figura 70 <i>Reconocimiento de la seña de la letra G</i>	157
Figura 71 <i>Reconocimiento de la seña de la letra V</i>	158
Figura 72 <i>Reconocimiento de la seña del número 7</i>	158
Figura 73 <i>Reconocimiento de la seña del número 15</i>	159
Figura 74 <i>Reconocimiento de operaciones matemáticas básicas de suma</i>	159
Figura 75 <i>Reconocimiento de operaciones matemáticas básicas de resta</i>	160
Figura 76 <i>Reconocimiento de operaciones matemáticas básicas de multiplicación</i>	160
Figura 77 <i>Reconocimiento de operaciones matemáticas básicas de división</i>	161
Figura 78 <i>Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas señas del alfabeto sabes realizar? del Pre Test</i>	164
Figura 79 <i>Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas señas del alfabeto sabes realizar? del Post Test</i>	165
Figura 80 <i>Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Qué tiempo tardas en realizar una seña del alfabeto?</i>	167
Figura 81 <i>Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas horas al día dedicas al aprendizaje de las señas del alfabeto?</i>	169

Figura 82 Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas señas de los números sabes realizar? del Pre Test	172
Figura 83 Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas señas de los números sabes realizar? del Post Test.....	173
Figura 84 Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Qué tiempo tardas en realizar una seña de los números?.....	175
Figura 85 Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas horas al día dedicas al aprendizaje de las señas de los números?.....	177
Figura 86 Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas operaciones matemáticas básicas sabes realizar? del Pre Test.....	179
Figura 87 Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas operaciones matemáticas básicas sabes realizar? del Post Test	180
Figura 88 Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Con que frecuencia practicas las operaciones matemáticas en tu casa?.....	182
Figura 89 Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas horas al día dedicas al aprendizaje de las operaciones matemáticas?	184

Información General

- **Título**

Aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario, Chiclayo - 2024.

- **Autores**

Farroñan Racchumí Melyssa Jahayra.

Rivera Olivera Germán.

- **Asesor de Especialidad**

M.Sc. Ing. Janet del Rosario Aquino Lalupú.

- **Línea de Investigación**

Ingenierías y Tecnologías.

- **Lugar**

Institución Educativa 11003 Karl Weiss de Chiclayo.

Resumen

En la actualidad las instituciones educativas inclusivas constituyen el núcleo primordial de la educación de un país, generando oportunidades de aprendizaje y participación en los estudiantes, como es el caso del colegio Karl Weiss de Chiclayo, cuyo plan de desarrollo estudiantil contempla la inclusión social educativa, la cual es importante para que los estudiantes con ciertas discapacidades reciban buena educación académica de calidad. Sin embargo, se evidencia específicamente que la educación primaria no es la más óptima para los estudiantes con pérdida auditiva, como consecuencia del uso de metodologías de aprendizaje con un enfoque tradicional basado en la demostración y la práctica repetitiva de la Lengua de Señas Peruana (en adelante LSP) que brindan los docentes, la ausencia de medios tecnológicos adaptados a la inclusión educativa y las sesiones de aprendizaje que reciben los estudiantes por parte de los profesionales especializados en la interpretación de la LSP, los cuales forman parte del grupo CEBE “La Purísima” de Chiclayo.

El propósito de esta investigación fue desarrollar una aplicación web que permita reconocer la LSP con la finalidad de mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva, utilizando la biblioteca MediaPipe Hand para JavaScript y su funcionalidad para detectar los 21 puntos referenciales de la mano, además de la herramienta Tensorflow.js para entrenar modelos previamente guardados de las señas que servirán como base en la predicción. Además, se abordó el reconocimiento de contenidos relacionados al alfabeto, los números y operaciones matemáticas como son la suma, resta, multiplicación y la división. Se utilizó la investigación pre-experimental, aplicando un pretest y un posttest, la primera permite evaluar la enseñanza impartida por los profesores e intérpretes del grupo CEBE “La Purísima” y la segunda permite evaluar los resultados obtenidos al aplicar el reconocimiento de la LSP mediante la aplicación web propuesta, tomando una muestra por conveniencia de siete estudiantes del nivel primario con discapacidad auditiva del colegio Karl Weiss de Chiclayo.

Tras la intervención de la aplicación web, se evidencia que el 100% de los estudiantes tarda hasta 5 segundos en realizar las señas de los números y el alfabeto, el 57,1% de estudiantes practican casi todos los días las señas del alfabeto y los números en su casa, mientras que el 42,9% lo practica todos los días, además el 42,9% de estudiantes practican casi todos los días las operaciones matemáticas básicas y el 57,1% lo practican todos los días.

Palabras claves: Lengua de Señas Peruana, Discapacidad Auditiva, Aplicación Web, Inclusión, MediaPipe Hand, Reconocimiento.

Abstract

Currently, inclusive educational institutions constitute the core of a country's education system, generating learning and participation opportunities for students. This is the case at the Karl Weiss School in Chiclayo, whose student development plan includes educational and social inclusion, which is crucial for students with certain disabilities to receive a quality academic education. However, it is evident that primary education is not the most suitable for students with hearing loss. This is due to the use of traditional learning methodologies based on demonstration and repetitive practice of Peruvian Sign Language (LSP) by teachers, the lack of technological resources adapted to inclusive education, and the limited LSP interpretation sessions students receive from professionals at the CEBE "La Purísima" group in Chiclayo.

The purpose of this research was to develop a web application that recognizes Peruvian Sign Language (LSP) to improve learning for students with hearing impairments. The application utilizes the MediaPipe Hand library for JavaScript and its functionality to detect the 21 reference points on the hand, as well as the Tensorflow.js tool to train pre-stored models of the signs that will serve as the basis for prediction. The study also addressed the recognition of content related to the alphabet, numbers, and mathematical operations such as addition, subtraction, multiplication, and division. A pre-experimental design was used, employing a pretest and a posttest. The pretest evaluates the teaching provided by the teachers and interpreters of the CEBE group "La Purísima," while the posttest assesses the results obtained by applying LSP recognition through the proposed web application. A convenience sample of seven primary school students with hearing impairments from the Karl Weiss School in Chiclayo was used for the study.

Following the intervention of the web application, it is evident that 100% of the students take up to 5 seconds to perform the signs for numbers and the alphabet, 57.1% of students practice the signs for the alphabet and numbers at home almost every day, while 42.9% practice them every day. In addition, 42.9% of students practice basic mathematical operations almost every day and 57.1% practice them every day.

Keywords: Peruvian Sign Language, Hearing Impairment, Web Application, Inclusion, MediaPipe Hand, Recognition.

Introducción

En el Perú, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), existen 243 486 personas con limitaciones auditivas, cifra equivalente al 7,6 % de la población con discapacidad. Además, 8 790 personas declararon la LSP como su lengua materna, resaltando su relevancia en el contexto de la comunicación inclusiva. Además, se recalca que la lengua de señas no es universal porque varía según el país, debido a la diferencia que existe en su gramática y vocabulario. Por tal motivo, podemos afirmar que las señas peruanas son diferentes a las señas colombianas y estadounidenses.

La educación inclusiva en el Perú se encuentra respaldada por el Decreto Supremo N° 007-2021-MINEDU, la cual aprueba la norma técnica para la implementación del Servicio de Apoyo y Asesoramiento para la atención de las Necesidades Educativas Especiales (SAANEE), cuyo servicio está conformado por un equipo multidisciplinario de especialistas que brindan apoyo a estudiantes con discapacidades, entre ellos aquellos con déficit auditivo, en los niveles inicial, primaria y secundaria de todos los colegios de educación regular.

El colegio Karl Weiss de la provincia de Chiclayo es una institución educativa inclusiva, en donde los docentes y el alumnado con pérdida auditiva reciben una intervención de la LSP por parte del equipo SAANEE y modelos lingüísticos del CEBE “La Purísima”.

Bajo este contexto y con la aplicación de una ficha de observación, ver Anexo 03, se evidencian deficiencias en la educación de la LSP que brindan los docentes, además de la ausencia de medios tecnológicos adaptados a la inclusión educativa, ya que el docente solamente se apoya con imágenes visuales impresas sin ningún otro tipo de dispositivo tecnológico o material didáctico. Por ende, los estudiantes con pérdida auditiva presentan dificultades en algunos temas del alfabeto, los números y las operaciones matemáticas básicas.

A su vez, es necesario enmarcar que la enseñanza de la LSP debe ser priorizada desde la educación primaria, debido al óptimo momento de aprendizaje que tienen los niños en su educación escolar, por tal motivo, la educación dirigida a estudiantes con pérdida auditiva debe abarcar los temas más relevantes para el desarrollo estudiantil, tales como el alfabeto, los números y las operaciones matemáticas básicas.

Lo descrito, motivó a plantearse la siguiente pregunta de investigación: ¿El uso de una Aplicación web basada en el reconocimiento de la Lengua de Señas Peruana permitirá mejorar el aprendizaje de los estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario del colegio Karl Weiss de Chiclayo?

Según lo planteado, la investigación busca dar respuesta a la carencia de recursos tecnológicos que favorezcan a mejorar el aprendizaje de la LSP, facilitando la comprensión de los contenidos y fortaleciendo la participación académica, además de contribuir al derecho a la educación, aprovechando los avances tecnológicos en beneficio del sector educativo. A su vez, el estudio es pertinente porque responde a una problemática real de la comunidad educativa, y viable por los recursos disponibles para su ejecución.

El título de la investigación mencionada, tiene como objetivo **desarrollar la Aplicación Web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario del colegio Karl Weiss de Chiclayo**; con los siguientes objetivos específico que son el **analizar las metodologías de aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana que reciben los estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario del colegio Karl Weiss de Chiclayo**, para reconocer la problemática presente en la institución educativa en el aprendizaje de la LSP; **identificar los temas de la Lengua de Señas Peruana con mayor dificultad de aprendizaje en los estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario del colegio Karl Weiss de Chiclayo**, como son los números, el alfabeto y las operaciones matemáticas básicas; **seleccionar las herramientas a utilizar en el desarrollo de la aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana**, optando por dos tecnologías importantes que son tensorflow.js y MediaPipe Hand; **utilizar la metodología XP en el desarrollo de la aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana**, siendo un enfoque prioritario en el desarrollo de la investigación; y **evaluar la mejora del aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana al utilizar la aplicación web**, midiendo el impacto de nuestra aplicación web a través de un pretest y postest.

El presente informe se organiza en siete capítulos, los cuales permiten un abordaje integral del objeto de estudio. En la introducción, se expone la problemática, el problema de estudio, los objetivos y su relevancia social; el Capítulo I desarrolla el marco teórico, abarcando los antecedentes, fundamentos de la base teórica, y la operacionalización de las variables; en el Capítulo II se describe el diseño metodológico, incluyendo la contrastación de la hipótesis, población y muestra, además de las técnicas de recolección de datos empleadas; en el Capítulo III se muestran los resultados a partir de la aplicación del pretest y postest; en el Capítulo IV se discuten los resultados; Finalmente, el Capítulo V se recogen las conclusiones y en el capítulo VI indicamos las recomendaciones derivadas de los hallazgos del estudio.

Capítulo I. Diseño Teórico

1.1. Antecedentes

1.1.1. Internacional

Pinzón Bayona y Sanabria Orjuela, (2021) en su tesis “Desarrollo de una aplicación móvil para traductor de lenguaje de señas mediante el uso de servicios web”, tuvo como objetivo desarrollar el Lenguaje de Señas Colombiano (LSC), buscando un aumento intelectual y emocional al interactuar las personas con su entorno social, creando una aplicación móvil y permitiendo la comunicación a través de la traducción de la LSC, utilizando algoritmos de MediaPipe Hands. Usaron el enfoque ágil Scrum para el desarrollo y la librería MediaPipe para el reconocimiento de manos, de manera adicional implementaron una API para la clasificación de las señas a través de microservicios. Obtuvieron resultados que al usar la librería MediaPipe Hands no se reconocían las señas correctamente porque las mismas presentaban movimientos y esto dificultaba la clasificación de las señas en imágenes, por tal motivo optaron por excluir las señas que cuentan con movimientos corporales y faciales, llegando a no brindar una cobertura total del Lenguaje de Señas Colombiano en el aplicativo móvil.

Andrade Guaraca, (2022) en sus tesis “Diseño e Implementación de un Sistema Traductor de Lengua de Señas mediante Inteligencia Artificial para personas con Discapacidad Auditiva”, tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema que permita traducir el lenguaje de señas con ayuda de la inteligencia artificial para las personas con déficit auditivo, tomaron una muestra de forma aleatoria, considerando los datos obtenidos de los aciertos del sistema en diferentes condiciones de luz (buena, regular y mala), estas pruebas fueron realizadas a una persona de la Unidad Educativa Especializada Sordos de Chimborazo, la investigación es de tipo experimental, empleando una técnica empírica de investigación de campo con el propósito de evaluar la conducta de las personas que utilizaron el sistema, y la observación para la obtención de información estadística, obteniendo resultados favorables en la implementación del sistema para las personas con déficit auditivo, la cual permitió mejorar su comunicación con una confiabilidad de nivel alto, evidenciando que en un ambiente con buena iluminación el sistema detecta el 94,46%, con iluminación regular detecta el 92,08% y con iluminación mala detecta el 89,15% de las señas.

Morfin Chávez, (2023) en su tesis “Reconocimiento continuo de la Lengua de Señas Mexicana”, tuvo como objetivo diseñar, desarrollar y validar un sistema capaz de reconocer de forma continua las señas estáticas de la Lengua de Señas Mexicana (LSM), empleando técnicas de visión por computadora y aprendizaje automático, implementaron una metodología que comprendió dos fases de evaluación, la primera estuvo enfocada en el reconocimiento estático de señas dentro de un contexto aislado, utilizando datos recolectados de 20 participantes que ejecutaron diferentes movimientos de la mano desde múltiples ángulos. En esta fase, el modelo basado en Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) demostró una alta precisión en la identificación de señas continuas, con un error promedio cercano al 9%; y la segunda se enfocó en el reconocimiento continuo de señas estáticas, a partir de datos obtenidos de seis personas con distintos niveles del dominio de la LSM. En esta fase, se obtuvo un buen rendimiento al combinar MediaPipe para la obtención de puntos clave con el modelo SVM entrenado.

Maciel Cataño et al., (2024) en su artículo “*Detección del abecedario de Lengua de Señas Mexicanas (LSM) usando MediaPipe, SVM y Random Forest*”, desarrollando un software orientado a la detección de gestos del abecedario de la LSM, haciendo uso de la librería MediaPipe. Se aplicó una metodología dividida en dos fases: Fase de aprendizaje, en donde se empleó MediaPipe como descriptor para identificar las señas y obtener la información del patrón de textura presente en cada imagen; y la Fase de Reconocimiento, en donde se incorporaron las fotos para la validación, pasando por un proceso de preprocesamiento, aplicando nuevamente MediaPipe para generar los vectores característicos e implementando los clasificadores Random Forest y SVM, con el propósito de determinar la clase o letra asociada a cada seña representada en las fotos. Con la matriz de confusión se analizaron los resultados de las pruebas, evidenciando el nivel de precisión alcanzado por los clasificadores, obteniendo valores que reflejan las clasificaciones correctas y errores de reconocimiento.

Bravo Mosquera et al., (2024) en su artículo “SINSEÑAS: Aplicación móvil para el aprendizaje y traducción del lenguaje de señas colombiano” tuvo como objetivo desarrollar una herramienta para personas que desconocen la comunicación del lenguaje de señas colombiano. Utilizando la metodología XP para el desarrollo y las fases del proyecto. Lograron concluir que, al usar el aplicativo móvil, se permitió traducir las letras del alfabeto de una manera sencilla y eficaz, empezando con la identificación de la mano. Gracias a esto el material de aprendizaje como la función de traducción se trabajó con el alfabeto dactilológico colombiano.

Goyes Díaz y Solórzano Montero, (2024) en su tesis “Desarrollo de una aplicación web para reconocimiento de lengua de señas sin movimiento usando inteligencia artificial”, tuvo como objetivo aplicar la inteligencia artificial desarrollando un aplicativo web. Siendo un apoyo para las personas que desean aprender la lengua de señas, en donde la aplicación contó con básicas lecciones de las vocales, el alfabeto y los números del 0 al 9. La investigación tuvo un enfoque aplicado. Durante el desarrollo del proyecto utilizaron la metodología ágil haciendo uso del Design Thinking para la planificación y para la gestión de tareas y el abordamiento de posibles retrasos de entrega abordaron el diseño de los requerimientos mediante Focus Group y Kanban. Como resultado obtuvieron el 80% de los encuestados con una escala Likert combinando ambas metodologías. La aplicación utilizó el modelo MediaPipe que permitió aumentar los datos para las clases de entrenamiento con 200 imágenes. Como resultado mostraron una precisión del 90% para los números y 87,92% para el abecedario.

1.1.2. Nacional

Cieza Belisario, (2022) en su tesis “Desarrollo de una aplicación móvil de interpretación de lenguaje de señas (LSP) a texto utilizando la inteligencia artificial para el colegio Tres Olivos. 2022”, tuvo como objetivo desarrollar una aplicación móvil destinada a la interpretación del lenguaje de señas, dirigida a personas con déficit auditivo pertenecientes a la Institución Educativa Tres Olivos. Llevándose a cabo con una muestra formada por 117 estudiantes de la institución, utilizando un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental de tipo descriptivo. Para la recolección de datos utilizaron la encuesta como técnica, cuyos resultados evidenciaron una mejora significativa en el tiempo promedio y en el rendimiento del proceso de interpretación de las señas. Asimismo, se observó que una interpretación deficiente se vinculó con un nivel medio y alto de adecuación del aplicativo con un 83.3%, mientras que el nivel regular se asoció con niveles bajo, medio y alto de usabilidad, alcanzando un 11.1% en total.

Collque López et al., (2023) en su tesis “SISTRAD y los sistemas de traducción de Lengua de Señas: una propuesta alternativa para la inclusión”, tuvo como objetivo desarrollar un aplicativo SISTRAD que ayuda al educador a comunicarse con los estudiantes no oyentes y oyentes, mejorando el conocimiento del lenguaje de señas en el aula. El proyecto lo desarrollaron en tres fases, la primera consistió en levantar los requerimientos, la segunda consistió en el diseño y desarrollo de herramientas y la tercera en ratificar y evaluar la funcionalidad del sistema. Obteniendo como resultados que el aplicativo es de gran utilidad

aportando una gran ventaja para la enseñanza de la LSP. Facilitando a los docentes integrar actividades de enseñanza en sus clases de manera efectiva mientras enseñan a estudiantes oyentes y estudiantes con déficit auditivo.

Vega Calero, (2023) en su tesis “Deep learning para el aprendizaje del lenguaje de señas peruanas”, tuvo como objetivo desarrollar un sistema informático basado en técnicas de Deep Learning orientado a fortalecer y mejorar la comprensión y realización de signos del lenguaje de señas peruano en estudiantes con déficit auditivo del nivel primario en el CEBE Manuel Duato - Lima. Aplicaron el tipo de diseño aplicada adoptando un diseño pre experimental para medir las variables a través de un pretest y posttest. Como muestra fueron 18 niños con discapacidad auditiva entre los 8 y 17 años del nivel primaria. Empleando cuestionarios para la recopilación de datos para la evaluación de preguntas. Se concluyó que haciendo uso de la aplicación Deep Learning en el aprendizaje de LSP para la comprensión de signos básicos obtuvieron un 74%, mientras que para la realización de signos básicos obtuvieron un 79%, demostrando que ha sido satisfactorio utilizar la aplicación.

1.1.3. Local

Vásquez Soto, (2021) en su tesis “Aplicación móvil basado en el reconocimiento de imágenes para apoyar en el aprendizaje de lengua de señas de gestos estáticos en el Perú”, tuvo como objetivo analizar el reconocimiento de imágenes correspondientes a gestos estáticos para el apoyo en el aprendizaje del lenguaje de señas en el Perú. Utilizaron la metodología de tipo aplicada, la cual permite estudiar la problemática aplicando teorías para buscar solución al problema estudiado. Para su desarrollo, se integraron dos enfoques metodológicos: la metodología general de machine learning que es utilizada para determinar el óptimo algoritmo que debe predecir los gestos estáticos de las señas, y la metodología ágil XP, empleada en la construcción del software. Aplicando estas metodologías se evidenció que el sistema alcanzó una precisión superior al 80% en el reconocimiento de las señas estáticas.

Farroñan Carranza, (2021) en su tesis “Aplicación móvil para la práctica de la lengua de señas en los aspectos de alfabeto, números, y relaciones familiares y personales del vocabulario básico en la asociación de sordos de Lambayeque en el año 2020” tuvo como objetivo desarrollar una aplicación móvil orientada a la práctica del lenguaje de señas peruana, dirigida a la asociación de sordos de Lambayeque, para su elaboración se empleó la metodología RUP, utilizando como herramienta principal el entorno de Android Studio y la plataforma Firebase. Los resultados obtenidos demostraron que la aplicación móvil logró abarcar el 100% de los gestos de la LSP, incluyendo el alfabeto, los números y el vocabulario básico de las relaciones familiares y personales, obteniendo una validación positiva en cuanto a la usabilidad y facilidad de uso de los usuarios.

Montenegro Chore y Pravia Purihuaman, (2023) en su tesis “Sistema computacional basado en inteligencia artificial que mejora la comunicación con una persona sordomuda mediante el alfabeto de señas”, tuvo como objetivo desarrollar un sistema computacional basado en inteligencia artificial que favorezca la comunicación de los estudiantes sordomudos de la Institución Educativa para Sordos Harvest, mediante el uso del alfabeto en lengua de señas. La muestra estuvo conformada por siete estudiantes con déficit auditivo pertenecientes a la institución, desarrollándose bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental y de carácter aplicado y correlacional, buscando una relación causa efecto entre sus variables, aplicando un formulario de observaciones para la recolección de datos, un pretest para evaluar la cantidad de señas interpretadas por los oyentes y el tiempo promedio de ejecución, y un posttest para analizar la cantidad de señas reconocidas por el sistema. Los resultados mostraron una alta efectividad del modelo implementado, basado en una arquitectura de red neuronal convolucional (CNN), alcanzando una precisión del 98% tras el entrenamiento con un conjunto de datos de 29 signos.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Variable Independiente: Aplicación Web de Reconocimiento de Lengua de Señas Peruana

Arquitectura de Software en Aplicaciones Web

El desarrollo de sistemas informáticos modernos requiere el uso de modelos de arquitectura que permitan organizar los componentes del software de manera estructurada y eficiente. La arquitectura de software define la forma en que los diferentes elementos de un sistema interactúan entre sí, así como la manera en que se distribuyen las responsabilidades dentro de la aplicación.

En el contexto de las aplicaciones web, la arquitectura permite establecer la relación entre el cliente, el servidor y los mecanismos de comunicación que facilitan el intercambio de información. Una correcta definición arquitectónica contribuye a mejorar aspectos como la escalabilidad, el rendimiento y el mantenimiento del sistema. En aplicaciones orientadas al reconocimiento de patrones, como el reconocimiento de lengua de señas, la arquitectura adquiere mayor relevancia, ya que debe soportar procesos de análisis de datos en tiempo real, garantizando una interacción eficiente entre el usuario y el sistema.

Arquitectura Cliente-Servidor

La arquitectura cliente-servidor es un modelo de sistema estructurado que es utilizado en servicios y protocolos de internet. Las funciones del sistema se dividen en proveedores de servicios que son los servidores y los solicitantes que vienen ser los clientes. Esta arquitectura se aplica en modelos informáticos que son diferentes a nivel mundial, lo cual permite que exista comunicación entre diferentes entidades de una red a través de protocolos. El cliente envía solicitudes mediante protocolos de comunicación que están conectado a internet, mientras el servidor recibe y procesa las solicitudes, la cual es ejecutada y de esta manera retorna la información, dando una respuesta estructurada en formato HTML, JSON o XML.

Desde la perspectiva del presente proyecto, la adopción de esta arquitectura permite centralizar el procesamiento del reconocimiento de señas en el servidor. Esto reduce la carga computacional en el cliente y mejora significativamente los tiempos de respuesta, especialmente en tareas que requieren procesamiento intensivo, como el análisis de imágenes.

Tipo de Arquitectura Cliente-Servidor

Existen 3 tipos de arquitectura cliente-servidor:

La arquitectura de dos capas se caracteriza por una comunicación directa entre el cliente y el servidor, donde el cliente gestiona la interfaz de usuario y el servidor administra los datos o servicios solicitados. Este tipo de estructura suele utilizarse en sistemas relativamente simples.

Por otro lado, la arquitectura de tres capas introduce un nivel intermedio conocido como capa lógica o capa de aplicación. Esta capa se encarga de procesar la lógica del sistema, separando la interfaz del usuario de la gestión de los datos. Esta división permite mejorar la organización del software y facilita su mantenimiento.

Finalmente, la arquitectura N-capas amplía esta estructura permitiendo distribuir diferentes servicios en múltiples niveles del sistema. Este enfoque resulta adecuado para aplicaciones de mayor escala que requieren mayor flexibilidad y escalabilidad.

Aplicación Web

Las aplicaciones web representan un tipo de software que se ejecuta en servidores remotos y puede ser utilizado por los usuarios a través de navegadores web. A diferencia de las aplicaciones tradicionales instaladas localmente, las aplicaciones web permiten acceder a sus funcionalidades mediante internet, lo que facilita su uso desde distintos dispositivos sin la necesidad de realizar instalaciones adicionales.

El funcionamiento de una aplicación web se basa en la comunicación entre el cliente y el servidor mediante protocolos de transferencia de información. El navegador del usuario envía solicitudes al servidor, el cual procesa la información y envía una respuesta que es interpretada por el navegador para mostrarla en pantalla.

Este tipo de aplicaciones se ha consolidado como una alternativa eficiente para el desarrollo de soluciones tecnológicas en diversos ámbitos, incluyendo el educativo. En el caso del presente estudio, la aplicación web constituye el medio mediante el cual los estudiantes pueden interactuar con el sistema de reconocimiento de lengua de señas, permitiendo realizar ejercicios de aprendizaje y obtener retroalimentación inmediata sobre las señas realizadas.

Reconocimiento de lenguaje de señas

El reconocimiento automático de lengua de señas forma parte de las investigaciones desarrolladas en el campo de la visión por computadora y la inteligencia artificial. Su objetivo principal es permitir que los sistemas informáticos puedan interpretar gestos manuales y traducirlos en información comprensible para una aplicación digital.

Para lograr este proceso, los sistemas de reconocimiento utilizan imágenes o secuencias de video en las que se detectan las manos del usuario. Posteriormente se analizan características como la posición de los dedos, la orientación de la mano y el movimiento dentro del espacio. Estas características son procesadas mediante algoritmos que permiten clasificar los gestos y asociarlos con determinadas señas del lenguaje.

Este tipo de tecnologías resulta útil para desarrollar herramientas que faciliten la comunicación y el aprendizaje de personas con discapacidad auditiva, ya que permite crear sistemas interactivos que son capaces de reconocer y evaluar la correcta ejecución de las señas.

(Ronchetti, 2017) define como lectura de gestos de la postura de manos, lectura de labios o la cara del interprete para mejorar el proceso de reconocimiento, en algunos casos las señales no deben ser distintas a la información manual. El seguimiento del reconocimiento de lenguaje de señas permite identificar la posición de manos del interprete en un video, dando la posibilidad de segmentar las manos para ser representada en el reconocimiento de la configuración.

En algunos investigadores el reconocimiento dactilológico es esencial para el reconocimiento de configuración estática, es decir, utilizando fotogramas de las manos. En algunas señas presentan la configuración de la mano en una o en ambas, ya que la mayoría implica distintas formas manuales y transiciones de una sola forma de la mano que viene ser la rotación y traslación).

MediaPipe Hand

Entre las herramientas tecnológicas utilizadas para la detección de manos en aplicaciones de visión por computadora se encuentra MediaPipe Hand, una solución desarrollada por la empresa tecnológica Google. Esta tecnología emplea modelos de aprendizaje automático para identificar puntos de referencia en la mano, permitiendo localizar articulaciones y posiciones de los dedos con un alto nivel de precisión.

El funcionamiento de MediaPipe Hand se basa en una arquitectura de procesamiento compuesta por dos etapas complementarias. En una primera fase, se ejecuta un modelo

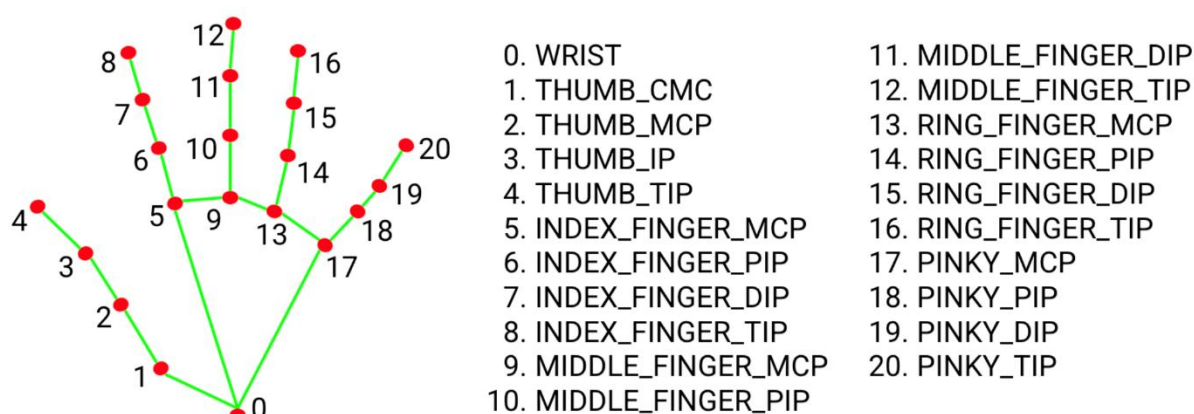
encargado de detectar la palma de la mano dentro de la imagen de entrada, generando un área delimitada que facilita el análisis posterior. En la segunda fase, se aplica un modelo especializado en la estimación de puntos clave, el cual opera sobre la región previamente identificada para obtener una representación detallada de los puntos referenciales de la mano.

Gracias a esta tecnología es posible realizar el seguimiento de las manos en tiempo real, lo que facilita el desarrollo de aplicaciones que requieren el reconocimiento de gestos manuales, como es el caso del sistema propuesto en la presente investigación.

En el contexto de la presente investigación, el uso de MediaPipe Hand resulta pertinente debido a su capacidad para proporcionar información precisa sobre la postura y movimiento de las manos, lo que constituye un insumo esencial para el reconocimiento de señas. De este modo, la tecnología no solo facilita la captura de datos relevantes, sino que también contribuye a mejorar la exactitud del proceso de interpretación gestual dentro de la aplicación web desarrollada.

Figura 1

Paquete de modelos de puntos referenciales de la mano



Nota. Google AI For Developers, 2024.

Machine Learning

El aprendizaje automático, conocido como Machine Learning, constituye una subdisciplina de la inteligencia artificial enfocada en el diseño de modelos capaces de identificar patrones a partir de datos. A diferencia de los enfoques tradicionales de programación, en los cuales las reglas son definidas explícitamente por el desarrollador, este paradigma permite que los sistemas aprendan de manera autónoma mediante el análisis de información previa.

Dentro de este campo se pueden identificar diferentes enfoques de aprendizaje. El aprendizaje supervisado utiliza datos previamente etiquetados para entrenar modelos capaces de reconocer patrones específicos. Por otro lado, el aprendizaje no supervisado busca identificar estructuras o agrupaciones dentro de los datos sin contar con etiquetas previas. También existen enfoques híbridos como el aprendizaje semi supervisado y el aprendizaje por refuerzo.

En aplicaciones relacionadas con el reconocimiento de gestos manuales, el aprendizaje supervisado suele ser uno de los enfoques más utilizados, ya que permite entrenar modelos que identifican configuraciones específicas de la mano asociadas a determinadas señas del lenguaje.

De acuerdo con Bobadilla (2021), el aprendizaje automático, que permite a los sistemas computacionales construir modelos basados en datos, facilitando la identificación de patrones que posteriormente pueden ser utilizados para la toma de decisiones automatizadas. En este sentido, su aplicación resulta especialmente relevante en problemas donde la variabilidad de los datos dificulta la definición de reglas fijas.

En el contexto del reconocimiento de lengua de señas, el aprendizaje supervisado adquiere un papel predominante, ya que posibilita entrenar modelos capaces de asociar configuraciones específicas de la mano con determinadas señas. Esto contribuye a mejorar la precisión del sistema y a garantizar una interpretación más confiable de los gestos realizados por el usuario.

Según (Bobadilla, 2021) en su libro indica que existen diferentes tipos de machine learning como:

- Aprendizaje supervisado: se aplica en entrenar un modelo de algoritmo para la clasificación de imágenes utilizando un conjunto de etiquetas.
- Aprendizaje no supervisado: en este aprendizaje se aplica el clustering que es el agrupamiento de algún producto, información o tipos de clientes, y la reducción de dimensiones de imágenes, en este caso no utiliza el conjunto de etiquetas.
- Aprendizaje semi-supervisado: se aplica en un conjunto de datos que se agrupan en etiquetados y no etiquetados, la cual la primera es mucho más pequeña que el conjunto de etiquetados.
- Aprendizaje por refuerzo: el algoritmo de este aprendizaje recibe información simulado.

Modelo de Machine Learning

El desarrollo de un modelo de aprendizaje automático implica una serie de etapas que permiten transformar los datos disponibles en un sistema capaz de realizar predicciones o clasificaciones. En primer lugar, es necesario realizar la recopilación de datos, que consiste en obtener imágenes o registros que representen los patrones que se desea reconocer.

Posteriormente se lleva a cabo un proceso de preprocesamiento, en el cual los datos se organizan y preparan para su análisis. Esta etapa puede incluir tareas como la limpieza de información, normalización de datos o selección de características relevantes.

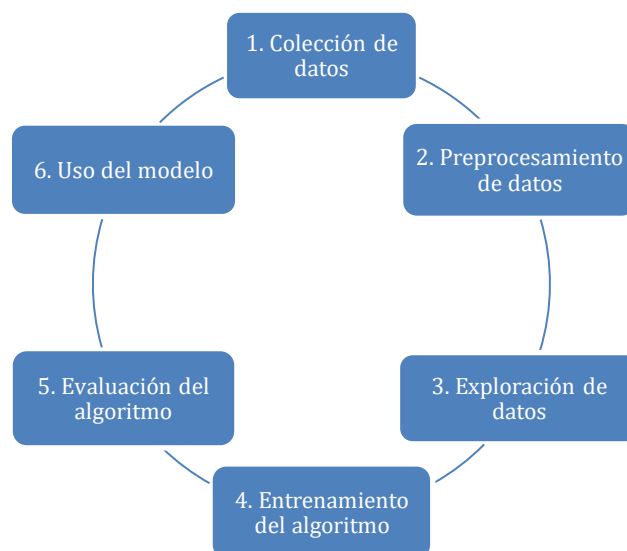
Una vez preparados los datos, se procede a la fase de entrenamiento del modelo, donde el algoritmo aprende a identificar patrones presentes en el conjunto de datos. Finalmente, el modelo entrenado es evaluado utilizando nuevos datos para verificar su precisión y capacidad de generalización.

En el contexto del reconocimiento de lengua de señas, estas etapas permiten desarrollar modelos capaces de identificar configuraciones manuales y asociarlas con las señas correspondientes.

Para construir un modelo en aprendizaje automático implica recolectar información que procese tales datos la cual se explorará para el entrenamiento del algoritmo al elegir, y poder evaluarlo haciendo uso del modelo. (Rojas, s. f.) en su revista explica el proceso del modelo de ML:

Figura 2

Construcción de un modelo de ML



Nota. Creado por los investigadores.

En la imagen anterior se visualiza que el primer paso es la recopilación de datos o de fuentes, este paso es complicado ya que se requiere del tiempo definido para hallar dicha información utilizando una base de datos. En el segundo paso que viene ser el preprocesamiento de datos, para que la información o los datos sean disponibles es necesario realizar pruebas de preprocesamiento, ya que se tiene que tener un correcto formato para explorar el algoritmo de aprendizaje.

El tercer paso es la exploración de datos, para lograr construir un modelo de ML se debe realizar un breve análisis para encontrar algún patrón que facilite detectar valores atípicos o alguna característica que influya en una predicción.

El cuarto paso es el entrenamiento del algoritmo, el algoritmo permitirá separar los datos iniciales para realizar las predicciones y así poder evaluarlo.

El quinto paso es evaluar el algoritmo, se realizará las pruebas correspondientes a los datos a través del algoritmo. En primer lugar, se evaluará sobre la precisión del algoritmo en las predicciones, si el resultado es satisfactorio será un rendimiento aceptable, pero si no está satisfecho con el rendimiento, se repetirá a la etapa anterior para continuar con el entrenamiento del algoritmo.

Redes neuronales

Las redes neuronales artificiales son modelos computacionales inspirados en el funcionamiento del cerebro humano, diseñados para aprender patrones y relaciones a partir de los datos. Están conformadas por unidades llamadas neuronas artificiales, que procesan información y permiten realizar tareas como reconocimiento de imágenes, clasificación de datos y procesamiento del lenguaje. Además, se han convertido en una de las principales tecnologías de la inteligencia artificial, siendo ampliamente utilizadas en aplicaciones de visión por computadora, reconocimiento de voz, análisis de imágenes médicas y sistemas de recomendación.

Metodologías Ágiles

Según (Cadavid et al., s. f.) indica que durante el desarrollo de aplicaciones permite reducir el fracaso de costos, tiempos y funcionalidades en proyectos de pequeña y mediana escala. Estas metodologías ágiles son adaptativas no predictivos mientras que las metodologías tradicionales brindan soluciones en mejorar la organización en las personas. Sin embargo, los cambios durante del desarrollo de software son eventos que generan gran valor para el usuario.

Es importante mencionar que elegir una metodología ágil es de gran importancia ya que permite que los proyectos sean flexibles y se subdividan en proyectos más pequeños, que incluyen en constante conexión entre el equipo de desarrollo con el cliente, y se adaptan a los cambios la cual los requerimientos y las entregas constantes son características esperadas por el cliente.

Metodología XP

La metodología Extreme Programming (XP) se caracteriza por su enfoque en el desarrollo de software de alta calidad mediante procesos flexibles, iterativos y centrados en la colaboración constante entre los integrantes del equipo y el cliente. El propósito principal es responder de manera eficiente a los cambios durante el desarrollo, garantizando la entrega continua de valor.

Asimismo, esta metodología se sustenta en un conjunto de valores y prácticas que promueven la mejora continua del proceso de desarrollo. Entre los valores principales se encuentran:

- Comunicación: Es importante la comunicación asertiva para generar un ambiente laboral exitoso en equipo.
- Simplicidad: Se debe priorizar el requerimiento del cliente desarrollando un software flexible e interactivo.
- Retroalimentación: Es compartir ideas y avances del proyecto en conjunto con el equipo.
- Coraje: El equipo de desarrollo y de ejecución del software deben enfrentar cualquier tipo de cambio de algún requerimiento y demostrar su máximo rendimiento durante el proceso de desarrollo.

En cuanto a sus prácticas, XP promueve la programación en parejas, donde dos desarrolladores trabajan conjuntamente en una misma tarea, lo cual contribuye a mejorar la calidad del código y reducir errores. Asimismo, se realizan pruebas constantes durante el desarrollo, que permite detectar fallas de manera temprana y evitar retrasos en el proyecto:

De acuerdo con Salazar et al. (2018) esta metodología enfatiza la importancia de la interacción constante con el cliente, lo que asegura que el producto final responda adecuadamente a las expectativas planteadas. En este sentido, XP no solo busca desarrollar software funcional, sino también generar valor a través de la colaboración y la mejora continua.

Básicamente la metodología XP se aplica en proyectos pequeños generalmente menos de 10 personas.

De acuerdo con Bustamante y Rodríguez (2014), el desarrollo bajo la metodología XP comprende las siguientes fases:

FASE 1: Planificación del proyecto

En esta fase se definen las historias de usuario, las cuales describen los requerimientos en un lenguaje comprensible. Estas se elaboran en conjunto con el cliente y permiten estimar el tiempo de desarrollo. Asimismo, se establece el plan de entregas, considerando versiones del sistema y su relación con las historias de usuario. También se determinan las iteraciones, que son periodos cortos en los que se planifica, desarrolla, prueba y entrega funcionalidad del sistema. Finalmente, se aplican prácticas como la programación en parejas y reuniones periódicas, que facilitan la comunicación y el seguimiento del proyecto.

Historias de usuario:

Descripción en un lenguaje no técnico del requerimiento, las cuales son utilizadas para medir el tiempo durante el desarrollo de la aplicación. La creación de las historias de usuario se realiza en coordinación del cliente con los desarrolladores.

Plan de publicaciones:

Se contempla las fechas de entrega de las versiones del programa, las cuales se relacionan con las historias de usuario. En este punto se debe tener en consideración 3 factores (historias de usuario para cada versión, el tiempo en desarrollar cada historia de usuario, el número de personas que trabaja en cada desarrollo).

Iteraciones:

En esta fase las iteraciones se trabajan por periodos o fases donde se planifica, ejecuta, realiza pruebas, entregas funcionales del sistema y la revisión retrospectiva de cada historia de usuario. Todo esto permite dar entrega de valor continuamente y la retroalimentación frecuente durante el desarrollo del software.

Velocidad del proyecto:

Se estima contando la cantidad de historias de usuarios, la cual se complementa en cada ítem. De esta manera se puede controlar que las tareas se desarrollen en el tiempo que dispone la iteración.

Programación en parejas:

Aumenta la productividad de manera innovadora por lo que la calidad del programa mejora durante el uso. Involucra a dos programadores, donde uno se encarga de codificar haciendo hincapié a la calidad de funciones y el otro analiza la función.

Reuniones diarias:

Son reuniones fluidas de retroalimentación que cada integrante tiene derecho de participar para aportar ideas innovadoras.

FASE 2: Diseño

En esta fase se prioriza la elaboración de diseños simples y comprensibles, orientados a satisfacer requerimientos del sistema. Asimismo, se plantean soluciones a posibles problemas técnicos que puedan surgir durante el desarrollo.

FASE 3: Desarrollo

Fase donde corresponde a la implementación del software, donde se realiza la codificación de las funcionalidades definidas en las historias de usuario. Para ello, se utilizan tarjetas de tareas que organizan el trabajo del equipo, así como estándares de programación que garantizan la calidad del sistema.

FASE 4: Pruebas

En esta fase se ejecutan pruebas funcionales con la finalidad de detectar errores, realizar mejoras y asegurar el correcto funcionamiento del sistema. Asimismo, se aplican pruebas de aceptación que permiten validar si el producto cumple con los requerimientos del usuario.

El desarrollo del proyecto requiere la definición de roles que permitan organizar adecuadamente las actividades del equipo.

En ese sentido, de acuerdo con Pérez A. (2011), los roles de la metodología XP se define de la siguiente manera:

- Programador: Responsable de la implementación del sistema, incluyendo la codificación y adaptación a los cambios en los requerimientos.
- Clientes: Encargado de proporcionar los requerimientos y validar que el sistema cumpla con sus necesidades.
- Tester (probadores): Encargado de ejecutar pruebas para garantizar la calidad del software.
- Tracker (responsable del seguimiento): Encargado de supervisar el avance del desarrollo del proyecto y el cumplimiento de los tiempos establecidos.

En el desarrollo de la presente investigación, la metodología XP resulta adecuada debido a su enfoque flexible y adaptativo, lo cual permite gestionar eficientemente los cambios durante la implementación de la aplicación web, facilita la mejora continua del sistema mediante la retroalimentación constante y la ejecución de pruebas, contribuyendo a asegurar la calidad del producto final.

Cliente

Es un usuario el cual se relaciona con el servidor web para solicitar un proveedor web o enviar información mediante el protocolo HTTP. Para obtener un cliente web debe estar desarrollado por lenguajes de programación de script como JavaScript o VBScript, el objetivo es que el cliente web sea interpretado las páginas HTML.

Servidor

Es un proveedor que interactúa con el cliente web para recibir una solicitud de conexión mediante un protocolo HTTP. El servidor está conformado por paginas estáticas que son los documentos HTML donde se programa el contenido de la web, recursos adicionales se emplean dentro de la web como multimedia y documentos adicionales que son ejecutados por el usuario. Sin embargo, estos programas son ejecutadas por un servidor web por el cual el navegador del usuario solicita páginas.

Visual Studio Code

Es una herramienta de software libre adaptable para programadores sin importar el nivel de experiencia. Su flexibilidad y la gran cantidad de características que ofrece el editor de código es ideal para trabajar proyectos de software como videojuegos, aplicaciones web y de escritorio. En la actualidad Visual Studio Code es una multiplataforma popular para optimizar el código gestionando proyectos de alta calidad, integrar control de versiones conocido como el Git y trabajar con extensiones es de mayor uso para los programadores ya que desarrollan el frontend.

Según Klade, (2023) afirma que Visual Studio Code tiene una disponibilidad para crear aplicativos de escritorio. Sin embargo, tiene varias extensiones de terceros que facilitan el trabajo de programación al ser compatible su ejecución con Windows, MAC y Linux. Como integración para los lenguajes de programación tenemos en primer lugar a JavaScript, en segundo lugar, tenemos a TypeScript y por último a Node.js.

Git

Es un sistema que permite controlar las versiones de manera distribuida, permitiendo guardar cambios de manera incremental, manejando un historial de versiones para hacer restauraciones y organizar flujos de trabajo como el despliegue de un proyecto en entornos de pruebas o producción.

Según Gómez, (2022) afirma que es un sistema flexible permitiendo realizar varios tipos de flujo de trabajo en el desarrollo no lineal, además permite las ramificaciones almacenando en un historial de cambios las ramas y etiquetas generadas.

Durante el desarrollo de la aplicación se tomamos el uso del Git para mantener un control de versiones actualizadas, contemplando los avances del código fuente en ramas alojadas en la plataforma de GitHub.

GitHub

Es una base de almacenamiento de código fuente para la colaboración y el control de versiones utilizando Git, la cual, permite comparar el código de un archivo con sus versiones anteriores y restaurar o fusionar las mismas. A su vez, la plataforma permite alojar proyectos en repositorios de manera gratuita. Al utilizar esta plataforma nos permite utilizar de manera sutil, apoyándonos con una gran cantidad de recursos disponibles, por ende, es una ayuda en la organización de archivos tanto para programadores que están iniciando como para los desarrolladores experimentados.

Según Camacho, (2021) indica que GitHub ayuda a la colaboración, permitiendo centralizar el código en el repositorio, además, GitHub está basado en Git lo que permite contar en parte con sus herramientas.

Los archivos de código fuente que se cargan en GitHub son almacenados en un repositorio de Git, el cual se iniciará automáticamente para realizar seguimiento y administrar los cambios al repositorio.

React

Es una librería de software libre lanzada en el año 2013, por los desarrolladores de Facebook, el cual permite a los desarrolladores de software trabajar con varios componentes ágiles para el diseño de interfaces de usuario, permitiendo crear aplicativos amigables, organizadas y evitando el exceso de código fuente al usar JavaScript o extensiones de librerías que se centran en manipular el DOM.

De acuerdo con Según Álvarez (2019), React permite el isomorfismo al renderizar componentes en el navegador (lado del cliente) como en el servidor, permitiendo posicionarse al igual que una aplicación web tradicional cuyo fin es renderizar al lado del servidor.

Otro autor, Castell Ferreres (2020), indica que React establece el renderizado de los elementos en el navegador manteniendo su sincronización con el estado, permitiendo customizar el resto de la aplicación a criterio del programador.

Como características de React son los componentes que son reutilizables y encapsulados para gestionar y reutilizar el código, como segunda característica es JavaScript XML que ayuda que el código sea fácil de escribir en HTML, tercera característica es el "DOM virtual", React actualiza algunas partes que son necesarias el DOM real esto permite que las aplicaciones sean más eficaz, y como última característica es unidireccional que solo es de una sola dirección y permite que el aplicativo sea fácil depurando.

Node.js

Es un espacio de ejecución de código abierto que utiliza JavaScript, cuya función es utilizar un prototipo de solicitudes en la cual se obtenga respuestas precisas por evento, generando procesos ligeros y eficientes de las aplicaciones en tiempo real de uso de datos que se ejecutan en los dispositivos.

Una de las ventajas principales de este entorno radica en su capacidad para gestionar un gran número de conexiones simultáneas, lo que lo convierte en una alternativa adecuada

para aplicaciones que requieren respuestas en tiempo real. Este comportamiento se logra mediante el uso de un event loop, que optimiza el uso de recursos y mejora el rendimiento general del servidor.

Guardado Osuna, (2017) afirma que el procesamiento asíncrono de Node.js resultó ser altamente eficiente en rendimiento y escalabilidad, debido a la cantidad de conexiones concurrente que soporta, permitiendo una mayor tolerancia a fallos.

En el contexto de esta investigación, Node.js se emplea como parte del backend de la aplicación, permitiendo gestionar las solicitudes del cliente, procesar datos y establecer la comunicación con otros servicios, como las API y los modelos de reconocimiento. Esto contribuye a garantizar un funcionamiento eficiente y una adecuada interacción entre los distintos componentes del sistema.

Api Rest

Permite unir diferentes aplicaciones para que se conecten entre sí a través de Internet usando solicitudes HTTP. Como ejemplo tenemos: si tenemos dos programas, uno que funciona en tu computadora y otro que está en un servidor en algún lugar del mundo. Para que estos programas se comuniquen y trabajen juntos, necesitan una manera clara y organizada de enviar información. Ahí es donde entra una API REST. Es como un conjunto de reglas que ambos programas entienden y siguen para compartir datos de manera efectiva.

El mecanismo que permite el acceso a un recurso dentro de otra aplicación o servicio se considera API, y el REST es un conjunto de los límites de arquitectura donde un cliente al enviar una solicitud al API, transfiere la información mediante el protocolo de transferencia de hipertexto en uno de los formatos conocidos como JSON, HTML, Python o PHP, realizando funciones estándar de base de datos como el CRUD (Create, Read, Update y Delete), asemejando los métodos HTTP tales como GET para la recuperación de datos, POST para la creación de nuevos recursos, PUT que reemplaza recursos existentes con una versión actualizada y DELETE que elimina datos.

Algunas de las características que presenta son:

- Arquitectura cliente-servidor.
- Conexión entre el usuario-servidor.
- Datos que almacenan en caché.
- Optimización de la interacción del cliente-servidor.

- Interfaz uniforme entre elementos.
- Plataforma que se debe organizar en capas el usuario con cada uno del servidor.
- Capacidad para enviar código disponible del servidor al cliente cuando se requiera.

Según Chojrin, (2019) afirma que una API debe funcionar bajo estos tres conceptos para considerarse REST:

- El contenido de una API REST debe ser un recurso que permita facilitar la comunicación entre aplicaciones.
- En REST sus recursos son manipulados por la URL.
- Las peticiones de una API REST deben estar asociadas a uno de los métodos HTTP (GET, POST, PUT y DELETE).

Laravel

Laravel es un framework de código abierto orientado al desarrollo de aplicaciones web mediante el lenguaje PHP.

De acuerdo con Acosta Tomaylla, (2020) Laravel trabaja con una arquitectura MVC (Modelo - Vista - Controlador), el cual permite el desarrollo de las aplicaciones de una manera estructurada y manejable. Además, cuenta con un empaquetamiento que permite insertar librerías a la aplicación que ayuda en el avance del proceso de desarrollo del software. También trabaja con una línea de comandos una de ellas es Artisan, el uso que se le da a este comando es el manejo de la memoria caché, las migraciones y creación de controladores.

Laravel presenta algunas características como un sistema de empaquetamiento que incluye un administrador de dependencias, donde se visualiza diferentes formas de acceder a la base de datos relacionales. Sin embargo, las utilidades dan un gran ayuda a mejorar la implementación y mantenimiento en cada aplicación.

En estos dos conceptos, los autores abordan el tema de las características de Laravel, es muy popular que simplifica tareas muy complejas, esto permite a los desarrolladores a enfocarse en construir distintas funcionalidades. Desde una perspectiva práctica, Laravel favorece la construcción de aplicaciones robustas y seguras, al incluir mecanismos que contribuyen a la protección contra vulnerabilidades comunes. En el desarrollo del presente proyecto, su utilización resulta pertinente para la implementación del backend, permitiendo

estructurar de forma ordenada la lógica del sistema y garantizar una adecuada interacción con la base de datos.

MySQL

Es un lenguaje estándar que fue desarrollado por Oracle, consiste almacenar y administrar la base de datos relacional, almacenando datos en tablas y organizándolos en una única unidad de almacenamiento haciendo uso de llaves para relacionar los datos de una tabla con otra. MySQL es escalable soportando una gran variedad de datos, adaptándose en trabajar con diferentes tipos de aplicaciones. Presenta una arquitectura cliente servidor, comunicándose entre sí de manera diferenciada para un mejor rendimiento.

Características

- Es de código abierto, por ello utiliza la Licencia Pública General de GNU.
- Es multiplataforma, se puede descargar en torno a sistemas operativos diversos.
- Escalabilidad, soporta una gran cantidad de datos.
- Soporte de una amplia gama de tipo de datos.
- Compatible con un conjunto de caracteres e idiomas.
- Utiliza herramientas para administrar datos almacenados, haciendo que dicha interacción sea más sencilla.
- Soporte para integrar base de datos en un sistema desarrollado por un lenguaje de programación.

Otro aspecto relevante es su integración con múltiples lenguajes de programación y frameworks, lo que permite su uso en distintos tipos de aplicaciones. En el contexto de esta investigación, MySQL se emplea como sistema de almacenamiento de datos, permitiendo gestionar la información generada por la aplicación web, como registros de usuarios y resultados del reconocimiento de señas.

De esta manera, su implementación contribuye a garantizar la disponibilidad, consistencia y organización de los datos dentro del sistema propuesto.

Clever Cloud

Es un servicio que te permite alojar y gestionar tus aplicaciones en línea sin tener que configurar servidores o infraestructura complicada.

Clever Cloud es un entorno que ofrece una variedad de servicios que brinda el alojamiento en aplicaciones, desde el alojamiento web básico hasta la gestión de bases de datos, la escalabilidad automática y la monitorización del rendimiento. Además, te proporciona herramientas para desplegar automáticamente las aplicaciones desde los repositorios de código, esto permite durante el desarrollo y despliegue de la aplicación se muestre de manera fácil. En resumen, es como una casa completamente equipada en la nube para tus aplicaciones web, que te permite alojar, gestionar y escalar tus aplicaciones de manera fácil y eficiente sin tener que preocuparte por la infraestructura subyacente.

Vercel

Es una plataforma que permite alojar sitios web y aplicaciones modernas de manera eficiente, enfocándose en tecnologías como React, Next.js y Vue.js. para el desarrollo frontend. La plataforma de Vercel optimiza el proceso de despliegue y el alojamiento de aplicaciones web, facilitando la colaboración en equipo, garantizando la seguridad y escalabilidad de los proyectos, esto debido a su integración con los repositorios de GitHub, permitiendo despliegues automáticos, brindando un mejor control al momento de desplegar actualizaciones de los proyectos, evitando la complejidad de configurar de manera manual los despliegues requeridos.

Render

Es una plataforma en la nube que facilita el despliegue automático de proyectos basados en el desarrollo backend. La plataforma de Render permite conectar proyectos con los repositorios de GitHub, pero al trabajar con proyectos de backend basados en Laravel, al momento de realizar el despliegue, se deberá utilizar Docker como el entorno de ejecución para el servicio web en la plataforma de alojamiento, con el propósito de evitar errores en el entorno PHP para la ejecución en Render, esto debido a que Render no soporta PHP de forma directa, sino a través de instrucciones dentro de un archivo llamado Dockerfile para empaquetar el proyecto de Laravel y su ejecución posterior en la nube.

TensorFlow.js

Es una biblioteca de JavaScript de código abierto desarrollado por Google que permite entrenar y desarrollar modelos de inteligencia artificial y aprendizaje automático desde el navegador web. Esta biblioteca permite entrenar modelos desde cero, cargar modelos previamente entrenados y utilizarlos para realizar predicciones en tiempo real, generando una reducción de latencia y una mayor privacidad porque los datos se procesan de manera local en el dispositivo del usuario.

1.2.2. Variable Dependiente: Aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario

Aprendizaje

El aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario se concibe como un proceso mediante el cual los estudiantes adquieren, comprenden y construyen conocimientos a partir de estrategias pedagógicas adaptadas a sus necesidades comunicativas. En este sentido, el uso de recursos educativos adecuados favorece el desarrollo de habilidades cognitivas y académicas, especialmente cuando se incorporan herramientas tecnológicas que facilitan el acceso a la información.

Discapacidad auditiva

En la actualidad, la concepción de la discapacidad auditiva ha evolucionado en diversos ámbitos, como la educación, la salud y el entorno social. Las personas con esta condición suelen enfrentar dificultades en la comunicación con individuos oyentes, principalmente debido a la falta de dominio del lenguaje de señas por parte de estos últimos.

En esta línea, Cacha Chávez y Reyes Mogollón, (2021) sostienen que el concepto de discapacidad auditiva ha transitado de un enfoque centrado en la limitación individual hacia una perspectiva que considera la interacción con el entorno social. Esto implica que la discapacidad no se define únicamente por la pérdida auditiva, sino también por las barreras comunicativas presentes en el contexto.

De manera complementaria, López Roca, (2018) señala que la discapacidad puede entenderse como una limitación para realizar determinadas actividades en condiciones habituales. Asimismo, destaca la pertinencia del uso del término “persona sorda”, reconociendo que la diferencia radica en la capacidad auditiva y no en las habilidades cognitivas o sociales.

Por su parte, Vázquez Soto (2021), menciona que la discapacidad auditiva puede expresarse de distintos tipos y grados. Además, se puede presentar en cualquier etapa de la vida y dependiendo de esto, tendrá diversos impactos y limitaciones.

Indica que la discapacidad auditiva se presenta en distintos tipos y niveles de severidad, pudiendo manifestarse en diferentes etapas de la vida, lo cual influye en el impacto que genera en el desarrollo del individuo.

A partir de estas consideraciones, se comprende que la pérdida auditiva puede afectar significativamente la interacción social y el proceso educativo, especialmente en edades tempranas. En consecuencia, resulta fundamental implementar estrategias pedagógicas y recursos tecnológicos que favorezcan el aprendizaje de la lengua de señas, promoviendo tanto la comprensión como la práctica constante.

En relación con sus causas. Bermúdez Alejo y Cateriano Ulloa (2016) identifican diversos factores que originan esta discapacidad, a modo de generalización se consideran los siguientes como principales:

- a) Hereditarios:** Asociados a factores genéticos.
- b) Prenatales:** Relacionados con el consumo de sustancias durante el embarazo.
- c) Perinatales:** Generado por situaciones adversas cercanas al parto: bajo peso de nacimiento, golpes, caídas y traumas.
- d) Postnatales:** Se debe a meningitis, otitis media mucosa recurrente con daño de tímpano, traumas acústicos producidos por golpes o exposición a ruidos de fuerte intensidad y en forma permanente.

En el caso de los estudiantes con discapacidad auditiva, el aprendizaje presenta particularidades relacionadas con las formas de comunicación y acceso a la información. Debido a las limitaciones en la percepción del lenguaje oral, estos estudiantes suelen apoyarse principalmente en estímulos visuales y en el uso de la lengua de señas como medio de comunicación y comprensión del contenido educativo. Por ello, resulta necesario implementar herramientas y metodologías que faciliten la comprensión de la información mediante recursos visuales e interactivos.

Por consiguiente, se hace necesario el uso de metodologías y herramientas que prioricen recursos visuales e interactivos. En este contexto, las tecnologías educativas como las

aplicaciones web que contribuyen a fortalecer el aprendizaje al ofrecer contenidos adaptados a sus necesidades comunicativas y cognitivas.

Lengua de Señas

La lengua de señas es un sistema lingüístico natural que se expresa a través de gestos y se percibe de manera visual, contando con estructuras gramaticales propias que difieren del lenguaje oral.

Según (Hernández et al., s. f.) define como lenguas naturales que se expresan de manera gestual con una percepción visual con estructuras gramaticales distintas a la comunicación oral. Este tipo de lenguaje permite comunicarse con el entorno social, conformado por personas que conocen la lengua de señas. En distintos países utilizan un alfabeto de letras que representan el lenguaje de señas, se denomina alfabeto manual o dactilológico. En algunos países utilizan el alfabeto que son distintos al latino y existen distintas formas de representar en lenguaje de señas. Para los países de Japón, China entre otros países, aplican el sistema de escritura no alfabéticos. Este tipo de comunicación en señas es utilizado para interactuar con bebés y niños pequeños, ya que ellos carecen de capacidad para hablar con transparencia por la producción de expresión, queda detrás de la capacidad cognitiva en los primeros meses de vida.

En el ámbito educativo, la lengua de señas cumple un rol fundamental, ya que permite la transmisión de conocimientos de manera visual y estructurada. Asimismo, la incorporación de tecnologías que integren el reconocimiento de gestos contribuye a mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje, promoviendo una mayor participación de los estudiantes.

Lengua de Señas Peruana

Cada lengua de señas posee sus propias características en cuanto a su sintaxis, gramática y léxico, y son diferentes a los idiomas oficiales del país.

La Lengua de Señas Peruana (LSP) es reconocida por el Estado Peruano que refuerza la comunicación no verbal, siendo un derecho cultural de la persona sorda, perseverando y promoviendo la identidad. La LSP cuenta con algunas influencias de vocabulario en señas que es utilizado en otros países, comprendiendo sistemas lingüísticos de carácter visual, gestual y manual. La LSP tiene una gramática propia y no depende del castellano, su práctica fomenta el aprendizaje, la enseñanza, el trabajo y la participación de las personas con discapacidad auditiva.

Según Vásquez Soto (2021), es común el error de considerar a la lengua de señas como una combinación de mímicas a sistémicas, cuando en realidad es un complejo sistema que posee un léxico propio y una gramática organizada con variaciones geográficas y sociales.

En concordancia con ello, Cacha Chávez y Reyes Mogollón, (2021) destacan que la lengua de señas es un idioma visual en el cual la posición, orientación y movimiento de las manos son elementos esenciales para expresar y articular el lenguaje.

Dactilología

La dactilología es una manual de señas en alfabeto que mayormente lo utilizan como complemento dentro de la lengua de señas para facilitar la comunicación.

Son varios conceptos que definen la dactilología de una manera distinta, de acuerdo con Asencios Rodríguez y Gómez Culquichicón (2018), los cuales afirman que “La dactilología como alfabeto manual, son usados principalmente para la comunicación de las personas con discapacidad auditiva”.

Se comprende que el lenguaje de señas se realiza mediante la vista y movimientos de manos para el entendimiento del mensaje como aspectos visuales y gestuales. Actualmente es producido por elementos que favorecen la comunicación en señas. En este sentido, la dactilología se basa en la percepción visual y en la correcta ejecución de movimientos manuales, integrándose con otros elementos gestuales y corporales para transmitir el mensaje de manera efectiva.

Inclusión

La inclusión educativa se fundamenta en el principio de equidad, garantizando que todos los estudiantes tengan acceso a una educación de calidad sin ningún tipo de discriminación.

Según Cacha Chávez y Reyes Mogollón (2021), este enfoque busca atender la diversidad y la igualdad en educación son tal vez, los desafíos más grandes que afrontan los sistemas educativos y los maestros en estos tiempos, a pesar de eso, desde ya hace mucho tiempo se vienen produciendo grandes cambios relacionados con el sistema educativo a nivel internacional, basándose en el enfoque inclusivo, el cual hace referencia a que todos los estudiantes tienen los mismos derechos, sin distinción alguna, ya sea estatus social, sexo, cultura, raza, religión, entre otros.

Al igual que a nivel mundial, el Perú no se encuentra alejado a los cambios de perspectivas que se tienen sobre la inclusión, que van desde las políticas, culturas y las mismas prácticas educativas, los cuales quedan reflejados en las comunidades educativas actuales, que si bien es cierto no se están cumpliendo en la totalidad.

La integración de tecnologías de la información y comunicación en el ámbito educativo ha permitido desarrollar nuevas estrategias para promover la inclusión y mejorar el acceso al conocimiento en lengua de señas. Estas tecnologías facilitan la creación de entornos de aprendizaje interactivos que pueden adaptarse a las necesidades de diferentes tipos de estudiantes.

En este escenario, la incorporación de tecnologías de la información y comunicación representa una estrategia clave para fortalecer la inclusión, ya que permite diseñar entornos de aprendizaje más accesibles e interactivos. Particularmente, las aplicaciones web ofrecen ventajas significativas, como el acceso desde distintos dispositivos, la interacción en tiempo real y la integración de recursos multimedia. Estas características facilitan la creación de herramientas educativas adaptadas a estudiantes con discapacidad auditiva, favoreciendo la comprensión de contenidos a través de elementos visuales y sistemas de reconocimiento de señas.

1.3. Operacionalización de variables

1.3.1. Definición conceptual

- **Variable independiente:** Aplicación web de reconocimiento de la Lengua de Señas Peruana.

Plataforma digital que integra herramientas para reconocer los gestos de la mano de la Lengua de Señas Peruana realizados por el usuario a través de la cámara del dispositivo.

- **Variable dependiente:** Aprendizaje de los estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario.

El aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario se entiende como el proceso mediante el cual los estudiantes adquieren y comprenden conocimientos a través de estrategias pedagógicas y recursos educativos adaptados a sus necesidades comunicativas, favoreciendo el desarrollo de habilidades cognitivas y académicas mediante el uso de estímulos visuales y herramientas tecnológicas.

1.3.2. Definición operativa

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente: Aplicación web de reconocimiento de la Lengua de Señas Peruana.	Fiabilidad	Tiempo en reconocer una seña.	Tiempo promedio en segundos
		Tiempo en procesar una seña.	Tiempo promedio en segundos
		Cantidad de señas reconocidas.	Escala de Razón
	Usabilidad	Facilidad de uso.	Escala Ordinal
		Diseño intuitivo.	Escala Ordinal
	Seguridad	Permisos al utilizar la cámara del dispositivo en el reconocimiento de las señas.	Escala Nominal
Variable dependiente: Aprendizaje de los estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario.	Aprendizaje de señas del alfabeto	Comprensión de las señas del alfabeto.	Escala Ordinal
		Cantidad de señas del alfabeto detectadas correctamente por el estudiante.	Escala de Razón
		Tiempo que tarda un estudiante en realizar las señas del alfabeto.	Escala de Razón

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
	Aprendizaje de señas de números	Comprensión de las señas de los números.	Escala Ordinal
		Cantidad de señas de los números detectados correctamente por el estudiante.	Escala de Razón
		Tiempo que tarda un estudiante en realizar las señas de los números.	Escala de Razón
	Aprendizaje de señas en operaciones matemáticas básicas	Comprensión de las señas en operaciones matemáticas básicas.	Escala Ordinal
		Cantidad de señas detectadas correctamente por el estudiante en las operaciones matemáticas básicas.	Escala de Razón
		Tiempo que tarda un estudiante en realizar las señas para las operaciones matemáticas básicas.	Escala de Razón

Nota. Creado por los investigadores.

Capítulo II. Diseño Metodológico

2.1. Tipo de investigación

La investigación será de tipo aplicada en la medida de buscar la mejora del aprendizaje haciendo uso de la aplicación web propuesta, ya que, según Vargas Cordero, (2009) afirma que:

La investigación aplicada se caracteriza por utilizar los conocimientos adquiridos para responder las necesidades reales, enfocándose en grupos específicos donde los resultados pueden implementarse de manera directa, contribuyendo a la mejora del proceso de investigación (p. 6).

Además, utilizaremos un enfoque de tipo cuantitativo, centrándose en la medición y análisis de los datos numéricos, cuyo propósito es determinar un vínculo entre las variables y comprobar la hipótesis mediante el uso de técnicas estadísticas, ya que, según Babativa Novoa, (2017) afirma que:

La investigación cuantitativa determina la relación causa-efecto donde pueda demostrar cuando abordar problemas sociales, mediante estadísticas se fundamente en relacionar variables en diversas realidades.

Asimismo, haremos uso de un diseño pre experimental, dado que se pretende trabajar con un solo grupo de estudio, al cual se aplicará un pretest y un posttest para medir los efectos tras la intervención de la aplicación web.

2.2. Diseño de contrastación de hipótesis

La contrastación de la hipótesis se realizó mediante un diseño pre experimental con un solo grupo de estudio, al cual se le aplicó un pretest (O_1) y un posttest (O_2) después de la implementación de la aplicación web.

El esquema del diseño es el siguiente:

$$G_1 = O_1 \text{ X } O_2$$

Donde:

G_1 = Grupo de estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario.

O_1 = Pretest

X = Intervención con la aplicación web.

O_2 = Posttest

La contrastación de la hipótesis se efectuó a través del análisis comparativo de los resultados en ambos momentos de la evaluación, utilizando frecuencias y porcentajes, en donde, la mejora del aprendizaje, la práctica y los tiempos en realizar una seña permitió determinar el efecto de la intervención en el grupo de estudio.

2.3. Población y muestra

Según Hernández Sampieri, (2014) afirma que la población es el conjunto de elementos que comparten características comunes de interés para la investigación.

En la presente investigación, la población estará formada por siete estudiantes del nivel primario con discapacidad auditiva del colegio Karl Weiss de Chiclayo, información oficial proporcionada por el subdirector del nivel primario, a través de una entrevista la cual queda en confidencialidad sin otro fin que no sea el de la investigación.

Según Hernández Sampieri, (2014) afirma que la muestra es una parte representativa de la población, delimitado previamente con criterios específicos y seleccionado para el propósito de recolección de datos, categorizado en dos ramas, muestra probabilística basada en los principios estadísticos para la investigación y la muestra no probabilística basada principalmente en la elección del propio investigador.

Se determinó usar una muestra por conveniencia, consistiendo en los siete estudiantes del nivel primario con discapacidad auditiva del colegio Karl Weiss de Chiclayo, debido al pequeño tamaño de la población. La siguiente tabla indica la distribución por grado y turno de los estudiantes encuestados del nivel primario.

Tabla 2

Estudiantes de nivel primario por grado y sección

Grado	Sección	Turno	Cantidad de alumnos
2°	A	Tarde	1
4°	B	Mañana	1
4°	E	Tarde	1
5°	A	Mañana	1
5°	C	Mañana	1
6°	A	Tarde	1
6°	C	Tarde	1

Nota. Creado por los investigadores.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se empleó la encuesta como técnica de recopilación de información, porque según Alan Neill y Cortez Suárez, (2018) afirman que:

La encuesta permite realizar una recolección sistemática de la información a una muestra de la población dentro de unos márgenes de confianza previamente fijados, buscando medir los fenómenos de estudio en la investigación (p. 18).

Además, el instrumento de recopilación de información utilizado fue el cuestionario, porque según Alan Neill y Cortez Suárez, (2018) afirman que:

Los cuestionarios contienen una estandarización de preguntas cuidadosamente establecidas, evitando la ambigüedad, siendo comprensibles por cualquier integrante de la muestra, midiendo la distribución de dicho colectivo de investigación, llegando a aplicar un análisis cuantitativo para conocer la magnitud del problema que se conoce de manera parcial (p. 18).

Utilizaremos como cuestionario un pretest, el cual será aplicado a los estudiantes con el objetivo de identificar las deficiencias que presentan en su aprendizaje de la LSP. Posteriormente, se aplicará un posttest para evaluar la mejora del aprendizaje que tendrán tras la intervención de la aplicación web. Ver Anexo 07.

También se aplicará un documento de consentimiento informado a los padres de familia con el propósito de gestionar la autorización para la ejecución y difusión de los resultados de la investigación, ver Anexo 06, y a su vez, los cuestionarios pretest y posttest pasaran por una etapa de validación de expertos con el propósito de verificar la confiabilidad en la recolección de datos. Ver Anexo 04 y 05.

2.5. Aspectos éticos de la investigación

Al trabajar con estudiantes del nivel primario, se garantizó en todo momento la protección de sus datos y su bienestar, solicitando una autorización para el recojo de información a la institución educativa, ver Anexo 02, y un consentimiento informado de los padres de familia o apoderados legales de los estudiantes, ver Anexo 06, explicando en esta última el propósito del estudio y el uso académico de la información recopilada.

Asimismo, se aseguró la confidencialidad de los datos recopilados, manteniendo el anonimato de los estudiantes y utilizando la información únicamente con fines académicos, estos resultados fueron presentados de manera grupal y su participación fue de manera voluntaria, sin ejercer ningún tipo de presión ni perjudicando sus actividades escolares. Además, la aplicación web no represento ningún riesgo físico, garantizando un entorno seguro durante el desarrollo de las actividades en la sala de cómputo de la institución educativa.

Capítulo III. Resultados

3.1. Desarrollo del objetivo 1: Analizar las metodologías de aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana que reciben los estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario del colegio Karl Weiss de Chiclayo.

Durante la etapa inicial del proyecto, realizamos entrevistas al sub director del nivel primaria y a los docentes responsables de la enseñanza a los estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario del colegio Karl Weiss de Chiclayo. A partir del análisis de las entrevistas, y de la aplicación de una ficha de observación general, esto se puede evidenciar en el Anexo 03, se identificó que las metodologías de aprendizaje empleadas en la enseñanza de la Lengua de Señas Peruana se caracterizaban por un enfoque tradicional basado en la demostración y la práctica repetitiva de las señas, apoyados con un material impreso y recursos visuales básicos, con una escasa incorporación de herramientas tecnológicas. Estas condiciones limitaban el aprendizaje autónomo y la retroalimentación mediante la práctica.

Lo anterior evidenció la necesidad de incorporar un recurso tecnológico interactivo que fortalezca el proceso de aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana en los estudiantes.

3.2. Desarrollo del objetivo 2: Identificar los temas de la Lengua de Señas Peruana con mayor dificultad de aprendizaje en los estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario del colegio Karl Weiss de Chiclayo.

Se aplicó una ficha de observación general en las siete aulas del nivel primario, ver Anexo 03, además de realizar entrevistas al personal docente, lo que permitió identificar que el alfabeto, los números y las operaciones matemáticas básicas eran el punto débil de los estudiantes, dado que presentaban dificultades en estos aprendizajes.

Asimismo, a partir de los resultados obtenidos de la aplicación del pretest, optamos por organizar los resultados en 03 componentes: aprendizaje del alfabeto, aprendizaje de los números y aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas. A continuación, describimos los resultados obtenidos por cada componente.

- **Aprendizaje del alfabeto**

Tabla 3

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tan fácil o difícil te parece hacer las señas del alfabeto?

Ítems	Datos del Pretest	
	N	Porcentaje de casos
Muy difícil	0	0%
Difícil	0	0%
Ni difícil ni fácil	2	28,6%
Fácil	4	57,1%
Muy fácil	1	14,3%
Total	7	100%

Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 3 muestra los resultados del cuestionario del pretest, en términos de frecuencias y porcentajes, reflejando las percepciones de los estudiantes respecto a la facilidad para realizar las señas del alfabeto en la LSP.

Se evidencia que el 28,6% de los estudiantes manifestó una percepción ni difícil ni fácil respecto a la facilidad para realizar las señas del alfabeto, el 57,1% consideró que realizar las señas del alfabeto era fácil y el 14,3% señaló que era muy fácil.

Tabla 4

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cómo consideras tu aprendizaje académico de la lengua de señas del alfabeto?

Ítems	Datos del Pretest	
	N	Porcentaje de casos
Pésimo	0	0%
Malo	3	42,9%
Indiferente	3	42,9%
Bueno	1	14,3%
Excelente	0	0%
Total	7	100%

Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 4 muestra los resultados del cuestionario del pretest, en términos de frecuencias y porcentajes, reflejando las percepciones del aprendizaje de la lengua de señas del alfabeto.

Se evidencia que el 42,9% de los estudiantes manifestó una percepción mala respecto a su aprendizaje académico de la lengua de señas del alfabeto, otro 42,9% manifestó una percepción indiferente y un 14,3% considero que su aprendizaje académico era bueno.

Tabla 5

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Sueles practicar las señas del alfabeto que el docente realiza en clase?

Ítems	Datos del Pretest	
	N	Porcentaje de casos
Nunca	0	0%
Casi nunca	3	42,9%
Indiferente	4	57,1%
A menudo	0	0%
Muy a menudo	0	0%
Total	7	100%

Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 5 muestra los resultados del cuestionario del pretest, en términos de frecuencias y porcentajes, reflejando las percepciones de los estudiantes respecto a la práctica de las señas del alfabeto que el docente realiza en clase.

Se evidencia que el 42,9% de los estudiantes manifestó que casi nunca practican las señas del alfabeto que el docente realiza en clase y el 57,1% dio una respuesta indiferente.

Tabla 6

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Con qué frecuencia practicas las señas del alfabeto en tu casa?

Ítems	Datos del Pretest	
	N	Porcentaje de casos
Nunca	0	0%
Casi nunca	2	28,6%
Ocasionalmente	4	57,1%
Casi todos los días	1	14,3%
Todos los días	0	0%
Total	7	100%

Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 6 muestra los resultados del cuestionario del pretest, en términos de frecuencias y porcentajes, describiendo la frecuencia de la práctica de las señas del alfabeto que realiza el estudiante en su casa.

Se evidencia que el 28,6% de los estudiantes manifestó que casi nunca suelen practicar las señas del alfabeto en sus casas, el 57,1% lo practica ocasionalmente y el 14,3% lo práctica casi todos los días.

- **Aprendizaje de los números**

Tabla 7

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tan fácil o difícil te parece hacer las señas de los números?

Ítems	Datos del Pretest	
	N	Porcentaje de casos
Muy difícil	0	0%
Difícil	0	0%
Ni difícil ni fácil	2	28,6%
Fácil	5	71,4%
Muy fácil	0	0%
Total	7	100%

Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 7 muestra los resultados del cuestionario del pretest, en términos de frecuencias y porcentajes, reflejando las percepciones de los estudiantes respecto a la facilidad para realizar las señas de los números en la LSP.

Se evidencia que el 28,6% de los estudiantes manifestó una percepción ni difícil ni fácil respecto a la facilidad para realizar las señas de los números y el 71,4% consideró que realizar las señas de los números era fácil.

Tabla 8

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cómo consideras tu aprendizaje académico de la lengua de señas de los números?

Ítems	Datos del Pretest	
	N	Porcentaje de casos
Pésimo	0	0%
Malo	1	14,3%
Indiferente	4	57,1%
Bueno	2	28,6%
Excelente	0	0%
Total	7%	100%

Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 8 muestra los resultados del cuestionario del pretest, en términos de frecuencias y porcentajes, reflejando las percepciones del aprendizaje de la lengua de señas de los números.

Se evidencia que el 14,3% de los estudiantes manifestó una percepción mala respecto a su aprendizaje académico de la lengua de señas de los números, el 57,1% indiferente y un 28,6% considero que su aprendizaje académico era bueno.

Tabla 9

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Sueles practicar las señas de los números que el docente realiza en clase?

Ítems	Datos del Pretest	
	N	Porcentaje de casos
Nunca	0	0%
Casi nunca	3	42,9%
Indiferente	2	28,6%
A menudo	2	28,6%
Muy a menudo	0	0%
Total	7	100%

Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 9 muestra los resultados del cuestionario del pretest, en términos de frecuencias y porcentajes, reflejando las percepciones de los estudiantes respecto a la práctica de las señas de los números que el docente realiza en clase.

Se evidencia que el 42,9% de los estudiantes manifestó que casi nunca practican las señas de los números que el docente realiza en clase, el 28,6% dio una respuesta indiferente y otro 28,6% lo suele practicar a menudo.

Tabla 10

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Con que frecuencia practicas las señas de los números en tu casa?

Ítems	Datos del Pretest	
	N	Porcentaje de casos
Nunca	0	0%
Casi nunca	2	28,6%
Ocasionalmente	4	57,1%
Casi todos los días	1	14,3%
Todos los días	0	0%
Total	7	100%

Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 10 muestra los resultados del cuestionario del pretest, en términos de frecuencias y porcentajes, describiendo la frecuencia de la práctica de las señas de los números que realiza el estudiante en su casa.

Se evidencia que el 28,6% de los estudiantes manifestó que casi nunca suelen practicar las señas de los números en sus casas, el 57,1% lo practica ocasionalmente y el 14,3% lo práctica casi todos los días.

- **Aprendizaje de Operaciones Matemáticas Básicas**

Tabla 11

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tan fácil o difícil te parece desarrollar las operaciones matemáticas de suma con la Lengua de Señas Peruana?

Ítems	Datos del Pretest	
	N	Porcentaje de casos
Muy difícil	0	0%
Difícil	0	0%
Ni difícil ni fácil	3	42,9%
Fácil	4	57,1%
Muy fácil	0	0%
Total	7	100%

Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 11 muestra los resultados del cuestionario del pretest, en términos de frecuencias y porcentajes, reflejando las percepciones de los estudiantes respecto a la facilidad para realizar las operaciones matemáticas de suma con la LSP.

Se evidencia que el 42,9% de los estudiantes manifestó una percepción ni difícil ni fácil respecto a la facilidad para realizar las operaciones matemáticas de suma y el 57,1% consideró que realizar las operaciones matemáticas de suma con la LSP era fácil.

Tabla 12

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tan fácil o difícil te parece desarrollar las operaciones matemáticas de resta con la Lengua de Señas Peruana?

Ítems	Datos del Pretest	
	N	Porcentaje de casos
Muy difícil	0	0%
Difícil	0	0%
Ni difícil ni fácil	4	57,1%
Fácil	3	42,9%
Muy fácil	0	0%
Total	7	100%

Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 12 muestra los resultados del cuestionario del pretest, en términos de frecuencias y porcentajes, reflejando las percepciones de los estudiantes respecto a la facilidad para realizar las operaciones matemáticas de resta con la LSP.

Se evidencia que el 57,1% de los estudiantes manifestó una percepción ni difícil ni fácil respecto a la facilidad para realizar las operaciones matemáticas de resta y el 42,9% consideró que realizar las operaciones matemáticas de resta con la LSP era fácil.

Tabla 13

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tan fácil o difícil te parece desarrollar las operaciones matemáticas de multiplicación con la Lengua de Señas Peruana?

Ítems	Datos del Pretest	
	N	Porcentaje de casos
Muy difícil	1	14,3%
Difícil	1	14,3%
Ni difícil ni fácil	4	57,1%
Fácil	1	14,3%
Muy fácil	0	0%
Total	7	100%

Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 13 muestra los resultados del cuestionario del pretest, en términos de frecuencias y porcentajes, reflejando las percepciones de los estudiantes respecto a la facilidad para realizar las operaciones matemáticas de multiplicación con la LSP.

Se evidencia que el 14,3% de los estudiantes manifestó una percepción muy difícil respecto a la facilidad para realizar las operaciones matemáticas de multiplicación, otro 14,3% lo consideró difícil, el 57,1% lo consideró ni difícil ni fácil y el 14,3% consideró que realizar las operaciones matemáticas de multiplicación con la LSP era fácil.

Tabla 14

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tan fácil o difícil te parece desarrollar las operaciones matemáticas de división con la Lengua de Señas Peruana?

Ítems	Datos del Pretest	
	N	Porcentaje de casos
Muy difícil	1	14,3%
Difícil	1	14,3%
Ni difícil ni fácil	5	71,4%
Fácil	0	0%
Muy fácil	0	0%
Total	7	100%

Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 14 muestra los resultados del cuestionario del pretest, en términos de frecuencias y porcentajes, reflejando las percepciones de los estudiantes respecto a la facilidad para realizar las operaciones matemáticas de división con la LSP.

Se evidencia que el 14,3% de los estudiantes manifestó una percepción muy difícil respecto a la facilidad para realizar las operaciones matemáticas de división, otro 14,3% lo consideró difícil, y el 71,4% consideró que realizar las operaciones matemáticas de división con la LSP era ni difícil ni fácil.

Tabla 15

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cómo consideras tu rendimiento académico en el aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas con la Lengua de Señas Peruana?

Ítems	Datos del Pretest	
	N	Porcentaje de casos
Pésimo	0	0%
Malo	0	0%
Indiferente	3	42,9%
Bueno	4	57,1%
Excelente	0	0%
Total	7	100%

Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 15 muestra los resultados del cuestionario del pretest, en términos de frecuencias y porcentajes, reflejando las percepciones de los estudiantes respecto al rendimiento académico de las operaciones matemáticas con la LSP.

Se evidencia que el 42,9% de los estudiantes manifestó una percepción indiferente respecto al rendimiento académico de las operaciones matemáticas básicas y el 57,1% considero que su rendimiento académico era bueno.

Los resultados del pretest permitieron identificar que, los estudiantes presentaban niveles moderados de conocimiento del alfabeto y los números, sin embargo, la mayor dificultad se concentraba en las operaciones matemáticas básicas, especialmente en la multiplicación y división, donde se evidencia mayor complejidad en su desarrollo, además de una baja frecuencia de la práctica tanto en clase como en el hogar, lo cual refuerza las dificultades detectadas en los contenidos evaluados.

3.3. Desarrollo del objetivo 3: Seleccionar las herramientas a utilizar en el desarrollo de la aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana.

Identificamos que la principal infraestructura tecnológica disponible del colegio Karl Weiss de Chiclayo es su sala de cómputo, la cual cuenta con equipos con acceso a internet y cámaras web funcionales, lo que nos permitió optar por el desarrollo de una aplicación web como una alternativa viable para la enseñanza de la Lengua de Señas Peruana en el colegio.

En base a lo anterior, seleccionamos herramientas orientadas al desarrollo web, priorizando el reconocimiento en tiempo real de las manos a través de la cámara sin requerir un proceso de instalación manual en cada dispositivo, al igual que sus actualizaciones, lo que facilita el mantenimiento de manera centralizada.

Para la creación de la aplicación web, se utilizó React para el desarrollo del frontend, debido a su modelo basado en componentes, lo que facilitó el desarrollo de las interfaces de usuario, mientras que Laravel fue utilizado como framework backend para la gestión de la base de datos y la aplicación de servicios mediante API Rest para establecer la comunicación entre los proyectos de frontend y backend.

Así mismo, se utilizó Git como un sistema de control de versiones para el código fuente, facilitando el desarrollo interactivo que es propio de la metodología XP, y para el manejo del entorno del desarrollo utilizamos Node.js.

En cuanto al despliegue, la base de datos está alojado en Clever Cloud, el frontend fue alojado en Vercel y el backend en Render, esto nos permitió garantizar disponibilidad y mantenimiento independiente para cada proyecto.

Para el reconocimiento de las señas utilizamos la biblioteca MediaPipe Hand para JavaScript y su funcionalidad para detectar los 21 puntos referenciales de la mano a través de la cámara, además, normalizamos las coordenadas obtenidas de la mano, centrando los datos con respecto al centroide de la palma de la mano y escalando estos datos con respecto a su máximo valor de los 21 puntos referenciales de la mano, esto nos permitió eliminar la dependencia de la posición y el tamaño de la mano, garantizando que el modelo de reconocimiento se base únicamente en la forma de la seña.

Para la predicción del alfabeto y los números, utilizamos la herramienta Tensorflow.js para entrenar los modelos previamente guardados.

Primero capturamos 20 veces las posiciones de cada seña, trabajando con las coordenadas "X" y "Y" de los 21 puntos referenciales de la mano de cada seña, contemplando: 22 señas del alfabeto de la mano derecha, 22 señas del alfabeto de la mano izquierda, 10 señas de los números del 0 al 9 de la mano izquierda, 10 señas de los números del 0 al 9 de la mano derecha, además de las señas incorrectas del alfabeto y números.

El entrenamiento consiste en convertir en números utilizables los valores de las coordenadas de las señas capturadas previamente, obteniendo un arreglo de 42 valores $[x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_{21}, y_{21}]$. Luego se crea un tensor, en donde las filas son el número de señas capturadas previamente y las columnas son los 42 valores (21 valores de "X" y 21 valores de "Y").

Posterior a ello, se normalizan los valores, primero se calcula el valor máximo por cada columna y se divide todo entre ese máximo valor, obteniendo valores entre 0 y 1, sin este punto el modelo no aprende correctamente y generaría predicciones inconsistentes. Además, se preparan etiquetas por cada clase, esto con la finalidad de que el modelo sepa que clase debe aprender.

Se crea el modelo neuronal de tensorflow.js y se agregan capas.

La primera capa se crea con 42 valores de entrada, 128 neuronas que suelen aprender patrones básicos, detectan formas, posiciones y relaciones. Cada neurona responde con la función "relu" (esta función deja pasar si el valor es positivo, caso contrario, retorna 0 si el valor es negativo).

La segunda capa se reduce a 64 neuronas para filtrar lo aprendido.

En la capa de salida, la cantidad de neuronas se construye a partir de la cantidad de señas capturadas previamente para cada modelo (296 señas de números de la mano izquierda, 286 señas de números de la mano derecha, 878 señas del alfabeto de la mano izquierda y 547 señas del alfabeto de la mano derecha) y se utiliza la función "softmax" (esta función convierte la salida en probabilidades).

Se configura el entrenamiento con los siguientes valores:

- **Adam:** Para aprender rápido y estable.
- **SparseCategoricalCrossentropy:** compara la predicción.
- **Accuracy:** Medir el progreso.

En el entrenamiento, los valores a contemplar son:

- **Epochs:** 50 - Repite el aprendizaje unas 50 veces.
- **BatchSize:** 32 - Para aprender en grupos.
- **ValidationSplit:** 0.2 - Usar el 20% para la validación.

La idea de este entrenamiento es que el modelo practique hasta que pueda reconocer patrones de las señas.

Finalizado el entrenamiento procedemos a guardar 2 archivos por cada modelo entrenado, estos archivos (maxValues.json y el modelo.weights.bin) son nuestros compilados de los modelos y nos servirán para la predicción de las señas capturadas por la cámara del dispositivo.

Al momento de renderizar el componente del reconocimiento de las señas, dependiendo del tipo de seña a reconocer se procede a cargar los archivos (maxValues.json y el modelo.weights.bin) de cada modelo entrenado previamente, esto con la finalidad de optimizar la predicción al momento del reconocimiento de las señas.

Cuando el alumno realiza una seña (por ejemplo, la letra A), nuestra aplicación web a través de la cámara del dispositivo captura las 21 coordenadas de la seña de la mano, luego de normalizarlas las procesa en la predicción con la librería Tensorflow.js, la predicción consiste en convertir las 21 coordenadas “X” y “Y” en un arreglo plano, luego se forma un tensor de tamaño [1,42], ejemplo: [x1, y1, x2, y2, ..., x21, y21], porque son los 42 elementos de las coordenadas (21 “X” y 21 “Y”). Luego se divide cada valor del arreglo entre su máximo correspondiente, esto para que los valores estén en la misma escala del entrenamiento.

El modelo devolverá probabilidades y se tendrá que interpretar, indicando la máxima probabilidad y la clase de la predicción. Si el umbral de confianza es mayor al 60% entonces devuelve la clase detectada, con ese valor se procede a mostrar la imagen de la seña detectada; caso contrario, se indicará el valor “Sin seña”, en este caso se procede a mostrar una imagen de seña incorrecta.

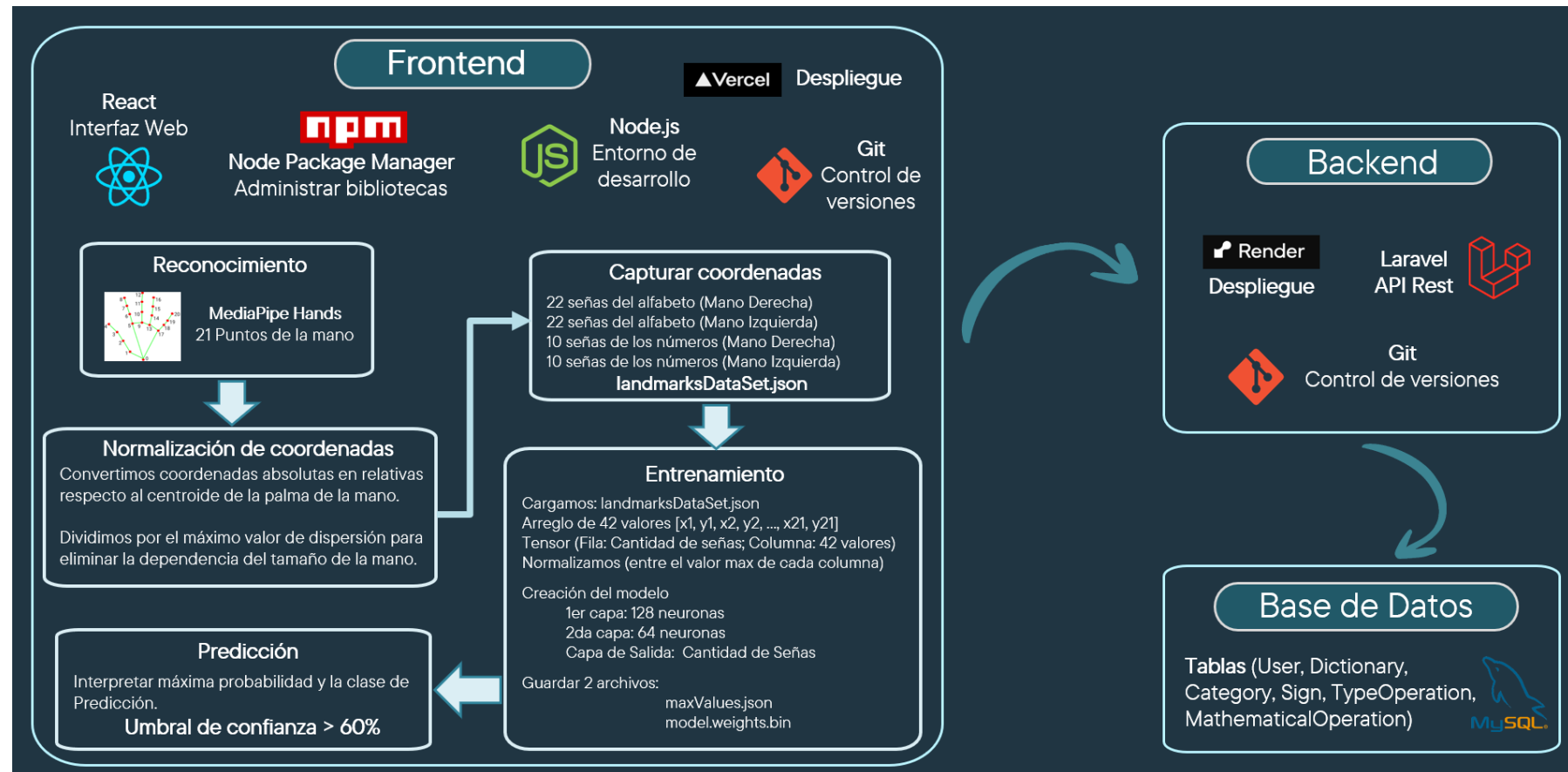
Los datos obtenidos al reconocer las señas se procesan y predicen de manera local en el navegador, esto evita transmitir imágenes y videos a servidores externos lo que nos garantiza la protección de los datos o imágenes de los estudiantes.

La selección de estas herramientas tecnológicas nos permitió desarrollar una aplicación web estructurada y funcional, garantizando una eficiencia en el reconocimiento de la Lengua de Señas Peruana.

3.3.1. Arquitectura de la aplicación web.

Figura 3

Arquitectura de la aplicación web



Nota. Creado por los investigadores.

3.4. Desarrollo del objetivo 4: Utilizar la metodología XP en el desarrollo de la aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana.

Aplicamos la metodología de Programación Extrema (XP) durante todo el desarrollo de la aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana, esto nos permitió estructurar los procesos de desarrollo en fases para su correcta y fácil implementación. A continuación, se detalla cada fase:

3.4.1. Fase I. Planificación

La institución educativa Karl Weiss de Chiclayo destaca por su enfoque en la formación integral del estudiante, por su identidad institucional, reflejada en su comunidad educativa cohesionada, la calidad educativa calificada y su historia de liderazgo educativo en el norte del país.

Misión

Brindar una educación integral para la vida, basada en principios, promoviendo la inclusión, la interculturalidad, la conciencia ecológica, la creatividad y la innovación, acorde con la ciencia y tecnología.

Visión

Consolidarse como una institución educativa referente en la región Lambayeque, comprometida en ofrecer una educación integral de calidad a sus estudiantes.

Alcance del proyecto

El desarrollo de la investigación está enfocado en la mejora del aprendizaje en los estudiantes del nivel primario con discapacidad auditiva del colegio Karl Weiss de la provincia de Chiclayo, tratando los temas del alfabeto, números y operaciones matemáticas de la LSP.

3.4.1.1. Historias de usuario.

Se emplearon historias de usuario para obtener los requerimientos a desarrollar, las cuales fueron elaboradas en conjunto con los usuarios involucrados (Sub director, intérpretes y docentes).

Tabla 16*Descripción de Historias de Usuario*

Código	Historia de Usuario	Descripción
HU-01	Diccionario de la Lengua de Señas Peruana	La aplicación web debe mostrar las señas de cada categoría de la LSP.
HU-02	Reconocimiento de señas de los números	La aplicación web debe reconocer a través de la cámara del dispositivo las señas de los números que se realicen con la mano dominante (izquierda o derecha).
HU-03	Reconocimiento de señas del alfabeto	La aplicación web debe reconocer a través de la cámara del dispositivo las señas del alfabeto que se realicen con la mano dominante (izquierda o derecha).
HU-04	Reconocimiento de señas de operaciones matemáticas básicas	La aplicación web debe reconocer a través de la cámara del dispositivo las señas de los resultados de las operaciones matemáticas básicas que se realicen con la mano dominante (izquierda o derecha).
HU-05	Información de la aplicación web	La aplicación web debe mostrar 02 interfaces, una para la página principal contemplando la visión, misión y objetivos y otra para el “Acerca de”, contemplando la información acerca de los desarrolladores y las herramientas usadas.

Nota. Creado por los investigadores.

3.4.1.2. Definición de roles.

En el desarrollo del presente proyecto, se han definido los roles de acuerdo con la metodología XP, considerando la participación activa tanto de los desarrolladores como de los colaboradores de la institución educativa.

Se considera como integrantes a los tesisistas responsables del desarrollo del sistema, mientras que como colaboradores se incluye al personal de la Institución Educativa Karl Weiss de la provincia de Chiclayo, quienes participan proporcionando información relevante para el proyecto.

En la siguiente tabla se presentan los roles definidos, así como los responsables de cada uno:

Tabla 17

Definición de roles de cada participante

Roles	Responsables	Cargo
Programadores	Farroñan Racchumí Melyssa Rivera Olivera Germán	Tesistas
Cliente	Institución educativa Karl Weiss de la provincia de Chiclayo	Sub director de primaria
Tester (Probadores)	Farroñan Racchumí Melyssa Rivera Olivera Germán	Tesistas
Tracker	Farroñan Racchumí Melyssa Rivera Olivera Germán	Tesistas

Nota. Creado por los investigadores.

Descripción de los roles:

- ✓ **Programadores:** En este rol, los tesistas Melyssa Farroñan Racchumí y Germán Rivera Olivera, son responsables del desarrollo de la aplicación web, incluyendo la codificación, implementación de funcionalidades y adaptación a los cambios en los requerimientos durante el proceso.
- ✓ **Cliente:** Representado por la Institución Educativa Karl Weiss de la provincia de Chiclayo, específicamente el subdirector y los docentes del nivel primario, son los que proporcionan los requerimientos del sistema y validan que el producto desarrollado responda a las necesidades de los estudiantes con discapacidad auditiva.
- ✓ **Tester (probadores):** Los tesistas cumplen también esta función, encargándose de ejecutar pruebas funcionales del sistema con el objetivo de identificar errores y garantizar la calidad de la aplicación antes de su implementación.
- ✓ **Tracker (seguimiento):** Este rol es asumido por uno de los tesistas, quien se encarga de supervisar el avance del proyecto, controlar los tiempos de desarrollo y verificar el cumplimiento de las actividades establecidas en cada iteración.

3.4.1.3. Plan de publicaciones.

Título del Proyecto: Aplicación web de reconocimiento de Lengua de Señas Peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario, Chiclayo - 2024.

Cliente: Institución educativa Karl Weiss de la provincia de Chiclayo (Sub director y profesores del nivel primario).

Equipo de Desarrollo: Equipo de Programación Extrema.

Fecha de inicio: 03 de marzo de 2025.

Duración estimada: 13 semanas.

El proyecto tendrá un entregable final y 5 iteraciones.

Tabla 18

Priorización de historias de usuario

Código	Historia de Usuario	Nivel de Prioridad	Nivel de Riesgo	Número de Iteraciones
HU-01	Diccionario de la Lengua de Señas Peruana	Medio	Medio	1
HU-02	Reconocimiento de señas de los Números	Alto	Alto	2
HU-03	Reconocimiento de señas del alfabeto	Alto	Alto	3
HU-04	Reconocimiento de señas de operaciones matemáticas básicas	Alto	Alto	4
HU-05	Información de la aplicación web	Medio	Medio	5

Nota. Creado por los investigadores.

En la siguiente tabla se describe el tiempo, el número de personas y la evaluación del plan de publicaciones.

Tabla 19*Descripción del plan de publicaciones*

Código	Historia de Usuario	Fecha	Número de personas involucradas
HU-01	Diccionario de la Lengua de Señas Peruana	03/03/2025- 23/03/2025	2
HU-02	Reconocimiento de señas de los Números	24/03/2025 - 11/05/2025	2
HU-03	Reconocimiento de señas del alfabeto	12/05/2025 - 18/05/2025	2
HU-04	Reconocimiento de señas de operaciones matemáticas básicas	19/05/2025 - 31/05/2025	2
HU-05	Información de la aplicación web	01/06/2025 - 07/06/2025	2

Nota. Creado por los investigadores.

3.4.1.4. Plan de iteraciones.

En la siguiente tabla se detalla para cada historia de usuario sus respectivas tareas, responsables y la duración de cada iteración.

Tabla 20

Plan de iteraciones

Iteración	Historias de Usuario	Código de Tarea	Tareas	Responsable de ejecución	Duración
I-01	Diccionario de la Lengua de Señas Peruana	T-01	Diseñar la interfaz del diccionario.	Germán Rivera Olivera Melyssa Farroñan Racchumí	9 días
		T-02	Listado de las categorías de la LSP.	Germán Rivera Olivera Melyssa Farroñan Racchumí	6 días
		T-03	Listado de las señas de una categoría seleccionada.	Germán Rivera Olivera	4 días
		T-04	Mostrar información de una seña seleccionada.	Germán Rivera Olivera	2 días
I-02	Reconocimiento de señas de los Números	T-05	Diseñar la interfaz del reconocimiento de las señas de los números.	Germán Rivera Olivera Melyssa Farroñan Racchumí	5 días

Iteración	Historias de Usuario	Código de Tarea	Tareas	Responsable de ejecución	Duración
		T-06	Diseñar la interfaz para seleccionar la mano dominante en el reconocimiento de las señas de los números.	Germán Rivera Olivera Melyssa Farroñan Racchumí	4 días
		T-07	Captura de las señas de los números a través de la cámara del dispositivo.	Germán Rivera Olivera Melyssa Farroñan Racchumí	34 días
		T-08	Almacenar datos normalizados de una respectiva seña de números para la predicción.	Germán Rivera Olivera Melyssa Farroñan Racchumí	2 días
		T-09	Carrusel de imágenes de señas de los números como apoyo visual.	Germán Rivera Olivera	4 días
I03	Reconocimiento de señas del alfabeto	T-10	Diseñar la interfaz del reconocimiento de las señas del alfabeto.	Germán Rivera Olivera Melyssa Farroñan Racchumí	1 día
		T-11	Diseñar la interfaz para seleccionar la mano dominante en el reconocimiento de las señas del alfabeto.	Germán Rivera Olivera	1 día

Iteración	Historias de Usuario	Código de Tarea	Tareas	Responsable de ejecución	Duración
		T-12	Captura de las señas del alfabeto a través de la cámara del dispositivo.	Germán Rivera Olivera Melyssa Farroñan Racchumí	3 días
		T-13	Almacenar datos normalizados de una respectiva seña del alfabeto para la predicción.	Germán Rivera Olivera Melyssa Farroñan Racchumí	1 día
		T-14	Carrusel de imágenes de señas del alfabeto como apoyo visual.	Germán Rivera Olivera	1 día
I4	Reconocimiento de señas de operaciones matemáticas básicas	T-15	Diseñar la interfaz del reconocimiento de las operaciones matemáticas básicas.	Germán Rivera Olivera Melyssa Farroñan Racchumí	5 días
		T-16	Diseñar la interfaz para seleccionar la mano dominante en el reconocimiento del resultado de las operaciones matemáticas básicas.	Germán Rivera Olivera	1 día

Iteración	Historias de Usuario	Código de Tarea	Tareas	Responsable de ejecución	Duración
		T-17	Diseñar la interfaz para seleccionar el tipo de operación matemática básica.	Germán Rivera Olivera Melyssa Farroñan Racchumí	1 día
		T-18	Reconocimiento del resultado de las señas de las operaciones matemáticas básicas.	Germán Rivera Olivera Melyssa Farroñan Racchumí	6 días
I5	Información de la aplicación web	T-19	Creación de la interfaz principal	Melyssa Farroñan Racchumí	4 días
		T-20	Creación de la interfaz del apartado “ Acerca de ”.	Melyssa Farroñan Racchumí	3 días

Nota. Creado por los investigadores.

Riesgos

- Obstáculos al programar el reconocimiento de las señas de la mano. Con el fin de mitigar el riesgo se plantea trabajar con guías de tareas de la librería de MediaPipe Hand en la detección de puntos referenciales de la mano.
- Obstáculos en el entrenamiento del modelo para el reconocimiento de las señas. Con el fin de mitigar el riesgo se plantea trabajar con documentación y guías de la librería de TensorFlow.js para el entrenamiento de los modelos de las señas a reconocer en el navegador.
- Tiempo prolongado en predecir las señas a reconocer. Con el fin de mitigar el riesgo se plantea trabajar con un modelo entrenado previamente de las señas a reconocer.

3.4.2. Fase II: Diseño

Se consideró las funcionalidades del reconocimiento de las señas a través de la librería MediaPipe Hand para las interfaces de usuario, además de un diseño responsivo que conlleva las interfaces de usuario, a continuación, se detallan los diseños realizados:

3.4.2.1. Interfaces de usuario.

3.4.2.1.1. Diccionario de la LSP.

La interfaz contempla:

- **Categorías:** Se mostrará el listado de las categorías de la LSP para poder seleccionar su contenido.
- **Señas de una categoría seleccionada:** Se mostrarán las señas de una categoría seleccionada previamente, en un formato de tarjetas conteniendo una imagen y nombre de cada seña, además de una opción de retroceso a la página de las categorías de las señas.
- **Seña Seleccionada:** Se mostrará el contenido (Imagen, nombre y descripción) de la seña seleccionada.

Figura 4

Interfaz del diccionario de las categorías de la LSP



Nota. Creado por los investigadores.

Figura 5

Interfaz del diccionario de las señas de Números



Nota. Creado por los investigadores.

Figura 6

Interfaz del diccionario de una seña de número seleccionada



Nota. Creado por los investigadores.

3.4.2.1.2. Reconocimiento de señas de los números.

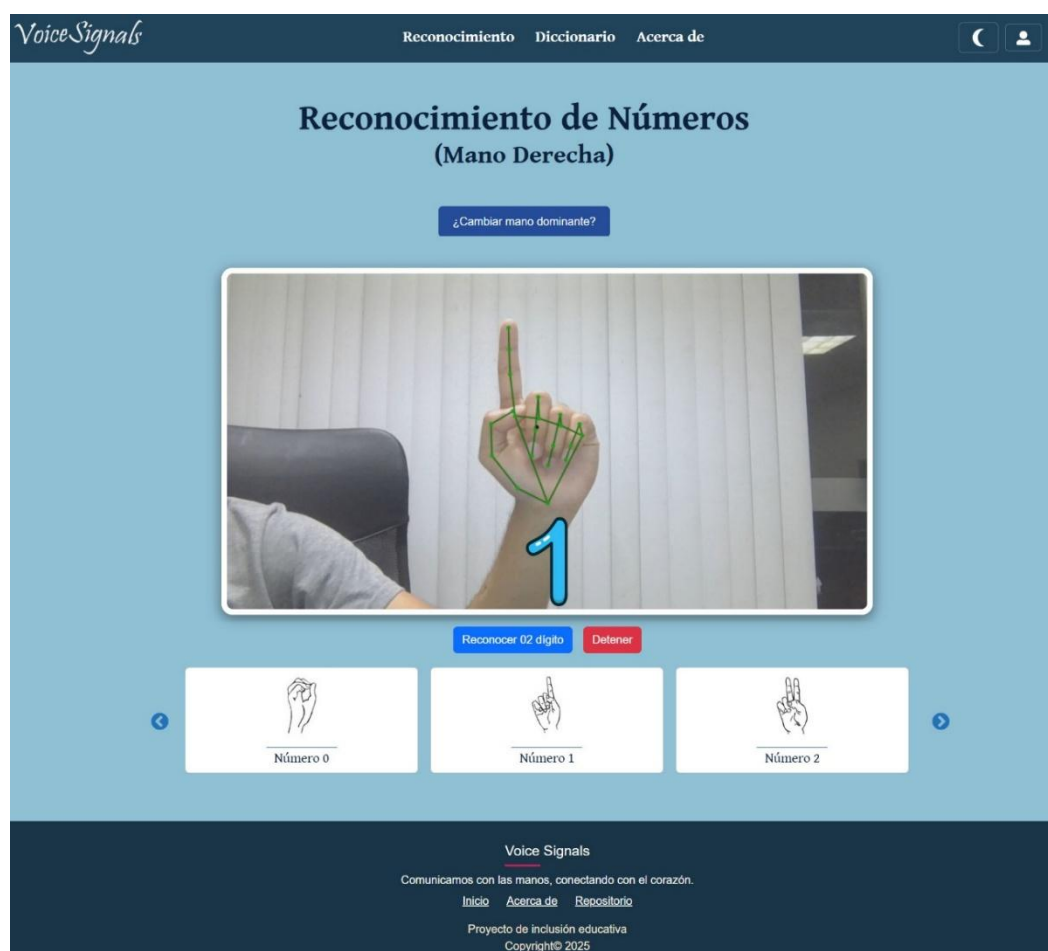
La interfaz contempla:

- **Botón para cambiar la mano dominante:** Seleccionar la mano dominante (izquierda o derecha) para el reconocimiento de las señas de los números.
- **Contenedor de la cámara:** Se mostrará en tiempo real el trazado de los 21 puntos referenciales de la mano dominante.
La imagen de la cámara tendrá un efecto de espejo, para una mayor apreciación de las señas a reconocer.
- **Imagen de la seña reconocida:** Se mostrará una imagen de la seña del número reconocido correctamente, al no reconocer una seña se mostrará una imagen por defecto.
- **Carrusel de Imágenes:** Guía visual de las señas de la categoría de Números a reconocer.

- **Indicador del resultado:** Se mostrará un diseño visual que confirme si la seña del número fue reconocida correctamente.
- **Botón de Detener:** Se detendrá el reconocimiento de los números, se apagará la cámara y se redireccionará a la interfaz principal para seleccionar el tipo de proceso a reconocer.

Figura 7

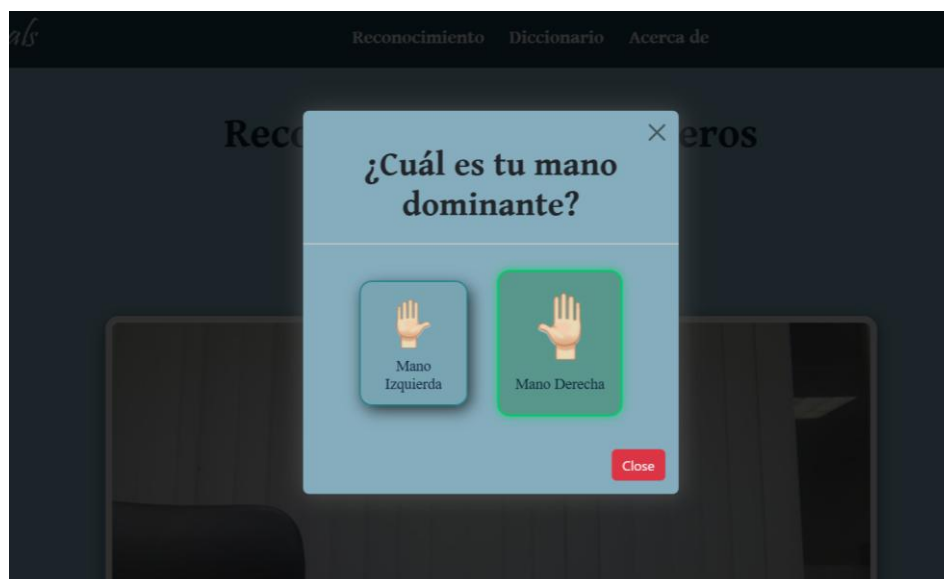
Interfaz del Reconocimiento de Señas de los Números



Nota. Creado por los investigadores.

Figura 8

Interfaz para cambiar la mano dominante en el reconocimiento de Números



Nota. Creado por los investigadores.

3.4.2.1.3. Reconocimiento de señas del alfabeto.

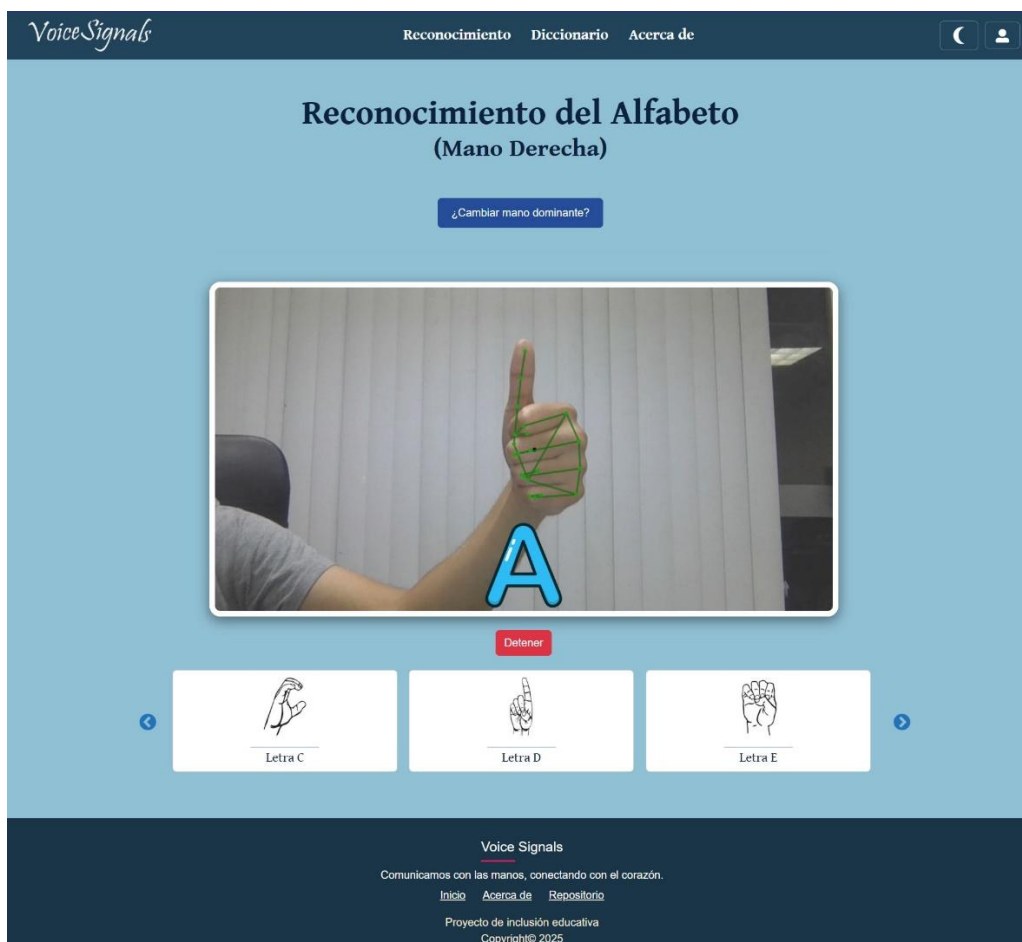
La interfaz contempla:

- **Botón para cambiar la mano dominante:** Seleccionar la mano dominante (izquierda o derecha) para el reconocimiento de las señas del alfabeto.
- **Contenedor de la cámara:** Se mostrará en tiempo real el trazado de los 21 puntos referenciales de la mano dominante.
La imagen de la cámara tendrá un efecto de espejo, para una mayor apreciación de las señas a reconocer.
- **Imagen de la seña reconocida:** Se mostrará una imagen de la seña del alfabeto reconocido correctamente, al no reconocer una seña se mostrará una imagen por defecto.
- **Carrusel de Imágenes:** Guía visual de las señas de la categoría del alfabeto a reconocer.
- **Indicador del resultado:** Se mostrará un diseño visual que confirme si la seña del alfabeto fue reconocida correctamente.

- **Botón de Detener:** Se detendrá el reconocimiento del alfabeto, se apagará la cámara y se redireccionará a la interfaz principal para seleccionar el tipo de proceso a reconocer.

Figura 9

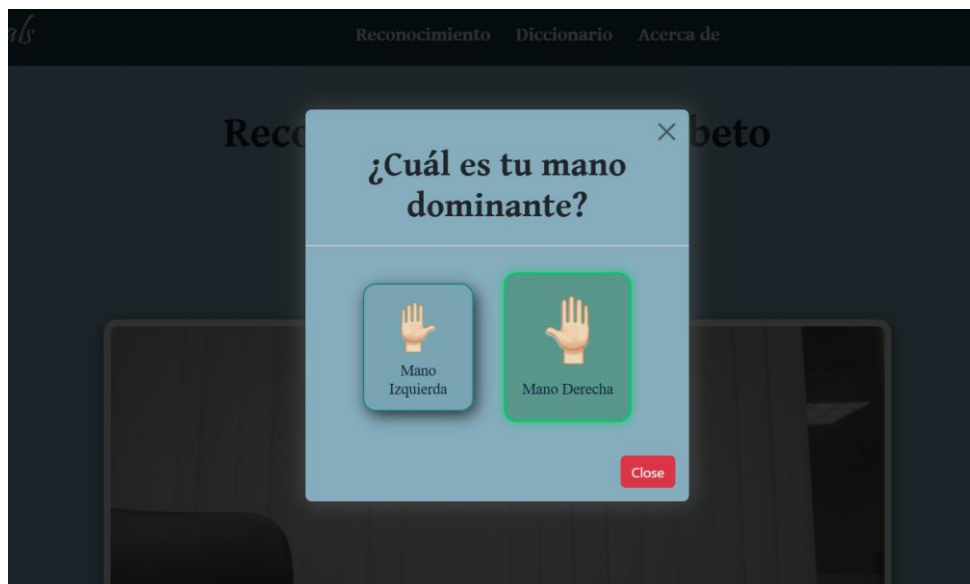
Interfaz del Reconocimiento de Señas del alfabeto



Nota. Creado por los investigadores.

Figura 10

Interfaz para cambiar la mano dominante en el reconocimiento del Alfabeto



Nota. Creado por los investigadores.

3.4.2.1.4. Reconocimiento de señas de Operaciones Matemáticas Básicas.

La interfaz contempla:

- **Botón para cambiar la mano dominante:** Seleccionar la mano dominante (izquierda o derecha) para el reconocimiento de la seña del resultado de la operación matemática básica.
- **Botón para cambiar el tipo de operación matemática:** Seleccionar el tipo de operación matemática a resolver (Suma, Resta, Multiplicación o división).
- **Contenedor de la cámara:** Se mostrará en tiempo real el trazado de los 21 puntos referenciales de la mano dominante.
La imagen de la cámara tendrá un efecto de espejo, para una mayor apreciación de las señas a reconocer.
- **Imagen de la seña reconocida:** Se mostrará una imagen de la seña del número (posible respuesta de la operación) que realice el usuario, al no reconocer una seña se mostrará una imagen por defecto.

- **Operación matemática:** Se mostrará la operación matemática a resolver, una vez se acierta la respuesta de la operación se procederá a actualizar a otra operación matemática de manera aleatoria.
- **Indicador del resultado:** Si la seña realizada por el usuario es la respuesta correcta de la operación matemática básica entonces se mostrará un diseño visual de aceptación.
- **Botón de Detener:** Se detendrá el reconocimiento de la operación matemática básica, se apagará la cámara y se redireccionará a la interfaz principal para seleccionar el tipo de proceso a reconocer.

Figura 11

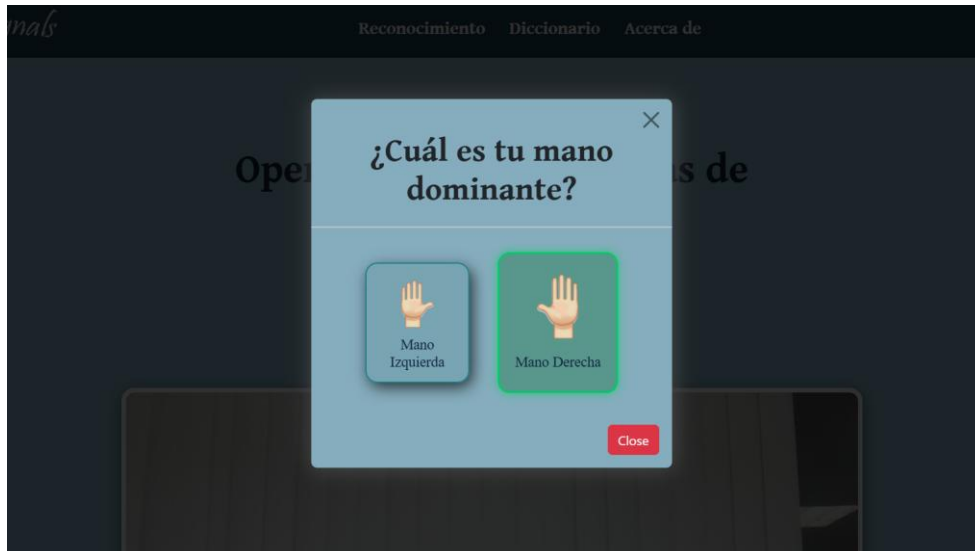
Interfaz del Reconocimiento de señas de operaciones de matemáticas básicas



Nota. Creado por los investigadores.

Figura 12

Interfaz para cambiar la mano dominante en el reconocimiento de operaciones matemáticas básicas



Nota. Creado por los investigadores.

Figura 13

Interfaz para cambiar la operación matemática básica



Nota. Creado por los investigadores.

Figura 14*Interfaz para seleccionar el contenido a aprender*

Nota. Creado por los investigadores.

3.4.2.1.5. Información de la aplicación web.

La interfaz contempla:

- Banner informativo sobre el diccionario, reconocimiento de Señas Peruana e información “Acerca de”.
- Información de visión, misión y objetivos.
- Información acerca de los desarrolladores y las herramientas utilizadas.

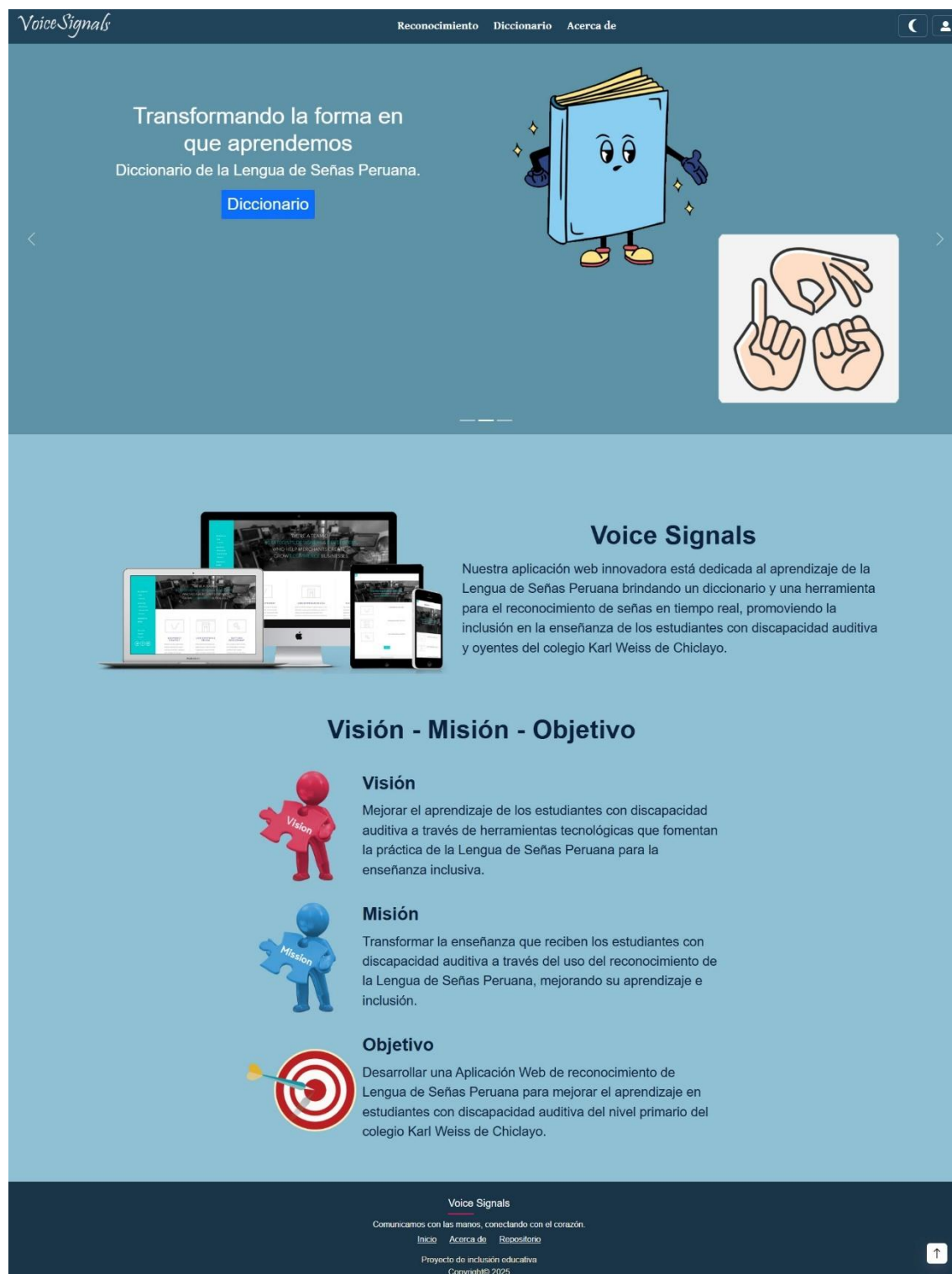
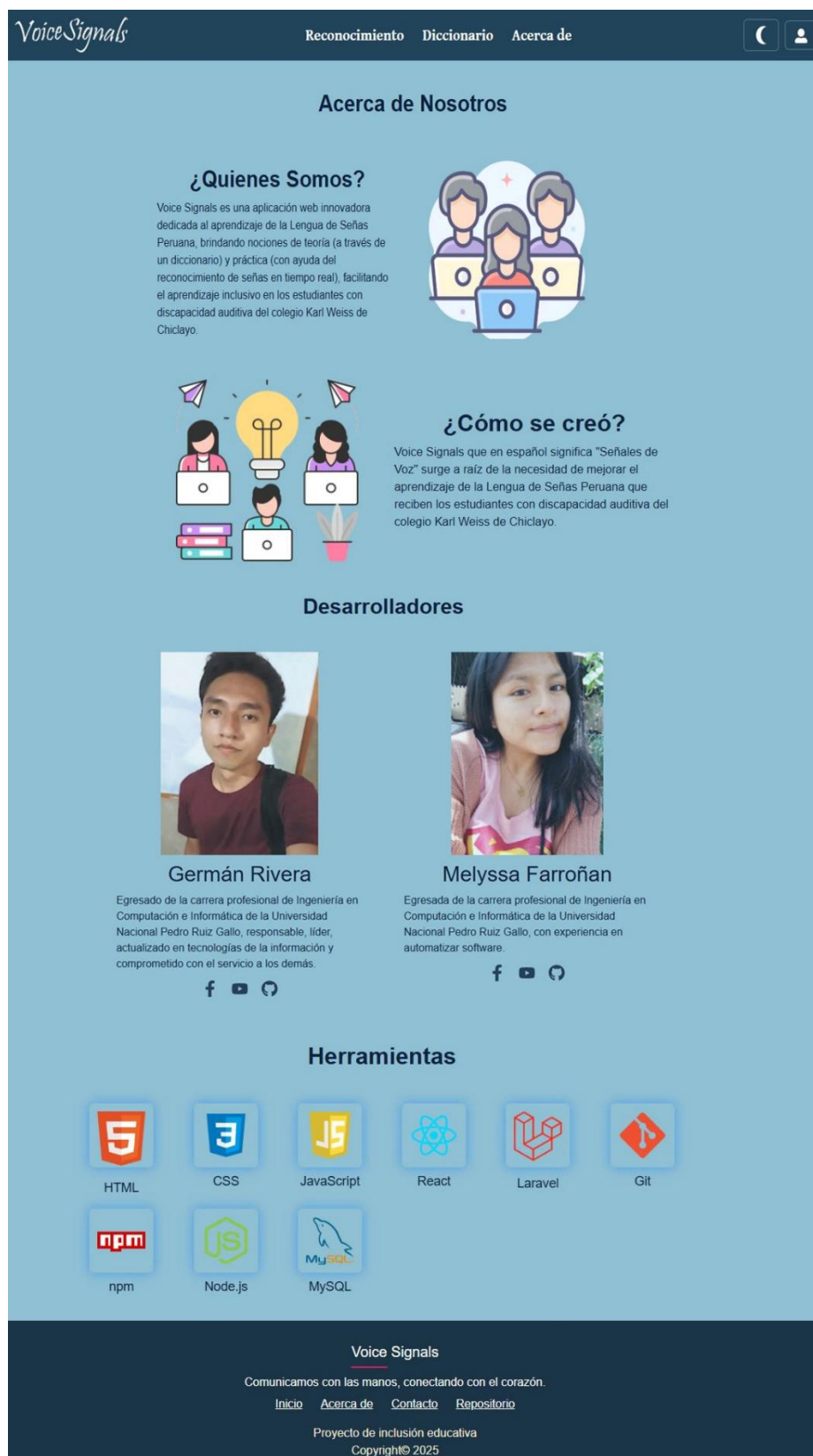
Figura 15*Interfaz de la página principal**Nota.* Creado por los investigadores.

Figura 16

Interfaz del apartado “Acerca De” de la aplicación web

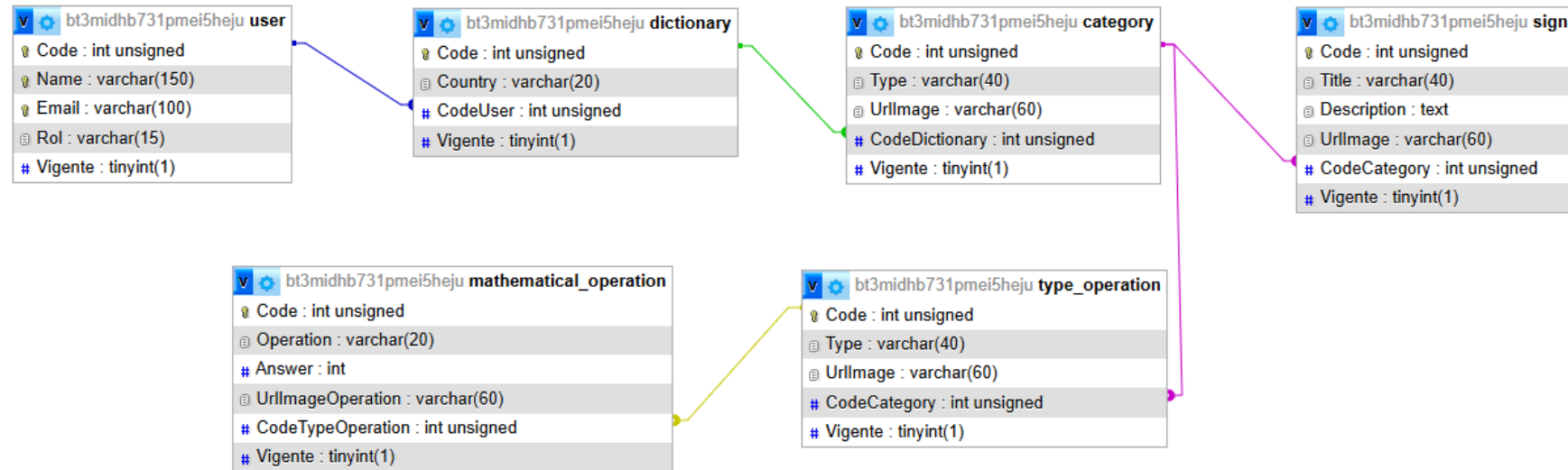


Nota. Creado por los investigadores.

3.4.2.2. Diseño de base de datos.

Figura 17

Diseño de base de datos de la migración



Nota. Creado por los investigadores.

3.4.3. Fase III: Desarrollo

3.4.3.1. Fichas de tareas.

Tabla 21

Tarea 01 - Diseñar la interfaz del diccionario

Ficha de Tarea 01	
Código: T-01	Historia de Usuario: Diccionario de la Lengua de Señas Peruana.
Tarea: Diseñar la interfaz del diccionario.	
Categoría de tarea: Diseño.	
Fecha inicial: 03/03/2025	Fecha final: 11/03/2025
Responsables: Farroñan Racchumí Melyssa, Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se diseñará la interfaz de usuario principal del diccionario, en la cual se mostrarán las categorías de la LSP de manera visual, contemplando una imagen y nombre de cada categoría. Cuando se seleccione una categoría se procederá a mostrar las señas respectivas, además de una opción “← Regresar” ubicado en la parte superior izquierda para retroceder a la página principal del diccionario. Cuando se seleccione una seña se mostrará el nombre, imagen y descripción de la seña en una ventana emergente.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 22*Tarea 02 - Listado de las categorías de la LSP*

Ficha de Tarea 02	
Código: T-02	Historia de Usuario: Diccionario de la Lengua de Señas Peruana.
Tarea: Listado de las categorías de la LSP.	
Categoría de tarea: Programación.	
Fecha inicial: 12/03/2025	Fecha final: 17/03/2025
Responsables: Farroñan Racchumí Melyssa, Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se listarán las categorías de la LSP dentro de la interfaz de usuario principal del diccionario, mostrando una imagen y nombre de cada categoría. Se aplicará un Lazy Load para la carga de los elementos.	

Nota. Creado por los investigadores.**Tabla 23***Tarea 03 - Listado de las señas de una categoría seleccionada*

Ficha de Tarea 03	
Código: T-03	Historia de Usuario: Diccionario de la Lengua de Señas Peruana.
Tarea: Listado de las señas de una categoría seleccionada.	
Categoría de tarea: Programación.	
Fecha inicial: 18/03/2025	Fecha final: 21/03/2025
Responsable: Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se listarán las señas de la LSP de una categoría seleccionada previamente, mostrando una imagen y nombre de cada seña. Se aplicará un Lazy Load para la carga de los elementos.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 24*Tarea 04 - Mostrar información de una seña seleccionada*

Ficha de Tarea 04	
Código: T-04	Historia de Usuario: Diccionario de la Lengua de Señas Peruana.
Tarea: Mostrar información de una seña seleccionada.	
Categoría de tarea: Programación.	
Fecha inicial: 22/03/2025	Fecha final: 23/03/2025
Responsable: Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se implementará la funcionalidad que permita al usuario visualizar la información detallada sobre una seña específica de la LSP al seleccionarla dentro del diccionario.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 25

Tarea 05 - Diseñar la interfaz del reconocimiento de las señas de los números

Ficha de Tarea 05	
Código: T-05	Historia de Usuario: Reconocimiento de señas de los Números.
Tarea: Diseñar la interfaz del reconocimiento de las señas de los números.	
Categoría de tarea: Diseño.	
Fecha inicial: 24/03/2025	Fecha final: 28/03/2025
Responsables: Farroñan Racchumí Melyssa, Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se creará el diseño de la interfaz para el reconocimiento de las señas de los números, un botón para la selección de la mano dominante (izquierda o derecha), un apartado para mostrar en tiempo real el trazado de los 21 puntos referenciales de la mano dominante a través de la cámara del dispositivo, una imagen representativa de la seña reconocida correcta e incorrecta, un botón para detener la predicción y redireccionar a la página	

principal del reconocimiento de señas peruana y un apartado para el carrusel de imágenes como apoyo visual de las señas a predecir.

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 26

Tarea 06 - Diseñar la interfaz para seleccionar la mano dominante en el reconocimiento de las señas de los números

Ficha de Tarea 06	
Código: T-06	Historia de Usuario: Reconocimiento de señas de los Números.
Tarea: Diseñar la interfaz para seleccionar la mano dominante en el reconocimiento de las señas de los números.	
Categoría de tarea: Diseño.	
Fecha inicial: 29/03/2025	Fecha final: 01/04/2025
Responsables: Farroñan Racchumí Melyssa, Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se diseñará la interfaz para seleccionar la mano dominante (izquierda o derecha) que se utilizará para realizar la seña de los números en el reconocimiento. Esta selección establecerá el modelo entrenado a cargar para la predicción. Por defecto la mano dominante será la mano derecha.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 27

Tarea 07 - Captura de las señas de los números a través de la cámara del dispositivo

Ficha de Tarea 07	
Código: T-07	Historia de Usuario: Reconocimiento de señas de los Números.
Tarea: Captura de las señas de los números a través de la cámara del dispositivo.	
Categoría de tarea: Programación.	
Fecha inicial: 02/04/2025	Fecha final: 05/05/2025
Responsables: Farroñan Racchumí Melyssa, Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se programará la funcionalidad que permita capturar los 21 puntos referenciales (coordenadas) de la mano dominante a través de la cámara del dispositivo con ayuda de la librería MediaPipe Hand. Se procesarán las coordenadas obtenidas y se normalizará en base a 02 valores (centroide de la palma de la mano dominante y el máximo valor de los puntos referenciales de la mano), con la finalidad de obtener una distancia precisa de los puntos referenciales al centroide. Se dibujarán los conectores y los 21 puntos referenciales de la mano dominante. Se programará el modelo de predicción con la librería Tensorflow.js para reconocer las señas de los números, contemplando el tipo de mano dominante (izquierda o derecha). Se mostrará una imagen de la seña de número reconocida correctamente, y otra por defecto en el caso de no reconocer una seña correcta.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 28

Tarea 08 - Almacenar datos normalizados de las respectivas señas de los números para la predicción

Ficha de Tarea 08	
Código: T-08	Historia de Usuario: Reconocimiento de señas de los Números.
Tarea: Almacenar datos normalizados de las respectivas señas de los números para la predicción.	
Categoría de tarea: Programación.	
Fecha inicial: 06/05/2025	Fecha final: 07/05/2025
Responsables: Farroñan Racchumí Melyssa, Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se almacenarán los 21 puntos referenciales (coordenadas) de la mano dominante para cada seña de los números en un formato “JSON” para la predicción.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 29

Tarea 09 - Carrusel de imágenes de señas de los números como apoyo visual

Ficha de Tarea 09	
Código: T-09	Historia de Usuario: Reconocimiento de señas de los Números.
Tarea: Carrusel de imágenes de señas de los números como apoyo visual.	
Categoría de tarea: Programación.	
Fecha inicial: 08/05/2025	Fecha final: 11/05/2025
Responsable: Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se listarán en un carrusel las señas de los números, contemplando un imagen y nombre de cada seña. Se aplicará un Lazy Load para la carga de los elementos.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 30*Tarea 10 - Diseñar la interfaz del reconocimiento de las señas del alfabeto*

Ficha de Tarea 10	
Código: T-10	Historia de Usuario: Reconocimiento de señas del alfabeto.
Tarea: Diseñar la interfaz del reconocimiento de las señas del alfabeto.	
Categoría de tarea: Diseño.	
Fecha inicial: 12/05/2025	Fecha final: 12/05/2025
Responsables: Farroñan Racchumí Melyssa, Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se creará el diseño de la interfaz para el reconocimiento de las señas del alfabeto, un apartado para mostrar en tiempo real el trazado de los 21 puntos referenciales de la mano dominante a través de la cámara del dispositivo, una imagen representativa de la seña reconocida correcta e incorrecta, y un apartado para el carrusel de imágenes como apoyo visual de las señas a predecir. Se utilizarán botones para la selección de la mano dominante (izquierda o derecha) y para detener la predicción.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 31

Tarea 11 - Diseñar la interfaz para seleccionar la mano dominante en el reconocimiento de las señas del alfabeto

Ficha de Tarea 11	
Código: T-11	Historia de Usuario: Reconocimiento de señas del alfabeto.
Tarea: Diseñar la interfaz para seleccionar la mano dominante en el reconocimiento de las señas del alfabeto.	
Categoría de tarea: Diseño.	
Fecha inicial: 13/05/2025	Fecha final: 13/05/2025
Responsable: Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se diseñará la interfaz de usuario para seleccionar la mano dominante (izquierda o derecha) que se utilizará para realizar la seña del alfabeto en el reconocimiento. Esta selección establecerá el modelo entrenado a cargar para la predicción. Por defecto la mano dominante será la mano derecha.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 32

Tarea 12 - Captura de las señas del alfabeto a través de la cámara del dispositivo

Ficha de Tarea 12	
Código: T-12	Historia de Usuario: Reconocimiento de señas del alfabeto.
Tarea: Captura de las señas del alfabeto a través de la cámara del dispositivo.	
Categoría de tarea: Programación.	
Fecha inicial: 14/05/2025	Fecha final: 16/05/2025
Responsables: Farroñan Racchumí Melyssa, Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se programará la funcionalidad que permita capturar los 21 puntos referenciales (coordenadas) de la mano dominante a través de la cámara del dispositivo con ayuda de la librería MediaPipe Hand. Se procesarán las coordenadas obtenidas y se normalizará en base a 02 valores (centroide de la palma de la mano dominante y el máximo valor de los puntos referenciales de la mano), con la finalidad de obtener una distancia precisa de los puntos referenciales al centroide. Se dibujarán los conectores y los 21 puntos referenciales de la mano dominante. Se programará el modelo de predicción con la librería Tensorflow.js para reconocer las señas de los números, contemplando el tipo de mano dominante (izquierda o derecha). Se mostrará una imagen de la seña del alfabeto reconocida correctamente, y otra por defecto en el caso de no reconocer una seña.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 33

Tarea 13 - Almacenar datos normalizados de una respectiva seña del alfabeto para la predicción

Ficha de Tarea 13	
Código: T-13	Historia de Usuario: Reconocimiento de señas del alfabeto.
Tarea: Almacenar datos normalizados de una respectiva seña del alfabeto para la predicción.	
Categoría de tarea: Programación.	
Fecha inicial: 17/05/2025	Fecha final: 17/05/2025
Responsables: Farroñan Racchumí Melyssa, Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se almacenarán los 21 puntos referenciales (coordenadas) de la mano dominante para cada seña de los números en un formato “JSON” para la predicción.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 34

Tarea 14 - Carrusel de imágenes de señas del alfabeto como apoyo visual

Ficha de Tarea 14	
Código: T-14	Historia de Usuario: Reconocimiento de señas del alfabeto.
Tarea: Carrusel de imágenes de señas del alfabeto como apoyo visual.	
Categoría de tarea: Programación.	
Fecha inicial: 18/05/2025	Fecha final: 18/05/2025
Responsable: Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se listarán en un carrusel las señas del alfabeto, contemplando un imagen y nombre de cada seña. Se aplicará un Lazy Load para la carga de los elementos.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 35

Tarea 15 - Diseñar la interfaz del reconocimiento de las operaciones matemáticas básicas

Ficha de Tarea 15	
Código: T-15	Historia de Usuario: Reconocimiento de las operaciones matemáticas básicas.
Tarea: Diseñar la interfaz del reconocimiento de las operaciones matemáticas básicas.	
Categoría de tarea: Diseño.	
Fecha inicial: 19/05/2025	Fecha final: 23/05/2025
Responsables: Farroñan Racchumí Melyssa, Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se creará el diseño de la interfaz para el reconocimiento de las operaciones matemáticas básicas, un botón para la selección de la mano dominante (izquierda o derecha), un botón para seleccionar el tipo de operación a resolver, un apartado para mostrar en tiempo real el trazado de los 21 puntos referenciales de la mano dominante a través de la cámara del dispositivo, un botón para detener la predicción y redireccionar a la página principal del reconocimiento de señas peruana, una imagen de la operación matemática a resolver y una imagen representativa de la seña realizada correcta e incorrecta.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 36

Tarea 16 - Diseñar la interfaz para seleccionar la mano dominante en el reconocimiento del resultado de las operaciones matemáticas básicas

Ficha de Tarea 16	
Código: T-16	Historia de Usuario: Reconocimiento de las operaciones matemáticas básicas.
Tarea: Diseñar la interfaz para seleccionar la mano dominante en el reconocimiento del resultado de las operaciones matemáticas básicas.	
Categoría de tarea: Diseño.	
Fecha inicial: 24/05/2025	Fecha final: 24/05/2025
Responsable: Farroñan Racchumí Melyssa.	
Explicación: Se diseñará la interfaz de usuario para seleccionar la mano dominante (izquierda o derecha) que se utilizará para realizar la respuesta de la operación matemática básica. Esta selección establecerá el modelo entrenado a cargar para la predicción. Por defecto la mano dominante será la mano derecha.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 37

Tarea 17 - Diseñar la interfaz para seleccionar el tipo de operación matemática básica

Ficha de Tarea 17	
Código: T-17	Historia de Usuario: Reconocimiento de las operaciones matemáticas básicas.
Tarea: Diseñar la interfaz para seleccionar el tipo de operación matemática básica.	
Categoría de tarea: Diseño.	
Fecha inicial: 25/05/2025	Fecha final: 25/05/2025
Responsables: Farroñan Racchumí Melyssa, Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se creará el diseño de la interfaz para la selección del tipo de operación matemática básica a resolver (suma, resta, multiplicación o división) como parte de un sistema interactivo de apoyo al aprendizaje de las operaciones matemáticas mediante tecnologías de reconocimiento en tiempo real. Por defecto la operación matemática básica a desarrollar será la suma.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 38

Tarea 18 - Reconocimiento del resultado de las señas de las operaciones matemáticas básicas

Ficha de Tarea 18	
Código: T-18	Historia de Usuario: Reconocimiento de las operaciones matemáticas básicas.
Tarea: Reconocimiento del resultado de las señas de las operaciones matemáticas básicas.	
Categoría de tarea: Programación.	
Fecha inicial: 26/05/2025	Fecha final: 31/05/2025
Responsables: Farroñan Racchumí Melyssa, Rivera Olivera Germán.	
Explicación: Se programará la funcionalidad que permita capturar los 21 puntos referenciales (coordenadas) de la mano dominante a través de la cámara del dispositivo con ayuda de la librería MediaPipe Hand. Se procesarán las coordenadas obtenidas y se normalizará en base a 02 valores (centroide de la palma de la mano dominante y el máximo valor de los puntos referenciales de la mano), con la finalidad de obtener una distancia precisa de los puntos referenciales al centroide. Se dibujarán los conectores y los 21 puntos referenciales de la mano dominante. Se cargará de manera aleatoria la imagen de la operación matemática básica a resolver, contemplando el tipo de operación matemática básica (suma, resta, multiplicación y división). Se programará el modelo de predicción con la librería Tensorflow.js para reconocer las señas de los números, contemplando el tipo de mano dominante (izquierda o derecha). Se mostrará una imagen de la seña del número reconocido correctamente, y otra por defecto en el caso de no reconocer una seña correcta. Se validará la respuesta de la operación matemática básica y la seña reconocida, al ser correcta se mostrará un diseño de felicitación y se procederá a cargar la siguiente operación matemática básica de manera aleatoria.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 39*Tarea 19 - Creación de la interfaz principal*

Ficha de Tarea 19	
Código: T-19	Historia de Usuario: Información de la aplicación web.
Tarea: Creación de la interfaz principal.	
Categoría de tarea: Diseño.	
Fecha inicial: 01/06/2025	Fecha final: 04/06/2025
Responsable: Farroñan Racchumí Melyssa.	
Explicación: Se creará el diseño de la interfaz principal, permitiendo ingresar de forma intuitiva, ordenada y accesible a las diferentes funcionalidades de la aplicación web orientado al diccionario, reconocimiento de señas peruana (reconocimiento de números, alfabeto y operaciones matemáticas básicas), especialmente para estudiantes con discapacidad auditiva.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 40*Tarea 20 - Creación de la interfaz del apartado “Acerca de”*

Ficha de Tarea 20	
Código: T-20	Historia de Usuario: Información de la aplicación web.
Tarea: Creación de la interfaz del apartado “Acerca de”.	
Categoría de tarea: Diseño.	
Fecha inicial: 05/06/2025	Fecha final: 07/06/2025
Responsable: Farroñan Racchumí Melyssa.	
Explicación: Diseñar la interfaz del apartado “Acerca de” de la aplicación web con el fin de proporcionar al usuario información relevante sobre la aplicación web, el equipo desarrollador y los beneficiarios en el uso de la aplicación web, en un formato accesible, claro y visualmente coherente con el resto de la plataforma.	

Nota. Creado por los investigadores.

3.4.3.2. Codificación.

Rutas de la Aplicación Web

Figura 18

Importación de los componentes a renderizar en la navegación de la aplicación web

```
import React from 'react'
import { BrowserRouter as Router, Route, Routes } from 'react-router-dom'
import NavBar from '../components/NavBar'
import Home from '../pages/Home'
import Dictionary from '../pages/Dictionary'
import About from '../pages/About'
import Login from '../pages/Login'
import Category from '../pages/Category'
import ManageSign from '../pages/ManageSign'
import EditSign from '../components/Manage/Dictionary/EditSign'
import CreateSign from '../components/Manage/Dictionary/CreateSign'
import CreateCategory from '../components/Manage/Dictionary/CreateCategory'
import TranslatorSL from '../pages/Recognition'
import NotPage from '../pages/NotPage'
import HomePageRecognitions from '../pages/HomePageRecognitions'
import TranslatorOperaciones from '../pages/RecognitionOperations'
import TrainingModel from '../pages/TrainingModel'
import CaptureCoordinates from '../pages/CaptureCoordinates'
import ManageMathematicalOperation from '../pages/ManageMathematicalOperation'
import Manage from '../pages/Manage'
import CreateMathematicalOperation from '../components/Manage/MathematicalOperations/CreateMathematicalOperation'
import ManageDictionary from '../pages/ManageDictionary'
import ManageCategory from '../pages/ManageCategory'
import EditCategory from '../components/Manage/Dictionary/EditCategory'
import EditMathematicalOperation from '../components/Manage/MathematicalOperations/EditMathematicalOperation'
import ManageRecognitionOperation from '../pages/ManageRecognitionOperation'
import ManageTypeMathematicalOperation from '../pages/ManageTypeMathematicalOperation'
import CreateTypeMathematicalOperation from '../components/Manage/MathematicalOperations/CreateTypeMathematicalOperation'
import EditTypeMathematicalOperation from '../components/Manage/MathematicalOperations/EditTypeMathematicalOperation'
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 18 muestra los componentes y páginas que se han importado para su posterior uso en la configuración de rutas de la navegación de la aplicación web. Entre ellas tenemos los componentes de la barra de navegación, administración del diccionario y la administración de las operaciones matemáticas básicas. Y por parte de las páginas tenemos el diccionario, acerca de, reconocimiento de señas, entrenamiento de los modelos de predicción y la captura de las coordenadas.

Figura 19*Componentes que se renderizan en la aplicación web*

```

export default function AppRouter() {
  return (
    <section>
      <Router>
        <Routes>
          <Route path="/" element={<NavBar />} />
          <Route index element={<Home />} />
          <Route path='home' element={<Home />} />

          <Route path='dictionary' element={<Dictionary />} />
          <Route path='dictionary/:categoryId' element={<Category />} />
          <Route path='recognition-home' element={<HomePageRecognitions />} />
          <Route path='recognition' element={<TranslatorSL />} />
          <Route path='recognition-operaciones' element={<TranslatorOperaciones />} />
          <Route path='about' element={<About />} />
          <Route path='login' element={<Login />} />

          <Route path='manage' element={<Manage />} />
          <Route path='manage/dictionary' element={<ManageDictionary />} />
          <Route path='manage/dictionary/sign' element={<ManageSign />} />
          <Route path='manage/dictionary/sign/create-sign' element={<CreateSign />} />
          <Route path='manage/dictionary/sign/:signId' element={<EditSign />} />
          <Route path='manage/dictionary/category' element={<ManageCategory />} />
          <Route path='manage/dictionary/category/create-category' element={<CreateCategory />} />
          <Route path='manage/dictionary/category/:categoryId' element={<EditCategory />} />

          <Route path='manage/recognition' element={<ManageRecognitionOperation />} />
          <Route path='manage/recognition/operation' element={<ManageMathematicalOperation />} />
          <Route path='manage/recognition/operation/create-operation' element={<CreateMathematicalOperation />} />
          <Route path='manage/recognition/operation/:operationId' element={<EditMathematicalOperation />} />
          <Route path='manage/recognition/type-operation' element={<ManageTypeMathematicalOperation />} />
          <Route path='manage/recognition/type-operation/create-type-operation' element={<CreateTypeMathematicalOperation />} />
          <Route path='manage/recognition/type-operation/:typeOperationId' element={<EditTypeMathematicalOperation />} />

          <Route path='manage/capture-coordinates' element={<CaptureCoordinates />} />
          <Route path='manage/training-model' element={<TrainingModel />} />

          <Route path='*' element={<NotPage />} />

        </Routes>
      </Router>
    </section>
  )
}

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 19 muestra la configuración de rutas de la aplicación web mediante React Router, donde se definen las rutas de navegación de los componentes y páginas a cargar, contemplando el nombre de la ruta y como elemento el componente o página importada previamente.

Codificación del reconocimiento

Figura 20

Importación de librerías y archivos CSS para el Reconocimiento

```
import { Hands } from "@mediapipe/hands";
import { useRef, useState, useEffect, useCallback } from "react";
import * as hands from "@mediapipe/hands";
import * as cam from "@mediapipe/camera_utils";
import Webcam from "react-webcam";
import Button from 'react-bootstrap/Button';
import * as util from './UtilitiesRecognition'
import { HashLoader } from 'react-spinners';
import { useLocalStorage } from '../components/useLocalStorage';
import { LazyLoadImage } from 'react-lazy-load-image-component';
import axios from 'axios';
import Card from 'react-bootstrap/Card';
import ImgPlaceholderTranslator from '../Images/Placeholder/recognition.jpg';
import ImgHandLeft from '../Images/Recognition/handLeft.png';
import ImgHandRight from '../Images/Recognition/handRight.png';
import * as tf from "@tensorflow/tfjs";
import Modal from 'react-bootstrap/Modal';
import Slider from 'react-slick';
import "slick-carousel/slick/slick.css";
import "slick-carousel/slick/slick-theme.css";
import ConfettiRain from "../components/Confetti";
import '../Styles/Recognition.css'
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 20 muestra los elementos (Componentes y Librerías) que se han importado para su posterior uso en el reconocimiento y predicción de las señas, además de los archivos de imágenes a cargar y las Hojas de Estilo en Cascada.

A continuación, se detallan:

Componentes

- UtilitiesRecognition para utilizar funciones matemáticas que nos permiten calcular el centroide de la palma de la mano y el máximo valor entre coordenadas.
- useLocalStorage para guardar datos en el almacenamiento local del navegador.
- ConfettiRain para la animación de una seña reconocida correctamente.

Librerías

- MediaPipe Hand para el reconocimiento de los puntos referenciales de la mano.
- TensorFlow.js para la predicción.
- React-Bootstrap para los diseños de botones y tarjetas.
- React-Spinners para el diseño de carga de elementos, componentes y cámara.
- React-Lazy-Load-Image-Component para la carga progresiva de las imágenes.

Figura 21

Definición de las variables del Reconocimiento

```
export default function Recognition() {
  const webcamRef = useRef(null);
  const canvasRef = useRef(null);
  const drawConnectors = window.drawConnectors;
  const drawLandmarks = window.drawLandmarks;
  var camera = null;
  const [optionRecognition, ] = useLocalStorage('statusRecognition', 'numeros');
  const [dominantHand, setDominantHand] = useLocalStorage('dominantHand', 'right');
  const [camera2, setCamera2] = useState(null);
  const [stateRecognition, setStateRecognition] = useState(false);
  const [, setAllPredictions] = useState([]);
  const timerRef = useRef(null);
  const handValue = useRef(null);
  const [celebrating, setCelebrating] = useState(false);

  // Predicción
  const [model, setModel] = useState(null);
  const [prediction, setPrediction] = useState(null);
  const [maxValues, setMaxValues] = useState(null);

  //Lista de Categorías
  const [sign, setSign] = useState([]);

  //Slider
  const settings = {
    infinite: true,
    slidesToShow: 2,
    slidesToScroll: 1
  };

  const settings2 = {
    infinite: true,
    slidesToShow: 3,
    slidesToScroll: 1
  };

  //Modal
  const [show, setShow] = useState(false);
  const handleClose = () => setShow(false);
  const handleShow = () => setShow(true);

  //Estados durante el reconocimiento
  const [stateRecognitionNumber, setStateRecognitionNumber] = useState(false);
  const [cooldown, setCooldown] = useState(false);
  const [cadena, setCadena] = useState('');
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 21 muestra las variables que se declaran para el uso del canvas que lo utilizamos para poder dibujar los puntos referenciales de la mano, la cual se reconoce con la librería MediaPipe Hand, variables para la cámara, el estado del reconocimiento, la mano dominante (izquierda o derecha), el tiempo de espera para poder reconocer señas de 1 o 2 dígitos, la predicción, la lista de categorías, la carga del slider para los procesos de carga de las páginas o elementos, el modal para los contenedores flotantes y los estados que se utilizarían durante el reconocimiento de las señas.

Figura 22

Listado de las Categorías de las Señas a mostrar

```
useEffect(() => {
  const getAllSignCategory = async () => {
    const response = await axios.get(process.env.REACT_APP_DATABASE_URL +
      `/sign-category/${optionRecognition}`)
    setSign(response.data)
  }
  getAllSignCategory();
}, [optionRecognition])
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 22 muestra el método `useEffect`, el cual realiza un proceso después de haberse renderizado el componente correctamente, aquí usamos una función asíncrona que nos permite traer la lista de categorías de las señas de nuestra base de datos, esto con el uso de API Rest, utilizando la librería de Axios y especificando la ruta de consulta, uniendo nuestra variable de entorno y el nombre de nuestra función en Laravel, los datos obtenidos lo almacenamos en nuestra variable `sign`.

Figura 23

Funciones para el tipo de reconocimiento y la mano dominante

```
function nameStateRecognition(name) {  
  if (name === 'numeros') {  
    return 'Reconocimiento de Números';  
  } else {  
    if (name === 'abecedario') {  
      return 'Reconocimiento del Alfabeto'  
    }  
  }  
}  
  
const dominantHandLeft = () => {  
  setDominantHand('left');  
  window.location.href = process.env.REACT_APP_URL + '/recognition';  
}  
  
const dominantHandRight = () => {  
  setDominantHand('right');  
  window.location.href = process.env.REACT_APP_URL + '/recognition';  
}
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 23 muestra la función para indicar el tipo de reconocimiento a trabajar (Reconocimiento de Números o del Alfabeto), además se muestran dos funciones para almacenar en la memoria local del navegador una variable con la información de la mano dominante (Izquierda o Derecha).

Figura 24

Funciones de los modelos entrenados previamente de la mano derecha (Números y Alfabetos)

```
useEffect(() => {
  let isMounted = true;
  let loadedModel;

  const loadModelNumberRight = async () => {
    try {
      loadedModel = await tf.loadLayersModel("model/modelNumberRight.json?no-cache=" + new Date().getTime());
      const maxRes = await fetch("model/maxValuesNumberRight.json?no-cache=" + new Date().getTime());
      const maxArray = await maxRes.json();
      const maxTensor = tf.tensor1d(maxArray, "float32");

      if (isMounted) {
        setModel(loadedModel);
        setMaxValues(maxTensor);
      }
    } catch (error) {
      console.error("Error al cargar el modelo entrenando de Números de la mano derecha:", error);
      setCelebrating(false);
    }
  };

  const loadModelAlphabetRight = async () => {
    try {
      loadedModel = await tf.loadLayersModel("model/modelAlphabetRight.json?no-cache=" + new Date().getTime());
      const maxRes = await fetch("model/maxValuesAlphabetRight.json?no-cache=" + new Date().getTime());
      const maxArray = await maxRes.json();
      const maxTensor = tf.tensor1d(maxArray, "float32");

      if (isMounted) {
        setModel(loadedModel);
        setMaxValues(maxTensor);
      }
    } catch (error) {
      console.error("Error al cargar el modelo entrenando del Alfabeto de la mano derecha:", error);
      setCelebrating(false);
    }
  };
};
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 24 muestra el método `useEffect`, el cual realiza un proceso después de haberse renderizado el componente correctamente, aquí utilizamos unas funciones asíncronas para cargar los modelos que se usaran para la predicción con la librería `Tensorflow.js`. En esta figura se muestran las funciones para cargar los modelos de los números y del alfabeto de la mano derecha. En cada función asíncrona se definen variables con los modelos y unas constantes con el `maxRes` (máximo valor del modelo) y el `maxTensor` (valor del tensor del modelo) y estos valores los guardamos en las variables `model` y `maxValues`, para su posterior uso en la predicción.

Figura 25

Funciones de los modelos entrenados previamente de la mano izquierda (Números y Alfabetos)

```
const loadModelNumberLeft = async () => {
  try {
    loadedModel = await tf.loadLayersModel("model/modelNumberLeft.json?no-cache=" + new Date().getTime());
    const maxRes = await fetch("model/maxValuesNumberLeft.json?no-cache=" + new Date().getTime());
    const maxArray = await maxRes.json();
    const maxTensor = tf.tensor1d(maxArray, "float32");

    if (isMounted) {
      setModel(loadedModel);
      setMaxValues(maxTensor);
    }
  } catch (error) {
    console.error("Error al cargar el modelo entrenando de Números de la mano izquierda:", error);
    setCelebrating(false);
  }
};

const loadModelAlphabetLeft = async () => {
  try {
    loadedModel = await tf.loadLayersModel("model/modelAlphabetLeft.json?no-cache=" + new Date().getTime());
    const maxRes = await fetch("model/maxValuesAlphabetLeft.json?no-cache=" + new Date().getTime());
    const maxArray = await maxRes.json();
    const maxTensor = tf.tensor1d(maxArray, "float32");

    if (isMounted) {
      setModel(loadedModel);
      setMaxValues(maxTensor);
    }
  } catch (error) {
    console.error("Error al cargar el modelo entrenando del Alfabeto de la mano izquierda:", error);
    setCelebrating(false);
  }
};
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 25 muestra las funciones asíncronas para cargar los modelos que se usaran para la predicción con la librería Tensorflow.js. En esta figura se muestran las funciones para cargar los modelos de los números y del alfabeto de la mano izquierda. En cada función asíncrona se definen variables con los modelos y unas constantes con el maxRes (máximo valor del modelo) y el maxTensor (valor del tensor del modelo) y estos valores los guardamos en las variables model y maxValues, para su posterior uso en la predicción.

Figura 26

Llamado de las funciones de los modelos entrenados previamente y de cierre al momento de desmontar el componente

```

    if (dominantHand === 'right') {
      if (optionRecognition === 'numeros') {
        loadModelNumberRight();
      } else {
        if (optionRecognition === 'abecedario') {
          loadModelAlphabetRight();
        }
      }
    } else {
      if (dominantHand === 'left') {
        if (optionRecognition === 'numeros') {
          loadModelNumberLeft();
        } else {
          if (optionRecognition === 'abecedario') {
            loadModelAlphabetLeft();
          }
        }
      }
    }
  }

  return () => {
    isMounted = false;
    //Liberar el modelo entrenado
    if (loadedModel) {
      loadedModel.dispose();
    }
  };
}, [optionRecognition, dominantHand]);

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 26 muestra unas condicionales, dependiendo del tipo de seña a reconocer (alfabeto o números de la mano derecha o izquierda) se procederán a cargar los modelos entrenados previamente y en el caso que se desmonte el componente se liberarán los modelo, con la finalidad de evitar sobrecargas.

Figura 27

Función reutilizada para predecir la seña a través de los 21 puntos de la mano

```
const predictionHand = useCallback(() => {
  const processHandLandmarks = (varLandmarks) => {
    if (!varLandmarks || varLandmarks.length !== 21 || !model || !maxValues) {
      console.error("Landmarks inválidos.");
      setPrediction("Sin Seña");
      setCelebrating(false);
      return;
    }

    try {
      // Procesar landmarks
      const points = varLandmarks.map(point => [point.x, point.y]);
      const inputTensor = tf.tensor2d([points.flat()], [1, 42], "float32");

      // Normalización
      const normalizedInput = inputTensor.div(maxValues);

      // Predicción
      const predictionTensor = model.predict(normalizedInput);
      predictionTensor.array().then((pred) => {
        const maxProb = Math.max(...pred[0]);
        const predictedClass = pred[0].indexOf(maxProb);

        // Validar umbral
        if (maxProb < 0.6) {
          setPrediction("Sin Seña");
          setCelebrating(false);
        } else {
          setPrediction(predictedClass);
        }
      });
    } catch (error) {
      console.error("Error procesando landmarks:", error);
      setPrediction("Sin Seña");
      setCelebrating(false);
    }
  };

  if (!handValue.current || handValue.current.length !== 21) {
    setPrediction("Sin Seña");
    setCelebrating(false);
    console.error("Landmarks no válidos.");
    return;
  }

  if (model && maxValues) {
    processHandLandmarks(handValue.current);
  } else {
    setPrediction("Sin Seña");
    setCelebrating(false);
    console.error("Faltan datos necesarios para hacer la predicción.");
  }
}, [model, maxValues, handValue]);
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 27 muestra la función useCallback para predecir la seña a través de los 21 puntos de la mano. Primero se validan los valores de las coordenadas normalizadas (varLandmarks), en el caso que no estén los 21 puntos, que no se carguen correctamente el modelo o el maxValues entonces se procederá a guardar en la variable prediction el valor "Sin Seña".

En el caso que los valores sean correctos se continua con el procesamiento de los valores landmarks, convirtiendo las 21 coordenadas "X" y "Y" en un arreglo plano, luego se forma un tensor de tamaño [1,42], porque son los 42 elementos de las coordenadas (21 "X" y 21 "Y"). Luego se divide cada valor del arreglo entre su máximo correspondiente, esto para que los valores estén en la misma escala del entrenamiento.

El modelo devolverá probabilidades y se tendrá que interpretar, indicando la máxima probabilidad y la clase de la predicción. Si el umbral de confianza es mayor al 60% (0.6) entonces se guarda la clase detectada en la variable prediction, caso contrario se guarda el valor "Sin Seña".

Función reutilizada para obtener las coordenadas y dibujar los puntos referenciales de la mano

Figura 28

Variables de las dimensiones de la cámara, dibujo del Canvas y del cuadrante de la zona de reconocimiento de las señas

```
const onResults = useCallback((results) => {
  const videoWidth = webcamRef.current.video.videoWidth;
  const videoHeight = webcamRef.current.video.videoHeight;

  // Agregar dimensiones al canvas
  canvasRef.current.width = videoWidth;
  canvasRef.current.height = videoHeight;

  const canvasElement = canvasRef.current;
  const canvasCtx = canvasElement.getContext("2d");

  canvasCtx.save();
  canvasCtx.clearRect(0, 0, canvasElement.width, canvasElement.height);

  canvasCtx.lineWidth = 0.8;

  ///----- Hand Landmarks -----
  setStateRecognition(true);

  if (results.multiHandLandmarks.length >= 1) {

    //Dimensiones para el cuadrante
    var quadrant_X = canvasElement.width;
    var quadrant_YTop = 0;
    var quadrant_YButton = canvasElement.height;

    if (results.multiHandLandmarks && results.multiHandLandmarks.length > 0) {
      results.multiHandLandmarks.forEach((landmarks, index) => {

        // console.log(landmarks)
        const handLabel = results.multiHandedness[index].label === 'Right' ? 'Left' : 'Right';
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 28 muestra las variables de las dimensiones de la cámara (ancho y alto) y del canvas para dibujar los puntos referenciales de la mano. Cuando existan valores del landmarks se procede a definir las variables del cuadrante de la zona del reconocimiento de las señas. Posterior a ello, cuando existan valores correctos del multiHandLandmarks se procede a iterar dichos valores para poder normalizar las coordenadas.

Figura 29

Normalización de las coordenadas de los 21 puntos referenciales de la mano derecha

```

if (handLabel === "Right" && dominantHand === 'right') {

    //Se procesa las coordenadas X,Y del rightHandLandmarks para dibujar
    var rightHandX = [];
    var rightHandY = [];

    //Normalizado
    var handNormalizedRight = [];

    //Centroide de la palma de la mano derecha.
    var centroidPalmRight = util.calcularCentroide(landmarks);
    var maximumRight = util.maximoXY(landmarks);

    if (landmarks !== undefined) {
        landmarks.map(variable => {
            if (
                (variable.x * canvasElement.width >= 0) &&
                (variable.y * canvasElement.height <= canvasElement.height)
            ) {
                rightHandX.push(parseInt(variable.x * canvasElement.width));
                rightHandY.push(parseInt(variable.y * canvasElement.height));

                handNormalizedRight.push({
                    x: parseFloat((centroidPalmRight.x - variable.x) / maximumRight),
                    y: parseFloat((centroidPalmRight.y - variable.y) / maximumRight),
                });
            }
        });
        return 0;
    });
    handValue.current = handNormalizedRight;
    predictionHand()
} else {
    setPrediction("Sin Señal");
    setCelebrating(false);
}
}

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 29 muestra el proceso para normalizar las coordenadas de los 21 puntos referenciales de la mano derecha. Primero se calcula el centroide de la palma de la mano y el máximo valor de “X” y “Y”. Luego se recorren los valores del landmarks, validando que los valores de las coordenadas en “X” y “Y” se encuentren dentro del cuadrante del reconocimiento, con esto se procede a guardar los valores de “X” (multiplicando por el ancho de la cámara) y los valores de “Y” (multiplicando por el alto de la cámara).

Con estos valores se procede a normalizar las coordenadas, dividiendo entre el máximo valor de la mano derecha la diferencia del centroide con la coordenada de “X” y “Y”. Estos valores normalizados se almacenan en la variable `handValue`, posterior a ello se llama la función `predictionHand` para que se ejecute la predicción con los valores normalizados.

Figura 30

Dibujo del centroide, conectores y de los círculos de las coordenadas normalizadas de los 21 puntos referenciales de la mano derecha

```
if (util.insideQuadrant(rightHandX, rightHandY, quadrant_X, quadrant_YTop, quadrant_YButton)) {

    canvasCtx.beginPath();
    canvasCtx.arc(centroidPalmRight.x * canvasElement.width, centroidPalmRight.y *
        canvasElement.height, 2, 0, Math.PI * 2, true);
    canvasCtx.fill();

    //todo Right
    //! Connectors
    drawConnectors(
        canvasCtx,
        landmarks,
        hands.HAND_CONNECTIONS,
        {
            color: '■#1e6d15',
            lineWidth: 1.5
        });

    //! Circles
    drawLandmarks(
        canvasCtx,
        landmarks,
        {
            color: "transparent",
            fillColor: "■#289b1c",
            radius: 2
        });
}
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 30 muestra la parte del dibujo en el canvas de los puntos referenciales de la mano derecha. Primero se valida que los valores de las coordenadas se encuentren dentro del cuadrante del reconocimiento. Luego se procede a dibujar el centroide de la palma de la mano derecha, el conector de los puntos referenciales y los círculos de los puntos de cada coordenada (X, Y).

Figura 31

Normalización de las coordenadas de los 21 puntos referenciales de la mano izquierda

```

} else if (handLabel === "Left" && dominantHand === 'left') {

    //Se procesa las coordenadas X,Y del leftHandLandmarks
    var leftHandX = [];
    var leftHandY = [];

    //Normalizado
    var handNormalizedLeft = [];

    //Centroide de la palma de la mano izquierda.
    var centroidPalmLeft = util.calcularCentroide(landmarks);
    var maximumLeft = util.maximoXY(landmarks);

    if (landmarks !== undefined) {
        landmarks.map(variable => {
            if (
                (variable.x * canvasElement.width >= 0) &&
                (variable.y * canvasElement.height <= canvasElement.height)
            ) {
                leftHandX.push(parseInt(variable.x * canvasElement.width));
                leftHandY.push(parseInt(variable.y * canvasElement.height));

                handNormalizedLeft.push({
                    x: parseFloat((centroidPalmLeft.x - variable.x) / maximumLeft),
                    y: parseFloat((centroidPalmLeft.y - variable.y) / maximumLeft),
                });
            }
            return 0;
        });

        handValue.current = handNormalizedLeft;
        predictionHand();
    } else {
        setPrediction("Sin Señal");
        setCelebrating(false);
    }
}

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 31 muestra el proceso para normalizar las coordenadas de los 21 puntos referenciales de la mano izquierda. Primero se calcula el centroide de la palma de la mano y el máximo valor de “X” y “Y”. Luego se recorren los valores del landmarks, validando que los valores de las coordenadas en “X” y “Y” se encuentren dentro del cuadrante del reconocimiento, con esto se procede a guardar los valores de “X” (multiplicando por el ancho de la cámara) y los valores de “Y” (multiplicando por el alto de la cámara).

Con estos valores se procede a normalizar las coordenadas, dividiendo entre el máximo valor de la mano izquierda la diferencia del centroide con la coordenada de “X” y “Y”. Estos valores normalizados se almacenan en la variable `handValue`, posterior a ello se llama la función `predictionHand` para que se ejecute la predicción con los valores normalizados.

Figura 32

Dibujo del centroide, conectores y de los círculos de las coordenadas normalizadas de los 21 puntos referenciales de la mano izquierda

```

if (util.insideQuadrant(leftHandX, leftHandY, quadrant_X, quadrant_YTop, quadrant_YButton)) {

    canvasCtx.beginPath();
    canvasCtx.arc(centroidPalmLeft.x * canvasElement.width, centroidPalmLeft.y *
        canvasElement.height, 2, 0, Math.PI * 2, true);
    canvasCtx.fill();

    //todo Left
    //!! Connectors
    drawConnectors(
        canvasCtx,
        landmarks,
        hands.HAND_CONNECTIONS,
        {
            color: '#1f9e92',
            lineWidth: 1.5
        });

    //!! Circles
    drawLandmarks(
        canvasCtx,
        landmarks,
        {
            color: "transparent",
            fillColor: "#18736b",
            radius: 2
        });
    }
}
});
}

} else {
    setPrediction("Sin Señal");
}

}, [drawConnectors, drawLandmarks, dominantHand, predictionHand]);

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 32 muestra la parte del dibujo en el canvas de los puntos referenciales de la mano derecha. Primero se valida que los valores de las coordenadas se encuentren dentro del cuadrante del reconocimiento. Luego se procede a dibujar el centroide de la palma de la mano derecha, el conector de los puntos referenciales y los círculos de los puntos de cada coordenada (X, Y).

Figura 33*Llamado a la librería MediaPipe Hand*

```

useEffect(() => {
  let camera = null;
  const hands = new Hands({
    locateFile: (file) => {
      return `https://cdn.jsdelivr.net/npm/@mediapipe/hands/${file}`;
    },
  });

  hands.setOptions({
    selfieMode: false,
    modelComplexity: 1,
    smoothLandmarks: true,
    minDetectionConfidence: 0.7,
    minTrackingConfidence: 0.7,
    effect: 'background',
  });

  hands.onResults(onResults);

  if (
    typeof webcamRef.current !== "undefined" &&
    webcamRef.current !== null &&
    canvasRef.current !== null
  ) {
    const camera = new cam.Camera(
      webcamRef.current.video, {
        onFrame: async () => {
          await hands.send({
            image: webcamRef.current.video
          });
        },
        width: canvasRef.width,
        height: canvasRef.height,
      });
    camera.start();
    setCamera2(camera);
  }

  return () => {
    if (camera) {
      camera.stop();
    }

    /*Libera recursos al desmontar el componente*/
    hands.close();
  }
}, [onResults]);

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 33 muestra el método useEffect, el cual realiza un proceso después de haberse renderizado el componente correctamente, aquí se llama a la librería MediaPipe Hand, definiendo las opciones del reconocimiento de la librería, el llamado a la función onResult y la parte de habilitar la cámara, en el caso que se desmonte el componente se detiene la cámara con la finalidad de liberar recursos.

Figura 34

Función para detener la cámara

```
const stopCam = () => {
  setStateRecognition(false);

  const stream2 = webcamRef.current?.video?.srcObject;
  if (stream2) {
    stream2.getTracks().forEach(track => track.stop());
  }

  // Verificar si la cámara está activa
  if (camera2) {
    camera2.stop();
  }

  // Detener flujo de la cámara
  if (webcamRef.current && webcamRef.current.stream) {
    const tracks = webcamRef.current.stream.getTracks();
    tracks.forEach((track) => track.stop());
  }

  //WebCam
  let stream = webcamRef.current.stream;
  const tracks = stream.getTracks();

  //Stop WebCam
  tracks.forEach(track => track.stop());
  camera = camera2;

  //Stop Canvas
  camera.stop();

  // Detener posibles referencias colgadas
  if (webcamRef.current?.stream) {
    webcamRef.current.stream.getTracks().forEach(track => track.stop());
  }

  camera = null;
  window.location.href = process.env.REACT_APP_URL + '/recognition-home';
}
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 34 muestra la función para detener la cámara, primero se verifica si la cámara está encendida, de ser el caso se procede a detener, luego se detiene el flujo y las posibles referencias que se pueden quedar colgadas. Posterior a ello se redirecciona al apartado del reconocimiento.

Figura 35

Función para cargar la imagen de la seña reconocida correcta e incorrectamente

```
const recognitionSign = (valor) => {
  if (prediction === null || prediction === "Sin Seña" || prediction === 99) {
    return require(`../Images/Recognition/sinSenia.png`);
  } else {
    if (optionRecognition === 'numeros') {
      return require(`../Images/Recognition/Numbers/Number-${signNumberRecognition(valor)}.png`)
    } else {
      if (optionRecognition === 'abecedario') {
        return require(`../Images/Recognition/Alphabet/Alphabet-${signAlphabetRecognition(valor)}.png`)
      }
    }
  }
}
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 35 muestra la función para cargar la imagen de la seña que se reconoce correctamente. Primero se valida que el valor de la predicción sea un dato correcto, de ser el caso la función devuelve una cadena con la ruta de la imagen en formato PNG, caso contrario se devuelve una cadena con la ruta de una imagen incorrecta.

Figura 36

Manejo de los tiempos entre los reconocimientos de las señas de los números de uno o dos dígitos

```
useEffect(() => {
  if (cooldown) return; // Si está en cooldown, no procesamos nada.

  if (
    prediction !== null &&
    prediction !== "Sin Señal" &&
    prediction !== 99
  ) {
    setCadena(prediction)

    if (stateRecognitionNumber && optionRecognition === 'numeros') {
      setAllPredictions((prev) => {
        const newAllPrediction = [...prev, prediction.toString()];

        setTimeout(() => {
          if (newAllPrediction.length === 2) {
            clearTimeout(timerRef.current);
            timerRef.current = null;

            const cadena = newAllPrediction.join('');
            setCadena(cadena);

            setPrediction(null);
            setAllPredictions([]);

            setCooldown(true); // Activamos cooldown
            setTimeout(() => {
              setCooldown(false);
            }, 3000); // 3 segundo de espera antes de permitir una nueva secuencia
          }
        }, 700);

        return newAllPrediction;
      });
    }
  }, [prediction, cooldown, stateRecognitionNumber, optionRecognition]);
}
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 36 muestra el método `useEffect`, el cual realiza un proceso después de haberse renderizado el componente correctamente, aquí se procesa el manejo de los tiempos entre los reconocimientos de las señas de los números de uno o dos dígitos. Primero se valida que el valor de la predicción sea un dato correcto, este valor se almacena en una variable llamada `cadena`. Luego se recorren todos los valores almacenados de nuestra variable `allPredictions`, dentro usamos la función `setTimeout` y validamos que nuestro arreglo de valores sea igual a 2, de ser el caso limpiamos el `timerRef`, guardamos el valor en nuestra variable `cadena` y volvemos a limpiar el `allPredictions`, activamos el `cooldown` y definimos un tiempo de 3 segundos de espera entre las secuencias.

Figura 37

Limpieza de la variable de los tiempos entre los reconocimientos de las señas de los números

```
useEffect(() => {
  return () => {
    if (timerRef.current) {
      clearTimeout(timerRef.current);
    }
  };
}, []);
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 37 muestra el método `useEffect`, el cual realiza un proceso después de haberse renderizado el componente correctamente, aquí limpiamos el `timerRef` al momento de desmontar el componente.

Figura 38

Función para escoger el reconocimiento de los números de uno o dos dígitos

```
const activeRecognitionDigitos = () => {
  if (stateRecognitionNumber) {
    setStateRecognitionNumber(false)
  } else {
    setStateRecognitionNumber(true)
  }
}
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 38 muestra el método `useEffect`, el cual realiza un proceso después de haberse renderizado el componente correctamente, aquí definimos la función para escoger el reconocimiento de los números de uno o dos dígitos.

Figura 39*Contenedor de carga de la cámara*

```

<div className={stateRecognition === false ? 'recognitionCharging' : 'recognitionReady'}>
  <HashLoader
    color="■ #6da6bb"
    loading={stateRecognition === false ? true : false}
    size={90}
    speedMultiplier={1.5}
    className="chargingHashLoader"
  />
</div>

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 39 muestra el contenedor de carga de la cámara, definiendo el HashLoader para el efecto de carga.

Figura 40*Contenedor de la cámara, canvas y la imagen de la seña correcta*

```

<div className="containerRecognitionWebcamCanvas">
  <div className={stateRecognition === false ?
    "containerWebCamRecognition recognitionWebcamOff" : "containerWebCamRecognition"}>
    <Webcam
      audio={false}
      ref={webcamRef}
      className='recognitionWebcam'
    />
    <canvas
      ref={canvasRef}
      id='output_canva'
      width="640"
      height="480"
      className="recognitionCanvas"
    />
    <div className={stateRecognition === false ?
      "recognitionResultData resultOff" : "recognitionResultData"}>
      <LazyLoadImage
        height="130px"
        className='recognitionResultDataSign'
        src={recognitionSign(parseInt(cadena))}
        alt={'Recognition Sign'}
      />
    </div>
  </div>
</div>

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 40 muestra el contenedor de la cámara, canvas y la imagen de la seña correcta que se carga a través del componente del LazyLoadImage.

Figura 41

Contenedor del Slider para las imágenes de las señas como apoyo visual

```
<Slider {...(window.innerWidth < 600 ? settings : settings2)}>
{
  sign.map(
    signMap =>
      <li key={signMap.Code} className='recognitionLiNeed'>
        <Card className='recognitionNeedCard'>
          <Card.Header className='recognitionNeedHeader'>
            <LazyLoadImage
              height="90px"
              className='recognitionNeedLazy'
              src={"https://drive.google.com/thumbnail?id=" + signMap.UrlImage}
              alt={signMap.Title}
              placeholderSrc={ImgPlaceholderTranslator}
            >
          </LazyLoadImage>
        </Card.Header>

        <Card.Body >
          <Card.Title className='recognitionNeedTitle'>{signMap.Title}</Card.Title>
        </Card.Body>
      </Card>
    </li>
  )
}
</Slider>
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 41 muestra el contenedor del Slider para las imágenes de las señas que se cargan como apoyo visual. Las imágenes se cargan a través del componente LazyLoadImage. Las imágenes se encuentran ubicadas en una carpeta del drive de nuestro correo institucional.

Figura 42*Modal para la selección de la mano dominante*

```

<Modal show={show} onHide={handleClose} className="recognitionModal" centered>
  <Modal.Header closeButton>
    <Modal.Title><h4 className="recognitionModalTitle">¿Cuál es tu mano dominante?</h4></Modal.Title>
  </Modal.Header>

  <Modal.Body>

    <div className="recognitionContainerModalHand">

      <button
        className={dominantHand === "left" ?
          "recognitionModalItemHand recognitionModalItemHandActive" : "recognitionModalItemHand"}
        onClick={dominantHandLeft}
        disabled={dominantHand === "right" ? false : true}
      >
        <LazyLoadImage
          height="150px"
          className='recognitionModallazyloadImg'
          src={ImgHandLeft}
          alt='Mano izquierda'
        >
        </LazyLoadImage>
        <h2 className='recognitionModallazyloadTitle'>Mano Izquierda</h2>
      </button>

      <button
        className={dominantHand === "right" ?
          "recognitionModalItemHand recognitionModalItemHandActive" : "recognitionModalItemHand"}
        onClick={dominantHandRight}
        disabled={dominantHand === "left" ? false : true}
      >
        <LazyLoadImage
          height="150px"
          className='recognitionModallazyloadImg'
          src={ImgHandRight}
          alt='Mano derecha'
        >
        </LazyLoadImage>
        <h2 className='recognitionModallazyloadTitle'>Mano Derecha</h2>
      </button>

    </div>

  </Modal.Body>
</Modal>

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 42 muestra el contenedor del modal para la selección de la mano dominante. Cuando se selecciona una opción se procede a cargar una función específica de la mano dominante. Las imágenes que se muestran se cargan a través del componente LazyLoadImage.

Figura 43*Botón de cierre del Modal*

```

<Modal.Footer>
  <Button variant="danger" onClick={handleClose}>
    Close
  </Button>
</Modal.Footer>
</Modal>

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 43 muestra el contenedor del botón de cierre del modal.

Figura 44*Captura y guardado de las coordenadas para su posterior entrenamiento de la predicción*

```

const capture = () => {
  if (handValue.current) {
    const points = [];
    handValue.current.forEach((pnt) => {
      points.push([pnt.x, pnt.y])
    });
    setHandCapture((prevP) => [...prevP, { inputValue, points }]);
  }
}

const save = () => {
  const blob = new Blob([JSON.stringify(handCapture, null, 2)], {
    type: "application/json",
  });
  const link = document.createElement("a");
  link.href = URL.createObjectURL(blob);
  link.download = "landmarksDataSet.json";
  link.click();
  console.log(handCapture);
}

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 44 muestra las funciones para capturas y guardar las coordenadas que nos servirán para el entrenamiento del modelo de predicción de las señas.

Primero capturamos 20 veces las posiciones de cada seña, trabajando con las coordenadas "X" y "Y" de los 21 puntos referenciales de la mano de cada seña, contemplando: 22 señas del alfabeto de la mano derecha, 22 señas del alfabeto de la mano izquierda, 10 señas de los números del 0 al 9 de la mano izquierda, 10 señas de los números del 0 al 9 de la mano derecha, además de las señas incorrectas del alfabeto y números. Posterior a la captura de las coordenadas, guardamos los valores en un archivo json, este archivo lo utilizaremos para el entrenamiento del modelo.

Entrenamiento del modelo

Figura 45

Definición de las variables para el entrenamiento

```
const [modelNumberLeft, setModelNumberLeft] = useState(null);
const [maxValuesNumberLeft, setMaxValuesNumberLeft] = useState(null);
const [modelNumberRight, setModelNumberRight] = useState(null);
const [maxValuesNumberRight, setMaxValuesNumberRight] = useState(null);
const [modelAlphabetLeft, setModelAlphabetLeft] = useState(null);
const [maxValuesAlphabetLeft, setMaxValuesAlphabetLeft] = useState(null);
const [modelAlphabetRight, setModelAlphabetRight] = useState(null);
const [maxValuesAlphabetRight, setMaxValuesAlphabetRight] = useState(null);
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 45 muestra las variables donde almacenaremos los valores de los modelos y máximos valores de los números y alfabetos de la mano derecha e izquierda.

Figura 46*Entrenamiento del modelo de los números de la mano izquierda*

```

const loadTrainModelNumberLeft = async () => {
  try {
    const responseNumberLeft = await fetch("../model/landmarksDataSet-Number-Left.json");
    const datasetNumberLeft = await responseNumberLeft.json();

    const featuresNumberLeft = datasetNumberLeft.map(item => item.points.flat().map(val => parseFloat(val)));
    const featureTensorNumberLeft = tf.tensor2d(featuresNumberLeft, [featuresNumberLeft.length, 42], "float32");

    const maxValuesTensorNumberLeft = featureTensorNumberLeft.max(0);
    const normalizedFeaturesNumberLeft = featureTensorNumberLeft.div(maxValuesTensorNumberLeft);

    const maxValuesArrayNumberLeft = await maxValuesTensorNumberLeft.array();
    setMaxValuesNumberLeft(tf.tensor1d(maxValuesArrayNumberLeft, "float32"));

    const labelsNumberLeft = datasetNumberLeft.map(item => parseInt(item.inputValue));
    const labelTensorNumberLeft = tf.tensor1d(labelsNumberLeft, "float32");

    const newModelNumberLeft = tf.sequential();
    newModelNumberLeft.add(tf.layers.dense({ inputShape: [42], units: 128, activation: "relu" }));
    newModelNumberLeft.add(tf.layers.dense({ units: 64, activation: "relu" }));
    newModelNumberLeft.add(tf.layers.dense({ units: 296, activation: "softmax" })); // 296 inputs values

    newModelNumberLeft.compile({
      optimizer: "adam",
      loss: "sparseCategoricalCrossentropy",
      metrics: ["accuracy"],
    });

    await newModelNumberLeft.fit(normalizedFeaturesNumberLeft, labelTensorNumberLeft, {
      epochs: 50,
      batchSize: 32,
      validationSplit: 0.2,
    });

    setModelNumberLeft(newModelNumberLeft);
    console.log("Modelo de Números (Izquierda) entrenado");
  } catch (error) {
    console.error("Error cargando/entrenando modelo de Números (Izquierda):", error);
  }
};

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

Figura 47*Entrenamiento del modelo de los números de la mano derecha*

```

const loadTrainModelNumberRight = async () => {
  try {
    const responseNumberRight = await fetch("../model/landmarksDataSet-Number-Right.json");
    const datasetNumberRight = await responseNumberRight.json();

    const featuresNumberRight = datasetNumberRight.map(item => item.points.flat().map(val => parseFloat(val)));
    const featureTensorNumberRight = tf.tensor2d(featuresNumberRight, [featuresNumberRight.length, 42], "float32");

    const maxValuesTensorNumberRight = featureTensorNumberRight.max(0);
    const normalizedFeaturesNumberRight = featureTensorNumberRight.div(maxValuesTensorNumberRight);

    const maxValuesArrayNumberRight = await maxValuesTensorNumberRight.array();
    setMaxValuesNumberRight(tf.tensor1d(maxValuesArrayNumberRight, "float32"));

    const labelsNumberRight = datasetNumberRight.map(item => parseInt(item.inputValue));
    const labelTensorNumberRight = tf.tensor1d(labelsNumberRight, "float32");

    const newModelNumberRight = tf.sequential();
    newModelNumberRight.add(tf.layers.dense({ inputShape: [42], units: 128, activation: "relu" }));
    newModelNumberRight.add(tf.layers.dense({ units: 64, activation: "relu" }));
    newModelNumberRight.add(tf.layers.dense({ units: 286, activation: "softmax" })); // 286 inputs values

    newModelNumberRight.compile({
      optimizer: "adam",
      loss: "sparseCategoricalCrossentropy",
      metrics: ["accuracy"],
    });

    await newModelNumberRight.fit(normalizedFeaturesNumberRight, labelTensorNumberRight, {
      epochs: 50,
      batchSize: 32,
      validationSplit: 0.2,
    });

    setModelNumberRight(newModelNumberRight);
    console.log("Modelo de Números (Derecha) entrenado");
  } catch (error) {
    console.error("Error cargando/entrenando modelo de Números (Derecha):", error);
  }
};

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

Figura 48*Entrenamiento del modelo del alfabeto de la mano izquierda*

```

const loadTrainModelAlphabetLeft = async () => {
  try {
    const responseAlphabetLeft = await fetch("../model/landmarksDataSet-Alphabet-Left.json");
    const datasetAlphabetLeft = await responseAlphabetLeft.json();

    const featuresAlphabetLeft = datasetAlphabetLeft.map(item => item.points.flat().map(val => parseFloat(val)));
    const featureTensorAlphabetLeft = tf.tensor2d(featuresAlphabetLeft, [featuresAlphabetLeft.length, 42], "float32");

    const maxValuesTensorAlphabetLeft = featureTensorAlphabetLeft.max(0);
    const normalizedFeaturesAlphabetLeft = featureTensorAlphabetLeft.div(maxValuesTensorAlphabetLeft);

    const maxValuesArrayAlphabetLeft = await maxValuesTensorAlphabetLeft.array();
    setMaxValuesAlphabetLeft(tf.tensor1d(maxValuesArrayAlphabetLeft, "float32"));

    const labelsAlphabetLeft = datasetAlphabetLeft.map(item => parseInt(item.inputValue));
    const labelTensorAlphabetLeft = tf.tensor1d(labelsAlphabetLeft, "float32");

    const newModelAlphabetLeft = tf.sequential();
    newModelAlphabetLeft.add(tf.layers.dense({ inputShape: [42], units: 128, activation: "relu" }));
    newModelAlphabetLeft.add(tf.layers.dense({ units: 64, activation: "relu" }));
    newModelAlphabetLeft.add(tf.layers.dense({ units: 878, activation: "softmax" })); // inputs values

    newModelAlphabetLeft.compile({
      optimizer: "adam",
      loss: "sparseCategoricalCrossentropy",
      metrics: ["accuracy"],
    });

    await newModelAlphabetLeft.fit(normalizedFeaturesAlphabetLeft, labelTensorAlphabetLeft, {
      epochs: 50,
      batchSize: 32,
      validationSplit: 0.2,
    });

    setModelAlphabetLeft(newModelAlphabetLeft);
    console.log("Modelo de Alfabeto (Izquierda) entrenado");
  } catch (error) {
    console.error("Error cargando/entrenando modelo de Alfabeto (Izquierda):", error);
  }
};

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

Figura 49*Entrenamiento del modelo del alfabeto de la mano derecha*

```

const loadTrainModelAlphabetRight = async () => {
  try {
    const responseAlphabetRight = await fetch("../model/landmarksDataSet-Alphabet-Right.json");
    const datasetAlphabetRight = await responseAlphabetRight.json();

    const featuresAlphabetRight = datasetAlphabetRight.map(item => item.points.flat().map(val => parseFloat(val)));
    const featureTensorAlphabetRight = tf.tensor2d(featuresAlphabetRight, [featuresAlphabetRight.length, 42], "float32");

    const maxValuesTensorAlphabetRight = featureTensorAlphabetRight.max(0);
    const normalizedFeaturesAlphabetRight = featureTensorAlphabetRight.div(maxValuesTensorAlphabetRight);

    const maxValuesArrayAlphabetRight = await maxValuesTensorAlphabetRight.array();
    setMaxValuesAlphabetRight(tf.tensor1d(maxValuesArrayAlphabetRight, "float32"));

    const labelsAlphabetRight = datasetAlphabetRight.map(item => parseInt(item.inputValue));
    const labelTensorAlphabetRight = tf.tensor1d(labelsAlphabetRight, "float32");

    const newModelAlphabetRight = tf.sequential();
    newModelAlphabetRight.add(tf.layers.dense({ inputShape: [42], units: 128, activation: "relu" }));
    newModelAlphabetRight.add(tf.layers.dense({ units: 64, activation: "relu" }));
    newModelAlphabetRight.add(tf.layers.dense({ units: 547, activation: "softmax" })); // inputs values

    newModelAlphabetRight.compile({
      optimizer: "adam",
      loss: "sparseCategoricalCrossentropy",
      metrics: ["accuracy"],
    });

    await newModelAlphabetRight.fit(normalizedFeaturesAlphabetRight, labelTensorAlphabetRight, {
      epochs: 50,
      batchSize: 32,
      validationSplit: 0.2,
    });

    setModelAlphabetRight(newModelAlphabetRight);
    console.log("Modelo de Alfabeto (Derecha) entrenado");
  } catch (error) {
    console.error("Error cargando/entrenando modelo de Alfabeto (Derecha):", error);
  }
};

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

Las figuras 46, 47, 48 y 49 muestran los entrenamientos de los modelos de los números y del alfabeto de la mano derecha e izquierda, este entrenamiento consiste en convertir en números utilizables los valores de las coordenadas de las señas capturadas previamente, obteniendo un arreglo de 42 valores. Luego se crea un tensor, en donde las filas son el número de señas capturadas previamente y las columnas son los 42 valores (21 valores de “X” y 21 valores de “Y”). Posterior a ello, se normalizan los valores, primero se calcula el valor máximo por cada columna y se divide todo entre ese máximo valor, obteniendo valores entre 0 y 1. Además, se preparan etiquetas por cada clase. Luego se crea el modelo neuronal de tensorflow.js y se agregan capas, en donde, la primera capa se crea con 42 valores de entrada, y X neuronas, en donde cada neurona responde con la función “relu” (si el valor es positivo lo deja pasar, caso contrario, retorna 0).

La segunda capa se reduce a 64 neuronas para filtrar lo aprendido. Y en la capa de salida, la cantidad de neuronas se construye a partir de la cantidad de señas capturadas previamente para cada modelo (296 señas de números de la mano izquierda, 286 señas de números de la mano derecha, 878 señas del alfabeto de la mano izquierda y 547 señas del alfabeto de la mano derecha) y se utiliza la función “softmax” para convertir la salida de los valores en probabilidades.

Figura 50

Guardado del modelo entrenado de los números de la mano izquierda

```
const saveModelNumberLeft = async () => {
  if (!modelNumberLeft || !maxValuesNumberLeft) return;
  try {
    await modelNumberLeft.save("downloads://modelNumberLeft");
    const maxArrayNumberLeft = await maxValuesNumberLeft.array();
    const blobNumberLeft = new Blob([JSON.stringify(maxArrayNumberLeft)], { type: "application/json" });
    const urlNumberLeft = URL.createObjectURL(blobNumberLeft);
    const aNumberLeft = document.createElement("a");
    aNumberLeft.href = urlNumberLeft;
    aNumberLeft.download = "maxValuesNumberLeft.json";
    document.body.appendChild(aNumberLeft);
    aNumberLeft.click();
    document.body.removeChild(aNumberLeft);
  } catch (error) {
    console.error("Error al guardar modelo o maxValues (Números Mano Izquierda):", error);
  }
};
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 50 muestra la función asíncrona que permite guardar 02 archivos compilados (maxValues.json y modelo.weights.bin) del modelo de los números de la mano izquierda.

Figura 51

Guardado del modelo entrenado de los números de la mano derecha

```
const saveModelNumberRight = async () => {
  if (!modelNumberRight || !maxValuesNumberRight) return;
  try {
    await modelNumberRight.save("downloads://modelNumberRight");
    const maxArrayNumberRight = await maxValuesNumberRight.array();
    const blobNumberRight = new Blob([JSON.stringify(maxArrayNumberRight)], { type: "application/json" });
    const urlNumberRight = URL.createObjectURL(blobNumberRight);
    const aNumberRight = document.createElement("a");
    aNumberRight.href = urlNumberRight;
    aNumberRight.download = "maxValuesNumberRight.json";
    document.body.appendChild(aNumberRight);
    aNumberRight.click();
    document.body.removeChild(aNumberRight);
  } catch (error) {
    console.error("Error al guardar modelo o maxValues (Números Mano Izquierda):", error);
  }
};
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 51 muestra la función asíncrona que permite guardar 02 archivos compilados (maxValues.json y modelo.weights.bin) del modelo de los números de la mano derecha.

Figura 52

Guardado del modelo entrenado del alfabeto de la mano izquierda

```
const saveModelAlphabetLeft = async () => {
  if (!modelAlphabetLeft || !maxValuesAlphabetLeft) return;
  try {
    await modelAlphabetLeft.save("downloads://modelAlphabetLeft");
    const maxArrayAlphabetLeft = await maxValuesAlphabetLeft.array();
    const blobAlphabetLeft = new Blob([JSON.stringify(maxArrayAlphabetLeft)], { type: "application/json" });
    const urlAlphabetLeft = URL.createObjectURL(blobAlphabetLeft);
    const aAlphabetLeft = document.createElement("a");
    aAlphabetLeft.href = urlAlphabetLeft;
    aAlphabetLeft.download = "maxValuesAlphabetLeft.json";
    document.body.appendChild(aAlphabetLeft);
    aAlphabetLeft.click();
    document.body.removeChild(aAlphabetLeft);
  } catch (error) {
    console.error("Error al guardar modelo o maxValues (Números Mano Izquierda):", error);
  }
};
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 52 muestra la función asíncrona que permite guardar 02 archivos compilados (maxValues.json y modelo.weights.bin) del modelo del alfabeto de la mano izquierda.

Figura 53

Guardado del modelo entrenado del alfabeto de la mano derecha

```
const saveModelAlphabetRight = async () => {
  if (!modelAlphabetRight || !maxValuesAlphabetRight) return;
  try {
    await modelAlphabetRight.save("downloads://modelAlphabetRight");
    const maxArrayAlphabetRight = await maxValuesAlphabetRight.array();
    const blobAlphabetRight = new Blob([JSON.stringify(maxArrayAlphabetRight)], { type: "application/json" });
    const urlAlphabetRight = URL.createObjectURL(blobAlphabetRight);
    const aAlphabetRight = document.createElement("a");
    aAlphabetRight.href = urlAlphabetRight;
    aAlphabetRight.download = "maxValuesAlphabetRight.json";
    document.body.appendChild(aAlphabetRight);
    aAlphabetRight.click();
    document.body.removeChild(aAlphabetRight);
  } catch (error) {
    console.error("Error al guardar modelo o maxValues (Números Mano Izquierda):", error);
  }
};
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 53 muestra la función asíncrona que permite guardar 02 archivos compilados (maxValues.json y modelo.weights.bin) del modelo del alfabeto de la mano derecha.

Modelos de las tablas en Laravel

Figura 54

Modelo de la tabla User

```
class User extends Model
{
    use HasFactory;
    protected $table = 'user';
    protected $fillable = ['Code', 'Name', 'Email', 'Rol', 'Vigente'];
    public $primaryKey = 'Code';
    public $timestamps = false;
}
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 54 muestra el modelo de la tabla User, definiendo los atributos de la tabla y la clave primaria.

Figura 55

Modelo de la tabla Dictionary

```
class Dictionary extends Model
{
    use HasFactory;
    protected $table = 'dictionary';
    protected $fillable = ['Code', 'Country', 'Vigente'];
    public $primaryKey = 'Code';
    public $timestamps = false;
}
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 55 muestra el modelo de la tabla Dictionary, definiendo los atributos de la tabla y la clave primaria.

Figura 56

Modelo de la tabla Category

```
class Category extends Model
{
    use HasFactory;
    protected $table = 'category';
    protected $fillable = ['Code', 'Type', 'UrlImage', 'CodeDictionary', 'Vigente'];
    public $primaryKey = 'Code';
    public $timestamps = false;
}
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 56 muestra el modelo de la tabla Category, definiendo los atributos de la tabla y la clave primaria.

Figura 57

Modelo de la tabla Sign

```
class Sign extends Model
{
    use HasFactory;
    protected $table = 'sign';
    protected $fillable = ['Code', 'Title', 'Description', 'UrlImage', 'CodeCategory', 'Vigente'];
    public $primaryKey = 'Code';
    public $timestamps = false;
}
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 57 muestra el modelo de la tabla Sign, definiendo los atributos de la tabla y la clave primaria.

Figura 58*Modelo de la tabla TypeOperation*

```

class TypeOperation extends Model
{
    use HasFactory;
    protected $table = 'type_operation';
    protected $fillable = ['Code', 'Type', 'UrlImage', 'Vigente'];
    public $primaryKey = 'Code';
    public $timestamps = false;
}

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 58 muestra el modelo de la tabla TypeOperation, definiendo los atributos de la tabla y la clave primaria.

Figura 59*Modelo de la tabla MathematicalOperation*

```

class MathematicalOperation extends Model
{
    use HasFactory;
    protected $table = 'mathematical_operation';
    protected $fillable = ['Code', 'Operation', 'Answer', 'UrlImageOperation', 'CodeTypeOperation', 'Vigente'];
    public $primaryKey = 'Code';
    public $timestamps = false;
}

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 59 muestra el modelo de la tabla MathematicalOperation, definiendo los atributos de la tabla y la clave primaria.

Migración de los modelos de tablas en Laravel

Figura 60

Migración de la tabla User

```
return new class extends Migration
{
    public function up()
    {
        Schema::create('user', function (Blueprint $table) {
            $table->increments('Code');
            $table->string('Name',150)->unique();
            $table->string('Email',100)->unique();
            $table->string('Rol',15);
            $table->boolean('Vigente')->default(true);
        });
    }

    public function down()
    {
        Schema::dropIfExists('user');
    }
};
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 60 muestra la migración de la tabla User, definiendo el tipo de variable de cada atributo, valores por defecto, únicos y la cantidad de caracteres.

Figura 61

Migración de la tabla Dictionary

```
return new class extends Migration
{
    public function up()
    {
        Schema::create('dictionary', function (Blueprint $table) {
            $table->increments('Code');
            $table->string('Country',20);

            $table->integer('CodeUser')->unsigned();
            $table->foreign('CodeUser')->references('Code')->on('user');

            $table->boolean('Vigente')->default(true);
        });
    }

    public function down()
    {
        Schema::dropIfExists('dictionary');
    }
};
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 61 muestra la migración de la tabla Dictionary, definiendo el tipo de variable de cada atributo, valores por defecto y la cantidad de caracteres. Además de la relación de la clave foránea.

Figura 62

Migración de la tabla Category

```
return new class extends Migration
{
    public function up()
    {
        Schema::create('category', function (Blueprint $table) {
            $table->increments('Code');
            $table->string('Type',40);
            $table->string('UrlImage',60);

            $table->integer('CodeDictionary')->unsigned();
            $table->foreign('CodeDictionary')->references('Code')->on('dictionary');

            $table->boolean('Vigente')->default(true);
        });
    }

    public function down()
    {
        Schema::dropIfExists('category');
    }
};
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 62 muestra la migración de la tabla Category, definiendo el tipo de variable de cada atributo, valores por defecto y la cantidad de caracteres. Además de la relación de la clave foránea.

Figura 63*Migración de la tabla Sign*

```
return new class extends Migration
{
    public function up()
    {
        Schema::create('sign', function (Blueprint $table) {
            $table->increments('Code');
            $table->string('Title',40);
            $table->text('Description');
            $table->string('UrlImage',60);

            $table->integer('CodeCategory')->unsigned();
            $table->foreign('CodeCategory')->references('Code')->on('category');

            $table->boolean('Vigente')->default(true);
        });
    }

    public function down()
    {
        Schema::dropIfExists('sign');
    }
};
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 63 muestra la migración de la tabla Sign, definiendo el tipo de variable de cada atributo, valores por defecto y la cantidad de caracteres. Además de la relación de la clave foránea.

Figura 64

Migración de la tabla TypeOperation

```
return new class extends Migration
{
    public function up()
    {
        Schema::create('type_operation', function (Blueprint $table) {
            $table->increments('Code');
            $table->string('Type',40);
            $table->string('UrlImage',60);

            $table->integer('CodeCategory')->unsigned();
            $table->foreign('CodeCategory')->references('Code')->on('category');

            $table->boolean('Vigente')->default(true);
        });
    }

    public function down()
    {
        Schema::dropIfExists('type_operation');
    }
};
```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 64 muestra la migración de la tabla TypeOperation, definiendo el tipo de variable de cada atributo, valores por defecto y la cantidad de caracteres. Además de la relación de la clave foránea.

Figura 65*Migración de la tabla MathematicalOperation*

```

return new class extends Migration
{
    public function up()
    {
        Schema::create('mathematical_operation', function (Blueprint $table) {
            $table->increments('Code');
            $table->string('Operation',20);
            $table->integer('Answer');
            $table->string('UrlImageOperation',60);

            $table->integer('CodeTypeOperation')->unsigned();
            $table->foreign('CodeTypeOperation')->references('Code')->on('type_operation');

            $table->boolean('Vigente')->default(true);
        });
    }

    public function down()
    {
        Schema::dropIfExists('mathematical_operation');
    }
};

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 65 muestra la migración de la tabla MathematicalOperation, definiendo el tipo de variable de cada atributo, valores por defecto y la cantidad de caracteres. Además de la relación de la clave foránea.

Figura 66*Evidencia de la migración de Laravel al servidor Clever Cloud*

```

INFO Preparing database.

Creating migration table ..... 258ms DONE

INFO Running migrations.

2019_12_14_000001_create_personal_access_tokens_table ..... 755ms DONE
create1_users_table ..... 750ms DONE
create2_dictionaries_table ..... 524ms DONE
create3_categories_table ..... 522ms DONE
create4_signs_table ..... 516ms DONE
create5_type_operations_table ..... 524ms DONE
create6_mathematical_operation_table ..... 521ms DONE

```

Nota. Fotografía creada por los investigadores.

La figura 66 muestra el resultado de la migración de las tablas de Laravel al servidor Clever Cloud.

3.4.3.3. Estándares de programación.

- Estilo de escritura Camelcase para mantener una legibilidad y consistencia en la codificación de nuestra aplicación web.
- Comentarios para una mayor claridad y documentación en partes fundamentales de la programación.
- Nombres descriptivos y significativos en variables y funciones.
- Formalizar el manejo de errores en funciones y promesas con Try Catch.

3.4.4. Fase IV: Pruebas

3.4.4.1. Pruebas de validación.

Tabla 41

Validación 01 - Visualizar el contenido de la interfaz del diccionario de la LSP

Prueba de validación	
Código: PV-01	Historia de Usuario: Diccionario de la Lengua de Señas Peruana
Nombre: Visualizar el contenido de la interfaz del diccionario.	
Condición: Acceder al diccionario de la aplicación web desplegada en el siguiente enlace: https://application-lsp.vercel.app/dictionary	
Pasos: 1. Mostrar la interfaz de usuario del diccionario, cargando las categorías de la LSP. 2. Seleccionar la categoría de la LSP que desea visualizar. 3. Mostrar las señas de la categoría seleccionada previamente. 4. Seleccionar la seña que desea visualizar a detalle. 5. Mostrar el contenido (imagen, nombre y descripción) de la seña seleccionada en una ventana emergente.	
Resultado esperado: Se espera que la aplicación web presente satisfactoriamente la interfaz de usuario del diccionario de la LSP, permitiendo al usuario navegar por las diversas categorías de las señas, visualizando las señas respectivas de una categoría y el contenido detallado de una seña en una ventana emergente, teniendo una interfaz accesible, responsiva y amigable.	
Evaluación: Correcto.	

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 42*Validación 02 - Predicción de las señas de los números*

Prueba de validación	
Código: PV-02	Historia de Usuario: Reconocimiento de Señas de los Números
Nombre: Predicción de las señas de los números.	
Condición: Seleccionar la opción de Números en el siguiente enlace: https://application-lsp.vercel.app/recognition-home	
Pasos: 1. Al acceder al apartado de los Números, se debe mostrar una interfaz de carga. 2. Si es la primera vez en ingresar, se solicitará permisos para usar la cámara del dispositivo con la finalidad de capturar las coordenadas de la mano dominante del usuario. 3. Una vez se acepte el permiso de la cámara, se procederá a cargar el modelo entrenado previamente del reconocimiento de los números de la mano dominante. 4. Al finalizar la carga del modelo entrenado se deshabilitará la interfaz de carga. 5. Se debe listar un carrusel de las señas de los números. 6. De necesitar cambiar la mano dominante, hacer clic en la opción “¿Cambiar mano dominante?”, posteriormente aparecerá un contenedor emergente para la selección. Por defecto el botón de la mano dominante activa será la mano derecha y aparecerá bloqueada, al cambiar la selección de la mano dominante se procederá a recargar la página para cargar correctamente el modelo entrenado de las señas de los números. 7. Posicionar la mano dominante de la seña de números dentro del cuadrante de la cámara del dispositivo. 8. La aplicación web procederá a capturar y normalizar las coordenadas de la mano para la predicción. 9. La aplicación web deberá predecir la seña del número realizado por el usuario, en el caso de ser correcta se mostrará una imagen del número, caso contrario, se mostrará una imagen por defecto de la seña incorrecta. 10. Al hacer clic en el botón “detener” se deberá detener la predicción, apagar la cámara y redireccionar a la página principal del reconocimiento.	

Resultado esperado: Se espera que la aplicación web sea capaz de reconocer los puntos referenciales (coordenadas) de la mano del usuario, normalizar las coordenadas y predecir la señal del número realizado.

Evaluación: Correcto.

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 43

Validación 03 - Predicción de las señas del alfabeto

Prueba de validación	
Código: PV-03	Historia de Usuario: Reconocimiento de Señas del Alfabeto
Nombre: Predicción de las señas del Abecedario.	
Condición: Seleccionar la opción de Abecedario en el siguiente enlace: https://application-lsp.vercel.app/recognition-home	
Pasos: 1. Al acceder al apartado del Abecedario, se debe mostrar una interfaz de carga. 2. Si es la primera vez en ingresar, se solicitará permisos para usar la cámara del dispositivo con la finalidad de capturar las coordenadas de la mano dominante del usuario. 3. Una vez se acepte el permiso de la cámara, se procederá a cargar el modelo entrenado previamente del reconocimiento del alfabeto de la mano dominante. 4. Al finalizar la carga del modelo entrenado se deshabilitará la interfaz de carga. 5. Se debe listar un carrusel de las señas del alfabeto. 6. De necesitar cambiar la mano dominante, hacer clic en la opción “¿Cambiar mano dominante?”, posteriormente aparecerá un contenedor emergente para la selección. Por defecto el botón de la mano dominante activa será la mano derecha y aparecerá bloqueada, y al cambiar la selección se procederá a recargar la página para cargar correctamente el modelo entrenado de las señas del alfabeto. 7. Posicionar la mano dominante de la seña del alfabeto dentro del cuadrante de la cámara del dispositivo. 8. La aplicación web procederá a capturar y normalizar las coordenadas de la mano para la predicción.	

9. La aplicación web deberá predecir la seña del alfabeto realizado por el usuario, en el caso de ser correcta se mostrará una imagen del alfabeto, caso contrario, se mostrará una imagen por defecto de la seña incorrecta. 10. Al hacer clic en el botón “detener” se deberá detener la predicción, apagar la cámara y redireccionar a la página principal del reconocimiento.
Resultado esperado: Se espera que la aplicación web sea capaz de reconocer los puntos referenciales (coordenadas) de la mano del usuario, normalizar las coordenadas y predecir la seña del alfabeto realizado.
Evaluación: Correcto.

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 44

Validación 04 - Predicción de las señas de las operaciones matemáticas básicas

Prueba de validación	
Código: PV-04	Historia de Usuario: Reconocimiento de Señas de Operaciones Matemáticas Básicas.
Nombre: Predicción de las señas de las operaciones matemáticas básicas.	
Condición: Seleccionar la opción de Operaciones Matemáticas en el siguiente enlace: https://application-lsp.vercel.app/recognition-home	
Pasos: 1. Al acceder al apartado de Operaciones Matemáticas, se debe mostrar una interfaz de carga. 2. Si es la primera vez en ingresar, se solicitará permisos para usar la cámara del dispositivo con la finalidad de capturar las coordenadas de la mano dominante del usuario. 3. Una vez se acepte el permiso de la cámara, se procederá a cargar el modelo entrenado previamente del reconocimiento de los números de la mano dominante. 4. Al finalizar la carga del modelo entrenado se deshabilitará la interfaz de carga. 5. Se debe cargar una imagen de la operación matemática básica a resolver.	

6. De necesitar cambiar la mano dominante, hacer clic en la opción “¿**Cambiar mano dominante?**”, posteriormente aparecerá un contenedor emergente para la selección. Por defecto el botón de la mano dominante activa será la mano derecha y aparecerá bloqueada, y al cambiar la selección se procederá a recargar la página para cargar correctamente el modelo entrenado de las señas de los números.
7. De necesitar cambiar el tipo de operación matemática básica, hacer clic en la opción “¿**Cambiar operación?**”, posteriormente aparecerá un contenedor emergente para la selección. Por defecto, la operación activa será la suma y aparecerá bloqueada, al cambiar la selección se procederá a cargar la imagen de la operación respectiva.
8. Posicionar la mano dominante de la respuesta de la operación matemática básica (seña del número) dentro del cuadrante de la cámara del dispositivo.
9. La aplicación web procederá a capturar y normalizar las coordenadas de la mano para la predicción.
10. La aplicación web deberá predecir la seña del número realizado por el usuario, en el caso de ser correcto se mostrará una imagen del número, caso contrario, se mostrará una imagen por defecto de la seña incorrecta.
11. La aplicación web validará el resultado, si la seña que realiza el usuario es la respuesta correcta entonces se mostrará un efecto de felicitación y se procederá a cargar de manera aleatoria la siguiente operación matemática básica.
12. Al hacer clic en el botón “detener” se deberá detener la predicción, apagar la cámara y redireccionar a la página principal del reconocimiento.

Resultado esperado: Se espera que la aplicación web sea capaz de reconocer los puntos referenciales (coordenadas) de la mano del usuario, normalizar las coordenadas, predecir la seña del número realizado y validar la respuesta de la operación matemática básica.

Evaluación: Correcto.

Nota. Creado por los investigadores.

Tabla 45

Validación 05 - Visualizar el contenido de la interfaz principal y “Acerca de” de la aplicación web

Prueba de validación	
Código: PV-05	Historia de Usuario: Información de la aplicación web.
Nombre: Visualizar el contenido de la página principal y el apartado “Acerca de”.	
Condición: Acceder a la página principal en el siguiente enlace: https://application-lsp.vercel.app Acceder al apartado “Acerca de” de la aplicación web desplegada en el siguiente enlace: https://application-lsp.vercel.app/about	
Pasos: 1. Mostrar de forma clara el logotipo de la aplicación web en la barra superior de navegación. 2. Mostrar un menú de navegación accesible que permita al usuario desplazarse fácilmente en las diferentes secciones de la aplicación web. 3. Visualizar en la página principal la información de visión, misión y objetivos. 4. Hacer clic en la opción “Acerca de” en la barra superior de navegación. 5. Visualizar la información de la aplicación, el equipo desarrollador y los beneficiarios en el uso de la aplicación web.	
Resultado esperado: Se espera mostrar un diseño responsive y adaptable para los diferentes dispositivos (computadores, tablets y celulares).	
Evaluación: Correcto.	

Nota. Creado por los investigadores.

3.4.4.2. Pruebas reales.

Figura 67

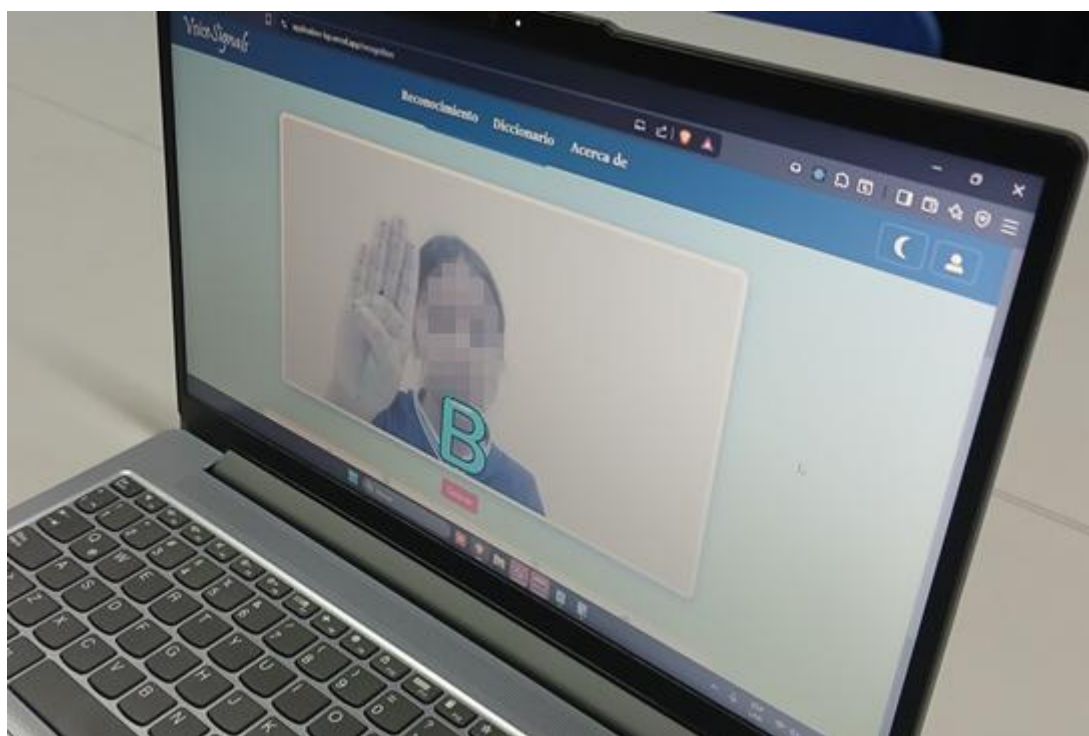
Diccionario de la Lengua de Señas Peruana - Abecedario



Nota. Fotografía creada por los investigadores.

Figura 68

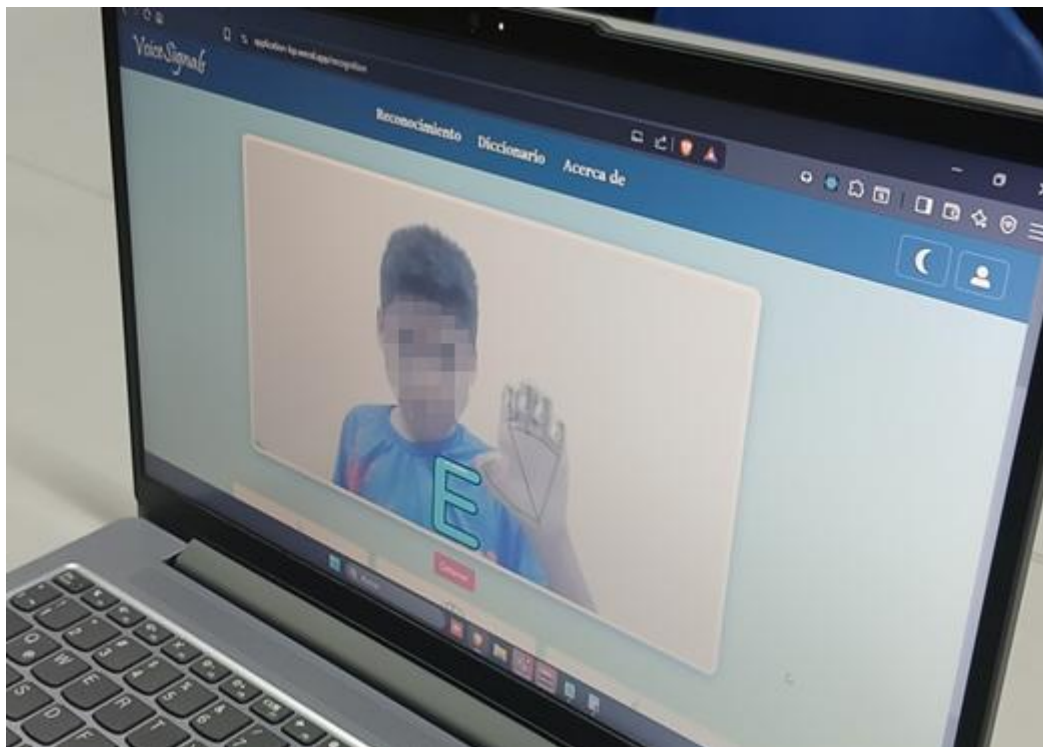
Reconocimiento de la seña de la letra B



Nota. Fotografía creada por los investigadores.

Figura 69

Reconocimiento de la seña de la letra E



Nota. Fotografía creada por los investigadores.

Figura 70

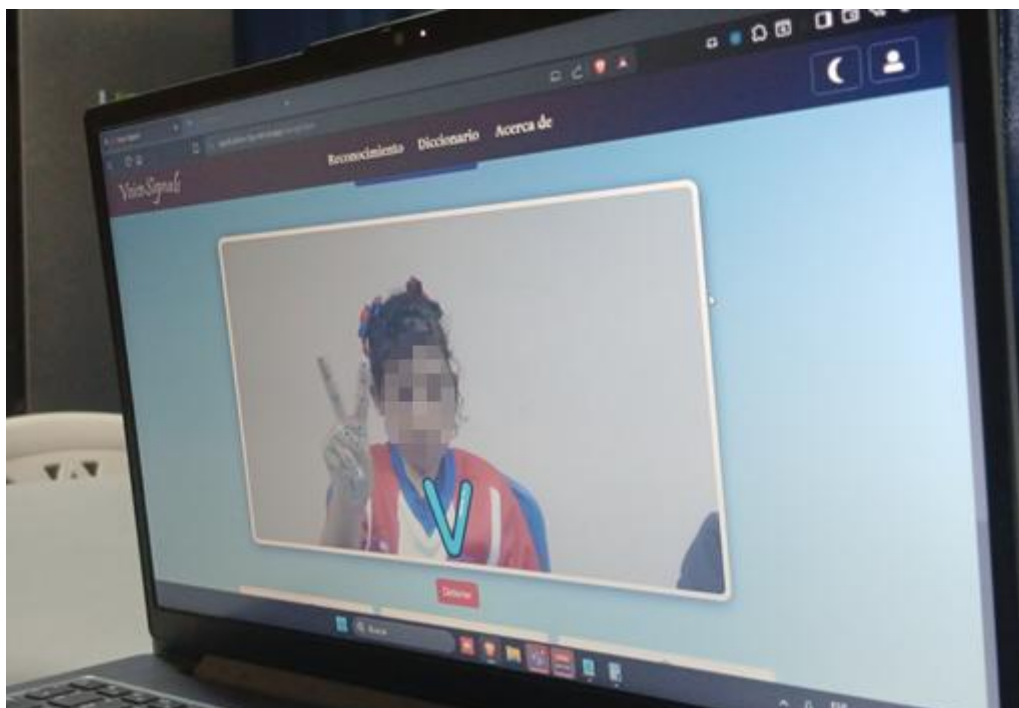
Reconocimiento de la seña de la letra G



Nota. Fotografía creada por los investigadores.

Figura 71

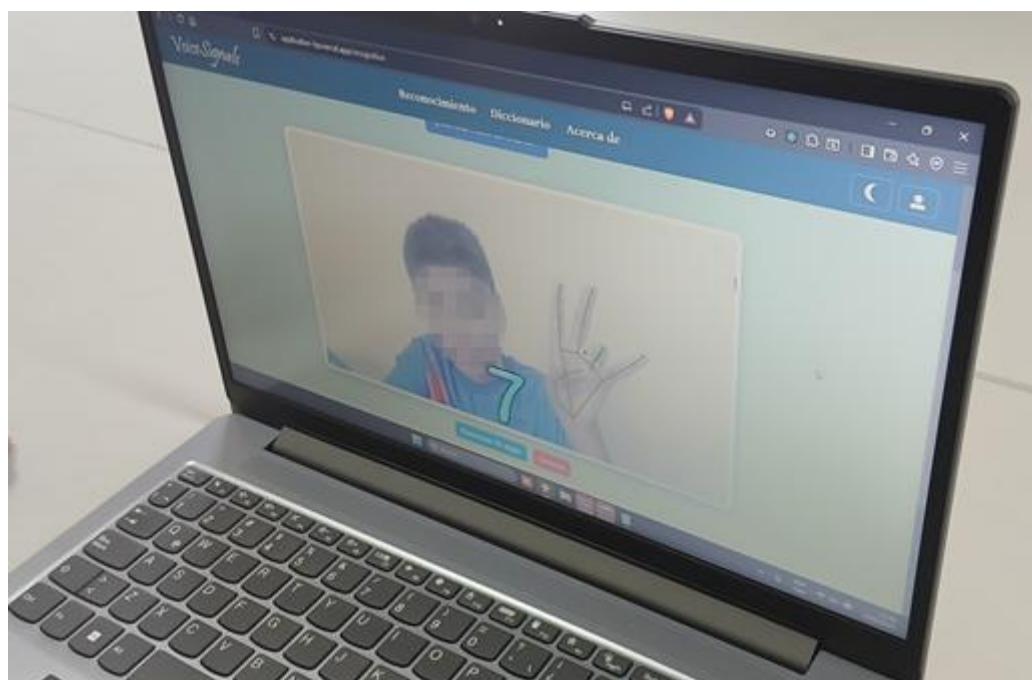
Reconocimiento de la seña de la letra V



Nota. Fotografía creada por los investigadores.

Figura 72

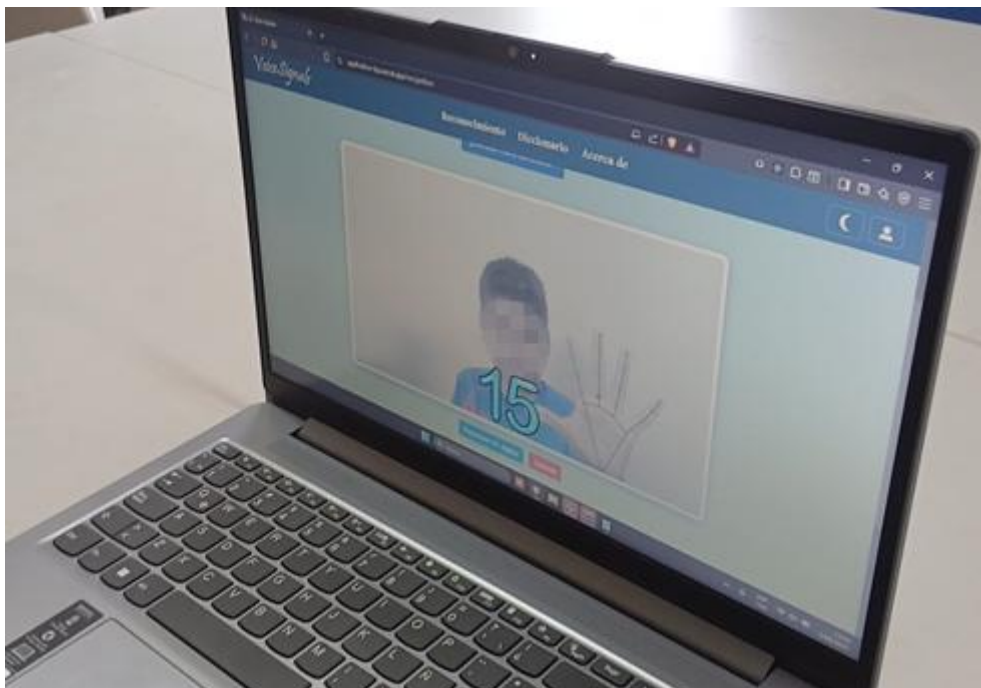
Reconocimiento de la seña del número 7



Nota. Fotografía creada por los investigadores.

Figura 73

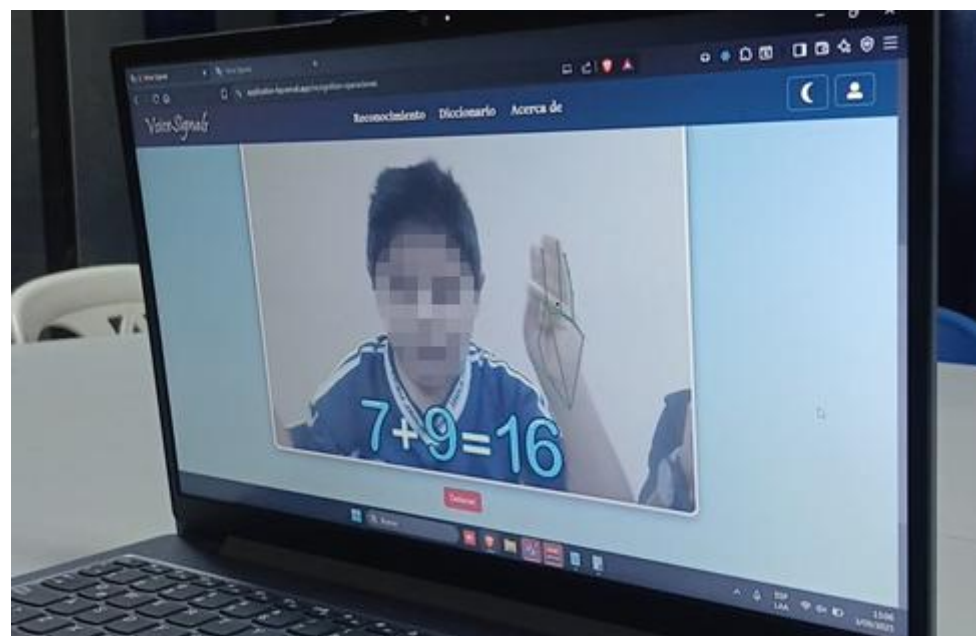
Reconocimiento de la seña del número 15



Nota. Fotografía creada por los investigadores.

Figura 74

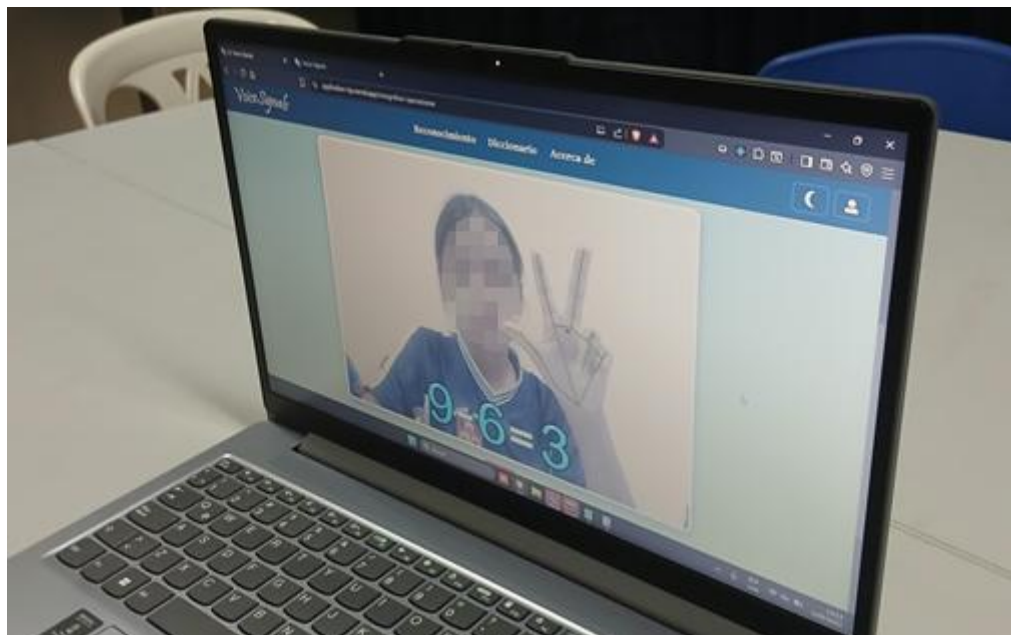
Reconocimiento de operaciones matemáticas básicas de suma



Nota. Fotografía creada por los investigadores.

Figura 75

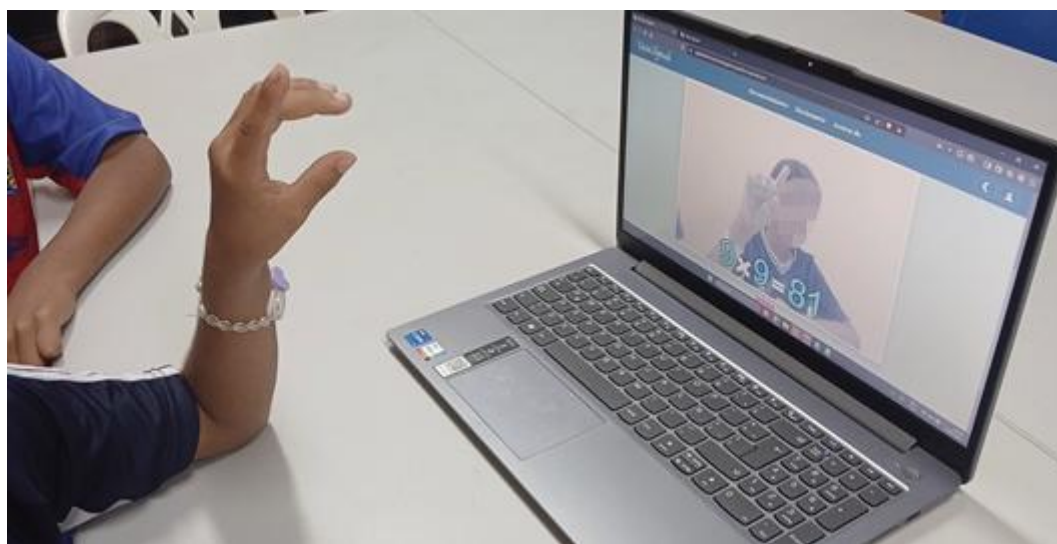
Reconocimiento de operaciones matemáticas básicas de resta



Nota. Fotografía creada por los investigadores.

Figura 76

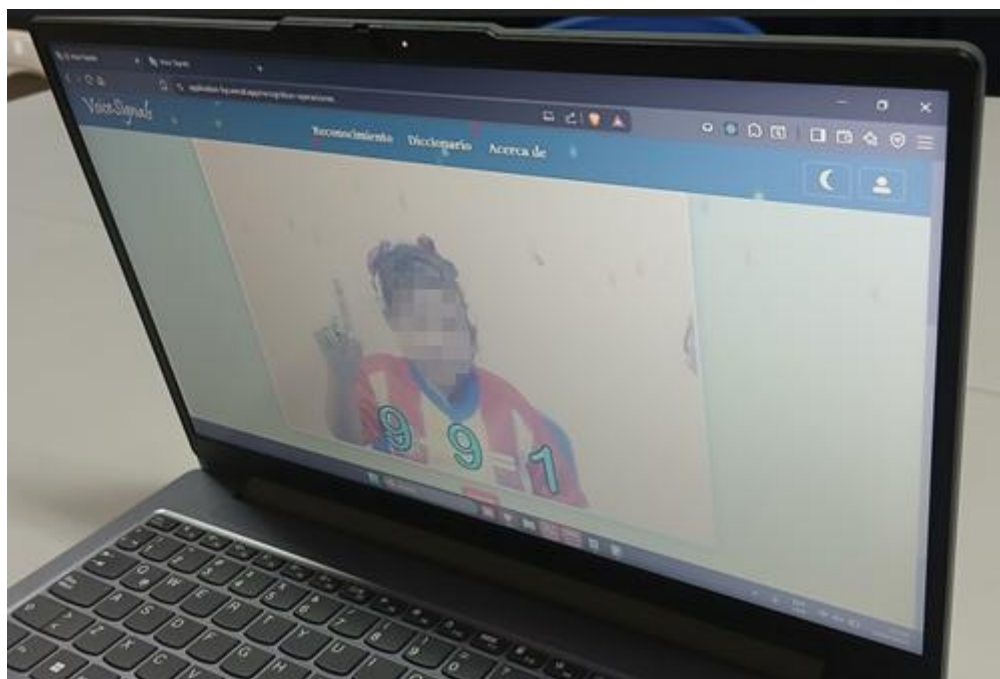
Reconocimiento de operaciones matemáticas básicas de multiplicación



Nota. Fotografía creada por los investigadores.

Figura 77

Reconocimiento de operaciones matemáticas básicas de división



Nota. Fotografía creada por los investigadores.

3.5. Desarrollo del objetivo 5: Evaluar la mejora del aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana al utilizar la aplicación web.

Se procedió a comparar los resultados obtenidos del pretest y postest. Este análisis nos permitió medir el nivel de conocimiento, el tiempo en realizar una seña y la dedicación de los estudiantes al aprendizaje de las señas en los temas de alfabeto, números y operaciones matemáticas básicas. A continuación, se detalla:

- **Aprendizaje del Alfabeto**

Identificamos las señas del alfabeto con mayor dificultad para los estudiantes y analizamos el cambio generado tras la intervención de la aplicación web.

Tabla 46

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cuántas señas del alfabeto sabes realizar?

Alternativas	Datos del Pretest		Datos del Postest	
	N	Porcentaje de casos	N	Porcentaje de casos
¿Sabe realizar la seña de la letra A?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra B?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra C?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra D?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra E?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra F?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra G?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra H?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra I?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra J?	6	85,70%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra K?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra L?	6	85,70%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra M?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra N?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra Ñ?	5	71,40%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra O?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra P?	7	100%	7	100%

Alternativas	Datos del Pretest		Datos del Postest	
	N	Porcentaje de casos	N	Porcentaje de casos
¿Sabe realizar la seña de la letra Q?	6	85,70%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra R?	5	71,40%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra S?	5	71,40%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra T?	6	85,70%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra U?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra V?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra W?	6	85,70%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra X?	3	42,90%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra Y?	5	71,40%	7	100%
¿Sabe realizar la seña de la letra Z?	6	85,70%	7	100%

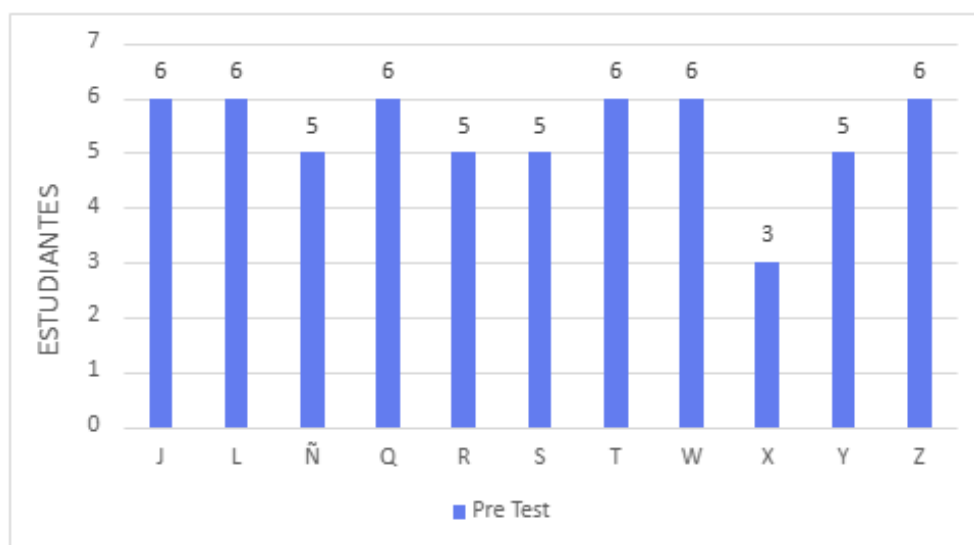
Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 46 muestra la comparación de los cuestionarios, en términos de frecuencias y porcentajes, reflejando el conocimiento de los estudiantes respecto a las señas del alfabeto que saben realizar.

En el pre test, se identificaron dificultades en determinadas letras, evidenciándose que el 57,10% manifestaron que no saben realizar la seña de la letra “X”, el 28,60% no supieron realizar las señas de las letras “Ñ”, “R”, “S”, “Y”, y el 14,30% no supieron realizar las señas de las letras “J”, “L”, “Q”, “T”, “W”, “Z”. Asimismo, tras la intervención con la aplicación web, se observó un cambio significativo respecto a las señas que saben realizar, en donde el 100% si supieron realizar correctamente todas las señas del alfabeto.

Figura 78

Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas señas del alfabeto sabes realizar? del Pre Test

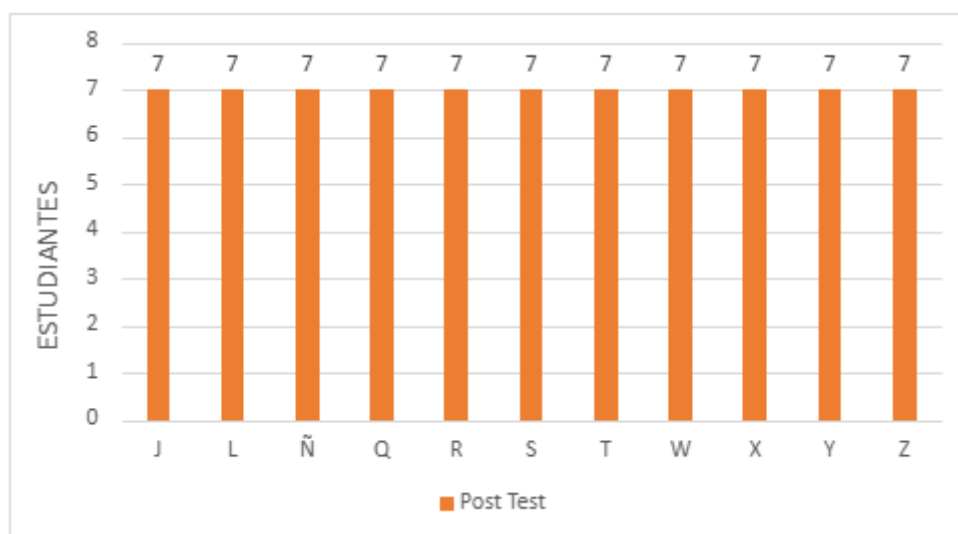


Nota. Creado por los investigadores.

La Figura 78 perteneciente al pretest evidencia que algunas letras presentan menores niveles de ejecución, en este sentido, 6 estudiantes sí saben realizar las señas de las letras “J”, “L”, “Q”, “T”, “W” y “Z”, mientras que 5 estudiantes saben realizar las señas de las letras “Ñ”, “R”, “S” e “Y”. La mayor dificultad se observó en la letra “X”, donde solo 3 estudiantes saben realizar la seña de manera correcta. Esto nos evidencia descensos notorios del conocimiento de algunas letras, mostrando la necesidad de reforzar el aprendizaje del alfabeto en la Lengua de Señas Peruana.

Figura 79

Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas señas del alfabeto sabes realizar? del Post Test



Nota. Creado por los investigadores.

La Figura 79 perteneciente al posttest evidencia una uniformidad en los resultados tras la intervención con la aplicación web, observándose que el 100% de los estudiantes sí saben realizar las señas del alfabeto, a diferencia del pretest, donde se presentaban dificultades en determinadas letras, reflejando de esta manera una mejora significativa tras la intervención.

Identificamos el tiempo de los estudiantes en realizar una seña del alfabeto y analizamos el cambio generado tras la intervención de la aplicación web.

Tabla 47

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tiempo tardas en realizar una seña del alfabeto?

Ítems	Datos del Pretest		Datos del Postest	
	N	Porcentaje de casos	N	Porcentaje de casos
De 2 minutos a más	0	0%	0	0%
1 minuto	0	0%	0	0%
30 segundos	1	14,3%	0	0%
15 segundos	4	57,1%	0	0%
5 segundos	2	28,6%	7	100%
Total	7	100%	7	100%

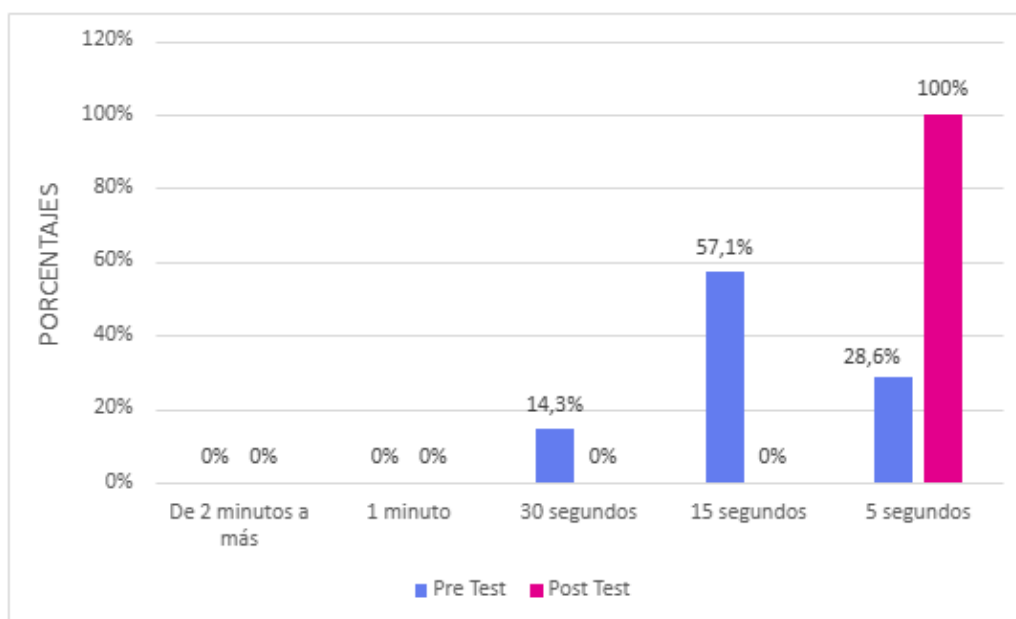
Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 47 muestra la comparación de los cuestionarios, en términos de frecuencias y porcentajes, describiendo el tiempo que tardan los estudiantes en realizar una seña del alfabeto.

En el pretest, el 14,3% de los estudiantes tardan hasta 30 segundos en realizar una seña, el 57,1% lo realiza hasta en 15 segundos y el 28,6% lo realiza hasta en 5 segundos. Estos resultados evidencian que antes de la intervención predominaban tiempos superiores a los 5 segundos, reflejando un nivel de fluidez aún limitada al realizar las señas. Asimismo, tras la intervención con la aplicación web, se observó un cambio significativo en los tiempos, en donde el 100% de los estudiantes se tarda hasta 5 segundos, demostrando un mayor dominio en la rapidez para realizar las señas del alfabeto.

Figura 80

Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Qué tiempo tardas en realizar una seña del alfabeto?



Nota. Creado por los investigadores.

La Figura 80 muestra la comparación del pretest y posttest, evidenciándose que, tras la intervención de la aplicación web, desaparecieron los tiempos de 30 y 15 segundos para realizar una seña, y a su vez, aumentó el porcentaje de los estudiantes que suelen tardar hasta 5 segundos en realizarlas, lo que confirma una mejora significativa en la rapidez para realizar las señas del alfabeto.

Identificamos el tiempo que dedican los estudiantes al aprendizaje de las señas del alfabeto y analizamos el cambio generado tras la intervención de la aplicación web.

Tabla 48

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cuántas horas al día dedicas al aprendizaje de las señas del alfabeto?

Ítems	Datos del Pretest		Datos del Postest	
	N	Porcentaje de casos	N	Porcentaje de casos
30 minutos	0	0 %	0	0%
1 hora	2	28,6%		0%
2 horas	5	71,4%	0	0%
De 3 horas a más	0	0%	3	42,9%
Solo las horas de clase (horas síncronas)	0	0%	4	57,1%
Total	7	100%	7	100%

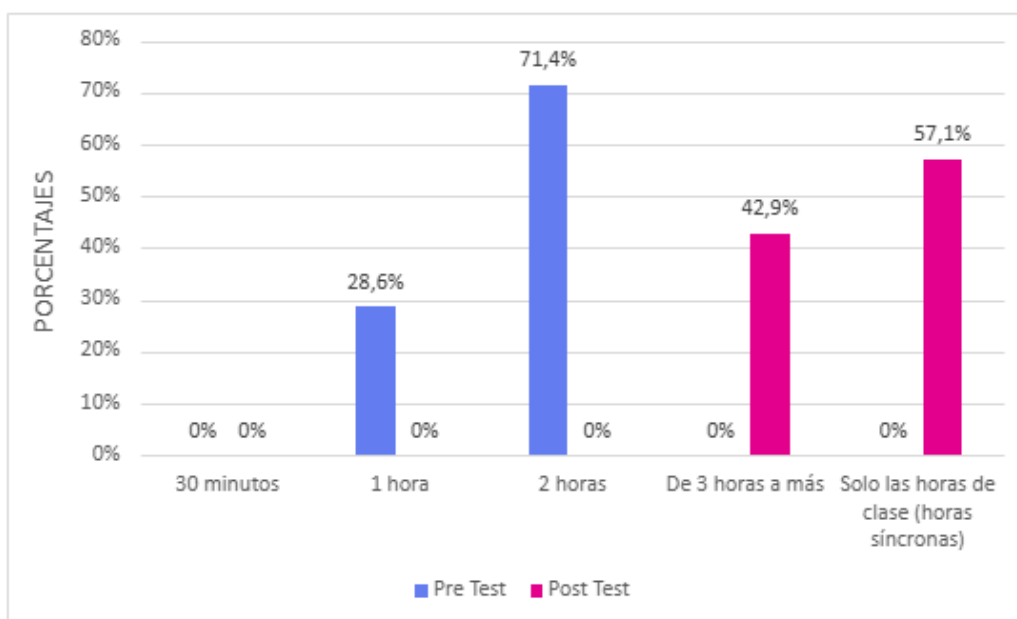
Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 48 muestra la comparación de los cuestionarios, en términos de frecuencias y porcentajes, describiendo la cantidad de horas al día que dedican los estudiantes al aprendizaje de las señas del alfabeto.

En el pre test, el 28,6% de los estudiantes dedicaban hasta 1 hora al día y el 71,4% hasta 2 horas al aprendizaje de las señas del alfabeto, evidenciando una dedicación adicional fuera del horario de clase. Asimismo, tras la intervención con la aplicación web, se observó un cambio significativo en los tiempos que dedican los estudiantes, obteniendo que el 42,9% suele dedicar de 3 horas a más, mientras que el 57,1% solo dedica las horas síncronas de clase, reflejando una variación en la distribución de los tiempos, poniendo en evidencia que el espacio controlado de la intervención en la sala de cómputo adquirió mayor relevancia en el aprendizaje.

Figura 81

Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas horas al día dedicas al aprendizaje de las señas del alfabeto?



Nota. Creado por los investigadores.

La Figura 81 muestra la comparación del pretest y posttest, evidenciándose que, tras la intervención de la aplicación web, desaparecieron los tiempos de 1 hora y 2 horas que dedican al aprendizaje de las señas del alfabeto, y a su vez, aumentaron las proporciones de los estudiantes que suelen dedicar de 3 horas a más y que solo utilizan las horas síncronas de clase.

- **Aprendizaje de los Números**

Identificamos las señas de los números con mayor dificultad para los estudiantes y analizamos el cambio generado tras la intervención de la aplicación web.

Tabla 49

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cuántas señas de los números sabes realizar?

Alternativas	Datos del Pretest		Datos del Postest	
	N	Porcentaje de casos	N	Porcentaje de casos
¿Sabe realizar la seña del número 0?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 1?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 2?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 3?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 4?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 5?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 6?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 7?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 8?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 9?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 10?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 11?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 12?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 13?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 14?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 15?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 16?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 17?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 18?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 19?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 20?	7	100%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 30?	5	71,40%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 40?	6	85,70%	7	100%

Alternativas	Datos del Pretest		Datos del Postest	
	N	Porcentaje de casos	N	Porcentaje de casos
¿Sabe realizar la seña del número 50?	5	71,40%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 60?	5	71,40%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 70?	5	71,40%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 80?	5	71,40%	7	100%
¿Sabe realizar la seña del número 90?	6	85,70%	7	100%

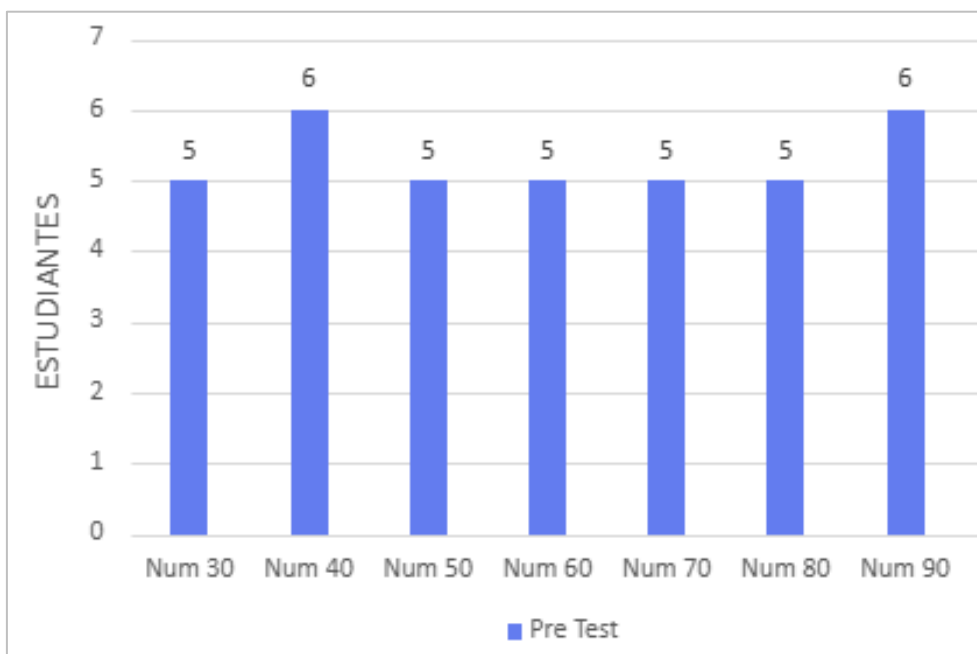
Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 49 muestra la comparación de los cuestionarios, en términos de frecuencias y porcentajes, reflejando el conocimiento de los estudiantes respecto a las señas de los números que saben realizar.

En el pre test, se identificaron dificultades en determinados números, evidenciándose que el 28,60% manifestaron que no saben realizar las señas de los números “30”, “50”, “60”, “70”, “80”, y el 14,30% no supieron realizar las señas de los números “40” y “90”. Asimismo, tras la intervención con la aplicación web, se observó un cambio significativo respecto a las señas que saben realizar, en donde el 100% si supieron realizar correctamente todas las señas de los números.

Figura 82

Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas señas de los números sabes realizar? del Pre Test

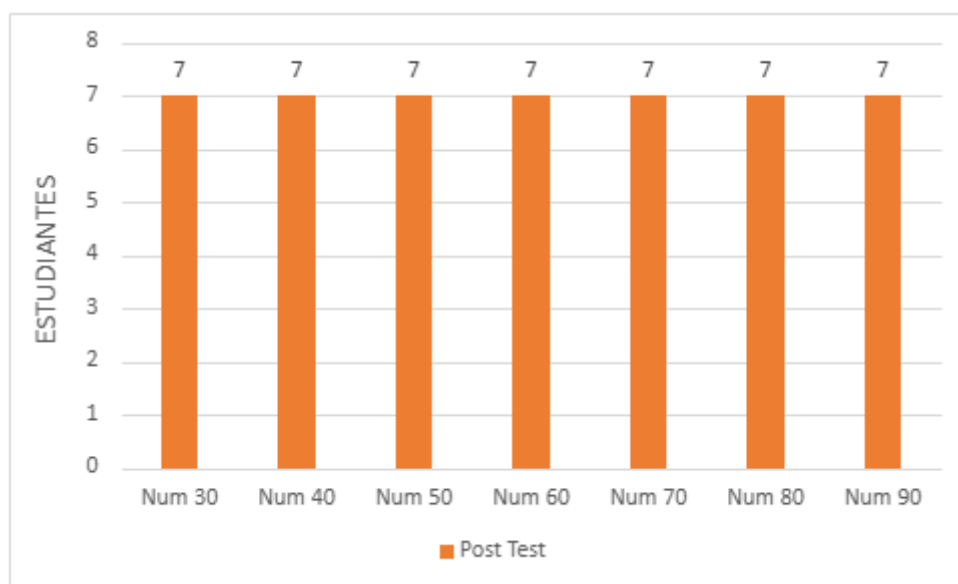


Nota. Creado por los investigadores.

La Figura 82 perteneciente al pretest evidencia que algunos números presentan menores niveles de ejecución, en este sentido, 6 estudiantes saben realizar las señas de los números “40” y “90”, mientras que 5 estudiantes saben realizar las señas de los números “30”, “50”, “60”, “70” y “80”. Esto nos evidencia un pequeño descenso del conocimiento en algunos números, mostrando la necesidad de reforzar el aprendizaje de los números en la Lengua de Señas Peruana.

Figura 83

Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas señas de los números sabes realizar? del Post Test



Nota. Creado por los investigadores.

La Figura 83 perteneciente al posttest evidencia una uniformidad en los resultados tras la intervención con la aplicación web, observándose que el 100% de los estudiantes sí saben realizar las señas de los números, a diferencia del pretest, donde se presentaban dificultades en determinados números, reflejando de esta manera una mejora significativa tras la intervención.

Identificamos el tiempo de los estudiantes en realizar una seña de los números y analizamos el cambio generado tras la intervención de la aplicación web.

Tabla 50

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Qué tiempo tardas en realizar una seña de los números?

Ítems	Datos del Pretest		Datos del Postest	
	N	Porcentaje de casos	N	Porcentaje de casos
De 2 minutos a más	0	0%	0	0%
1 minuto	0	0%	0	0%
30 segundos	0	0%	0	0%
15 segundos	3	42,9%	0	0%
5 segundos	4	57,1%	7	100%
Total	7	100%	7	100%

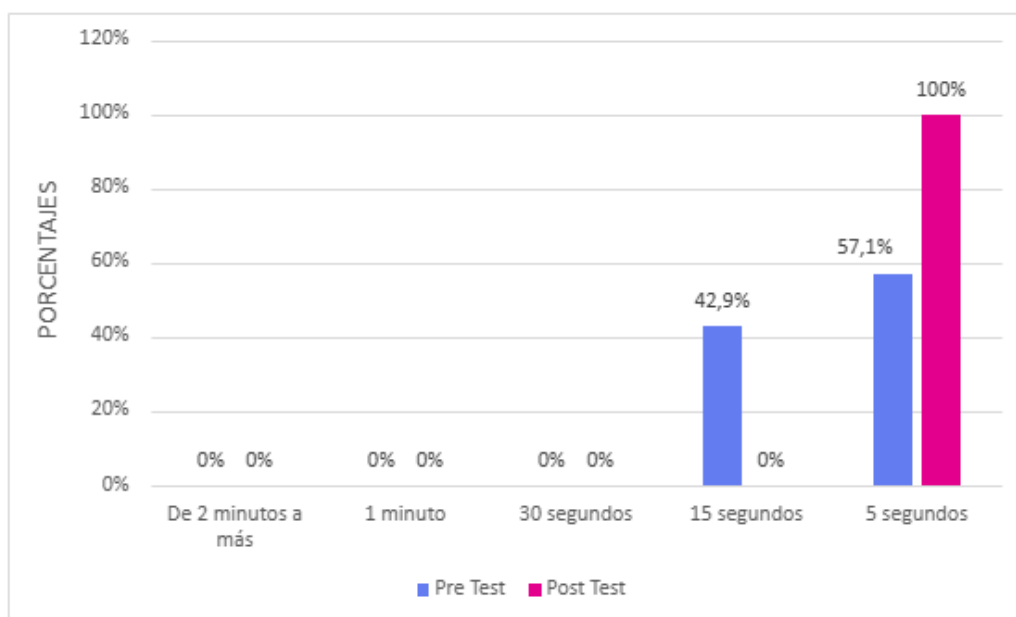
Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 50 muestra la comparación de los cuestionarios, en términos de frecuencias y porcentajes, describiendo el tiempo que tardan los estudiantes en realizar una seña de los números.

En el pre test, el 42,9% de los estudiantes tardan hasta 15 segundos en realizar una seña y el 57,1% lo realiza hasta en 5 segundos. Estos resultados evidencian que antes de la intervención predominaban tiempos superiores y equivalentes a los 5 segundos, reflejando un nivel de fluidez aún limitada en algunos estudiantes al realizar las señas. Asimismo, tras la intervención con la aplicación web, se observó un cambio significativo en los tiempos, en donde el 100% de los estudiantes se tarda hasta 5 segundos, demostrando un mayor dominio en la rapidez para realizar las señas de los números.

Figura 84

Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Qué tiempo tardas en realizar una seña de los números?



Nota. Creado por los investigadores.

La Figura 84 muestra la comparación del pretest y posttest, evidenciándose que, tras la intervención de la aplicación web, desaparecieron los tiempos de 15 segundos para realizar una seña, y a su vez, aumentó el porcentaje de los estudiantes que suelen tardar hasta 5 segundos en realizarlas, lo que confirma una mejora significativa en la rapidez para realizar las señas de los números.

Identificamos el tiempo que dedican los estudiantes al aprendizaje de las señas de los números y analizamos el cambio generado tras la intervención de la aplicación web.

Tabla 51

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cuántas horas al día dedicas al aprendizaje de las señas de los números?

Ítems	Datos del Pretest		Datos del Postest	
	N	Porcentaje de casos	N	Porcentaje de casos
30 minutos	0	0%	0	0%
1 hora	2	28,6%	0	0%
2 horas	4	57,1%	0	0%
De 3 horas a más	1	14,3%	4	57,1%
Solo las horas de clase (horas síncronas)	0	0%	3	42,9%
Total	7	100%	7	100%

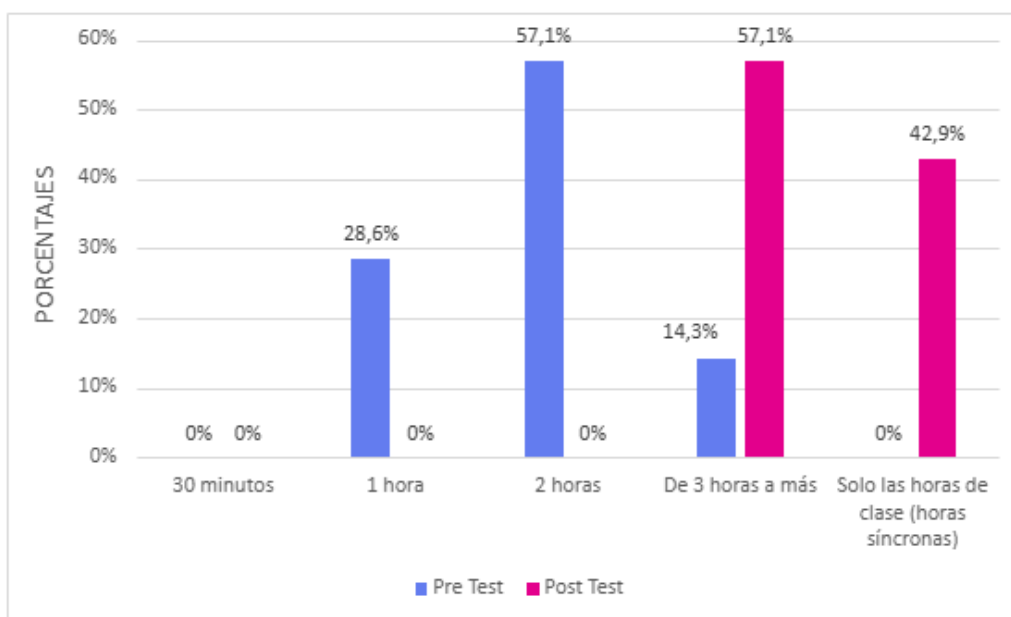
Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 51 muestra la comparación de los cuestionarios, en términos de frecuencias y porcentajes, describiendo la cantidad de horas al día que dedican los estudiantes al aprendizaje de las señas de los números.

En el pre test, el 28,6% de los estudiantes dedicaban hasta 1 hora al día, el 57,1% hasta 2 horas al día y el 14,3% de 3 horas a más al aprendizaje de los números. Asimismo, tras la intervención con la aplicación web, se observó un cambio significativo en los tiempos que dedican los estudiantes al aprendizaje de las señas de los números, obteniendo que el 57,1% suele dedicar de 3 horas a más, mientras que el 42,9% solo dedica las horas síncronas de clase, reflejando una variación en la distribución de los tiempos, poniendo en evidencia que el espacio controlado de la intervención en la sala de cómputo adquirió mayor relevancia en el aprendizaje.

Figura 85

Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas horas al día dedicas al aprendizaje de las señas de los números?



Nota. Creado por los investigadores.

La Figura 85 muestra la comparación del pretest y posttest, evidenciándose que, tras la intervención de la aplicación web, desaparecieron los tiempos de 1 hora y 2 horas que dedican al aprendizaje de las señas de los números, y a su vez, aumentaron las proporciones de los estudiantes que suelen dedicar de 3 horas a más y que solo utilizan las horas síncronas de clase.

- **Aprendizaje de Operaciones Matemáticas Básicas**

Identificamos las operaciones matemáticas básicas con mayor dificultad para los estudiantes y analizamos el cambio generado tras la intervención de la aplicación web.

Tabla 52

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cuántas operaciones matemáticas básicas sabes realizar?

Alternativas	Datos del Pretest		Datos del Postest	
	N	Porcentaje de casos	N	Porcentaje de casos
¿Sabe resolver operaciones de suma?	7	100%	7	100%
¿Sabe resolver operaciones de resta?	7	100%	7	100%
¿Sabe resolver operaciones de multiplicación?	4	57,10%	6	85,70%
¿Sabe resolver operaciones de división?	5	71,40%	6	85,70%

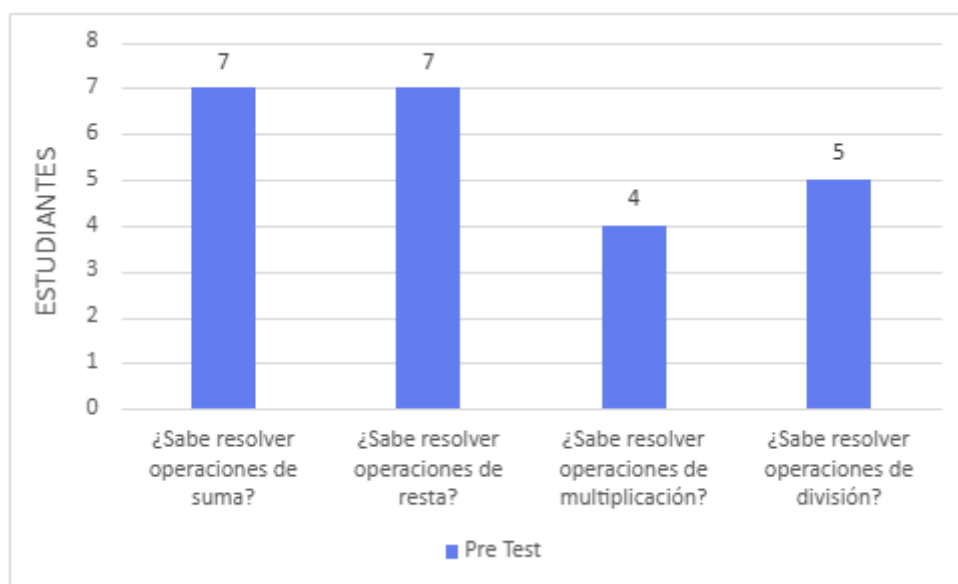
Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 52 muestra la comparación de los cuestionarios, en términos de frecuencias y porcentajes, reflejando el conocimiento de los estudiantes respecto a las operaciones matemáticas básicas que saben realizar.

En el pretest, se identificaron dificultades en determinadas operaciones, evidenciándose que el 42,90% manifestó que no saben resolver operaciones de multiplicación y el 28,60% se les complica resolver operaciones de división. Asimismo, tras la intervención con la aplicación web, se observó un cambio significativo respecto a las operaciones matemáticas básicas que saben realizar, obteniendo en el post test un 85,70% correspondiente a 6 estudiantes que indicaron que si saben resolver operaciones de multiplicación y división.

Figura 86

Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas operaciones matemáticas básicas sabes realizar? del Pre Test



Nota. Creado por los investigadores.

La Figura 86 perteneciente al pretest evidencia que algunas operaciones matemáticas básicas presentan menores niveles de ejecución, en este sentido, 7 estudiantes suelen resolver operaciones de suma y resta, mientras que 4 estudiantes suelen resolver operaciones de multiplicación y 5 estudiantes suelen resolver operaciones de división. Esto nos evidencia un pequeño descenso del conocimiento en las operaciones matemáticas de multiplicación y división, mostrando la necesidad de reforzar el aprendizaje de las operaciones matemáticas en la Lengua de Señas Peruana.

Figura 87

Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas operaciones matemáticas básicas sabes realizar? del Post Test



Nota. Creado por los investigadores.

La Figura 87 perteneciente al posttest evidencia un incremento en los resultados tras la intervención con la aplicación web, observándose que 7 estudiantes manifestaron que, sí saben resolver operaciones de suma y resta, manteniéndose de esta manera una proporción estable. Mientras que en las operaciones de multiplicación y división lograron resolver correctamente 6 estudiantes, lo que significa que la intervención de la aplicación web ayudó a fortalecer el aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas.

Identificamos la frecuencia con la que practican las operaciones matemáticas básicas los estudiantes y analizamos el cambio generado tras la intervención de la aplicación web.

Tabla 53

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Con que frecuencia practicas las operaciones matemáticas en tu casa?

Ítems	Datos del Pretest		Datos del Postest	
	N	Porcentaje de casos	N	Porcentaje de casos
Nunca	0	0%	0	0%
Casi nunca	0	0%	0	0%
Ocasionalmente	3	42,9%	0	0%
Casi todos los días	4	57,1%	3	42,9%
Todos los días	0	0%	4	57,1%
Total	7	100%	7	100%

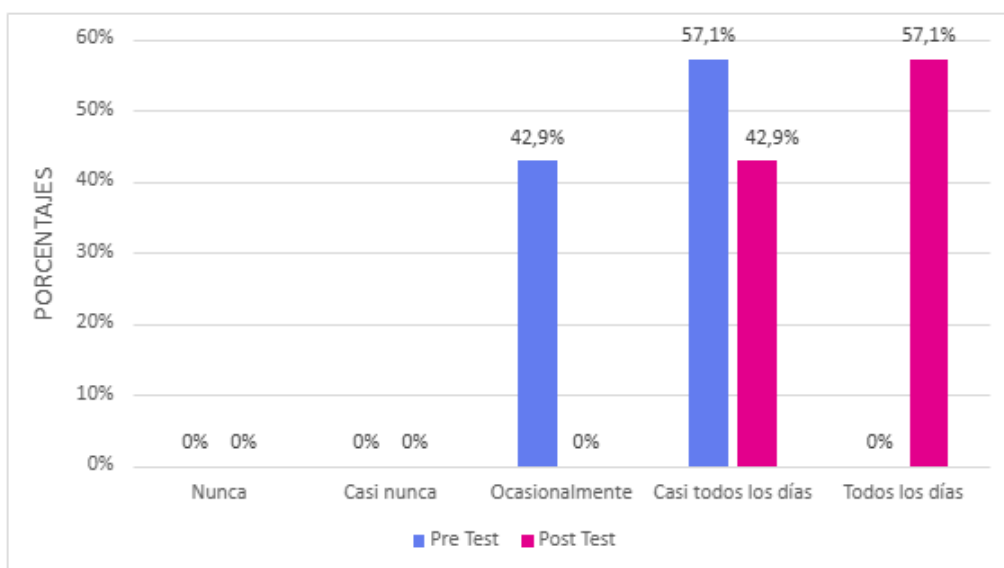
Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 53 muestra la comparación de los cuestionarios, en términos de frecuencias y porcentajes, describiendo la frecuencia de la práctica de las operaciones matemáticas que realiza el estudiante en su casa.

En el pre test, el 42,9% de los estudiantes practican las operaciones matemáticas ocasionalmente y el 57,1% lo práctica casi todos los días. Estos resultados evidencian que antes de la intervención algunos estudiantes no lo practican con regularidad. Asimismo, tras la intervención con la aplicación web, se observó un cambio significativo en la frecuencia de la práctica de las operaciones matemáticas que realiza el estudiante en su casa, obteniendo un 42,9% que lo suele practicar casi todos los días y un 57,1% que lo practica todos los días, demostrando un mayor interés de los estudiantes en las operaciones matemáticas básicas.

Figura 88

Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Con que frecuencia practicas las operaciones matemáticas en tu casa?



Nota. Creado por los investigadores.

La Figura 88 muestra la comparación del pretest y posttest, evidenciándose que, tras la intervención de la aplicación web, desapareció la categoría “Ocasionalmente”, disminuyó la categoría “Casi todos los días” y a su vez, aumentó la proporción de los estudiantes que lo practican “Todos los días”, confirmando una mejora significativa en la práctica de las operaciones matemáticas básicas.

Identificamos el tiempo que dedican los estudiantes al aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas y analizamos el cambio generado tras la intervención de la aplicación web.

Tabla 54

Resultados porcentuales de la pregunta: ¿Cuántas horas al día dedicas al aprendizaje de las operaciones matemáticas?

Ítems	Datos del Pretest		Datos del Postest	
	N	Porcentaje de casos	N	Porcentaje de casos
30 minutos	0	0%	0	0%
1 hora	3	42,9%	0	0%
2 horas	3	42,9%	0	0%
De 3 horas a más	1	14,3%	5	71,4%
Solo las horas de clase (horas síncronas)	0	0%	2	28,6%
Total	7	100%	7	100%

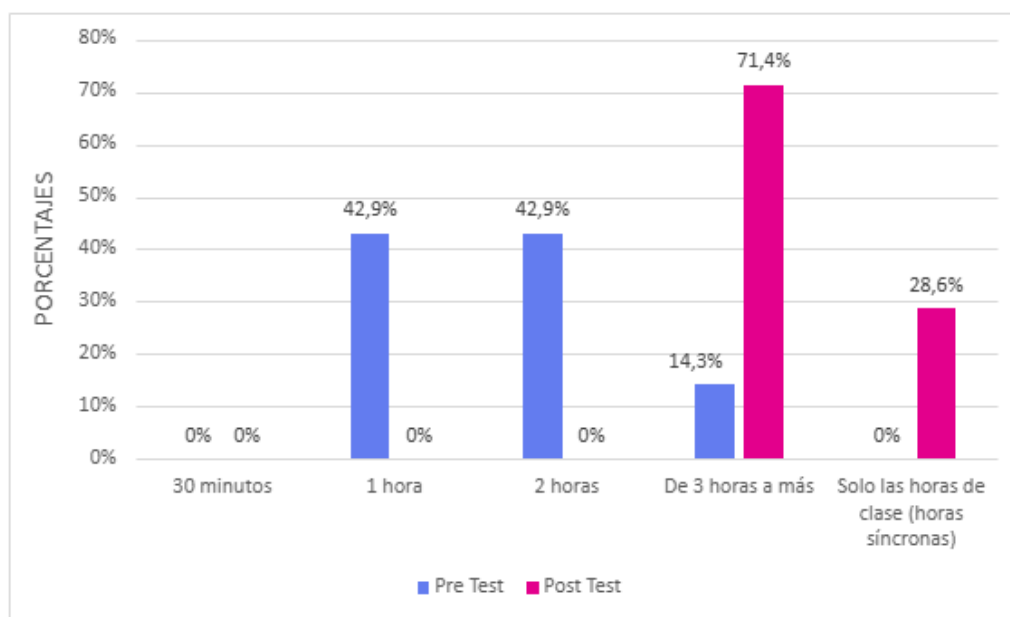
Nota. Creado por los investigadores.

La tabla 54 muestra la comparación de los cuestionarios, en términos de frecuencias y porcentajes, describiendo la cantidad de horas al día que dedican los estudiantes a aprender las operaciones matemáticas básicas.

En el pre test, el 42,9% de los estudiantes dedicaban hasta 1 hora al día, el 42,9% hasta 2 horas al día y el 14,3% de 3 horas a más al aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas. Asimismo, tras la intervención con la aplicación web, se observó un cambio significativo en los tiempos que dedican los estudiantes, obteniendo que el 71,4% suele dedicar de 3 horas a más, mientras que el 28,6% solo dedica las horas síncronas de clase, reflejando una variación en la distribución de los tiempos, poniendo en evidencia que el espacio controlado de la intervención en la sala de cómputo adquirió mayor relevancia en el aprendizaje.

Figura 89

Porcentajes de respuestas de la pregunta: ¿Cuántas horas al día dedicas al aprendizaje de las operaciones matemáticas?



Nota. Creado por los investigadores.

La Figura 89 muestra la comparación del pretest y postest, evidenciándose que, tras la intervención de la aplicación web, desaparecieron los tiempos de 1 hora y 2 horas que dedican al aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas, y a su vez, aumentaron las proporciones de los estudiantes que suelen dedicar de 3 horas a más y que solo utilizan las horas síncronas de clase.

Los resultados obtenidos del alfabeto, números y operaciones matemáticas básicas evidencian una mejora significativa tras la implementación de la aplicación web en el entorno controlado de la sala de cómputo, observando un fortalecimiento en los conocimientos, una mayor fluidez en los tiempos para realizar una seña y los tiempos de dedicación de los estudiantes. Utilizamos la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas en donde el valor de significancia es $0.03125 < 0.05$, rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis de investigación, concluyendo que la aplicación web contribuyó significativamente a la mejora del aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana. Ver Anexo 09.

Estos resultados nos permiten afirmar que la intervención de la aplicación web contribuyó de manera positiva al aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana de los estudiantes, evidencia de ello es la conformidad de culminación de la investigación proporcionada por la institución educativa Karl Weiss de Chiclayo. Ver Anexo 08.

Capítulo IV. Discusión de resultados

La presente investigación trabaja con señas estáticas del alfabeto y se reconocen los números de 1 y 2 dígitos, el reconocimiento de las señas se realiza en tiempo real mediante la cámara del dispositivo, procesando de manera continua las coordenadas detectadas por MediaPipe Hands, además de implementar mejoras técnicas como la corrección del efecto de la cámara, trabajando con un efecto de espejo para una mayor apreciación de las señas, la normalización de las coordenadas para eliminar la dependencia de la posición y el tamaño de la mano y el entrenamiento previo de los modelos de reconocimiento, a diferencia de las investigaciones de Pinzón Bayona y Sanabria Orjuela (2021), Morfín Chávez (2023), Maciel Cataño et al. (2024) y Goyes Díaz y Solórzano Montero (2024), que se centran en el reconocimiento del alfabeto y números de un dígito (0 al 9), mediante herramientas de MediaPipe y clasificadores como SVM y Random Forest, trabajando principalmente con señas estáticas, apoyando su reconocimiento en imágenes previamente capturadas, validando el desempeño del modelo de reconocimiento a través de métricas de precisión, matrices de confusión y análisis de clasificación de las señas. Asimismo, el alcance del reconocimiento de nuestra investigación también abarca la integración de operaciones matemáticas básicas (suma, resta, multiplicación y división), evaluando el impacto del aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana mediante un diseño pre experimental con una aplicación de pretest y postest.

Por otra parte, nuestra investigación no solo implementa el reconocimiento de las señas y se centran en la funcionalidad y operatividad como herramienta práctica del aprendizaje como lo definen las investigaciones de Andrade Guaraca (2022) quién diseñó un sistema traductor basado en inteligencia artificial, y Bravo Mosquera et al. (2024) quién desarrollo una aplicación móvil orientada al aprendizaje y traducción del alfabeto dactilológico colombiano, sino que además de estos puntos importantes, nuestra investigación incorpora un diccionario digital de las categorías: abecedario, números, relaciones familiares y personales, cuerpo humano, primeros auxilios, alimentos, frutas y verduras, que complementan el proceso de aprendizaje, ofreciendo un recurso visual para el reforzamiento del estudio.

En la parte metodológica, la presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, implementando un diseño pre experimental con la aplicación de pretest y postest para la medición directa del aprendizaje de los estudiantes, estos puntos guardan relación con las investigaciones de Cieza Belisario (2022), Collque López et al. (2023) y Vega Calero (2023) que evidencian un creciente interés por incorporar herramientas tecnológicas para fortalecer la enseñanza de la Lengua de Señas Peruana, las cuales se desarrollan bajo un enfoque

cuantitativo, empleando diseños no experimentales como en el caso de Cieza y en otros un diseño pre experimental para medir variables a través de pretest y posttest, en donde estas investigaciones miden la mejora en tiempo promedio y el rendimiento de interpretación. Es importante recalcar que nuestra investigación no se limita a validar la utilidad de la aplicación web, sino que evalúa el aprendizaje en contenidos concretos como el alfabeto, números y operaciones matemáticas básicas de la Lengua de Señas Peruana, manteniendo una interacción dinámica y directa en el aprendizaje, evidenciándose una mejora de hasta 5 segundos en realizar una seña, un aumento de las señas del alfabeto y números que saben realizar y un incremento de hasta 85,7% de las operaciones de multiplicación y división que saben desarrollar los estudiantes.

En este sentido, la presente investigación también enmarca el desarrollo en incorporar herramientas tecnológicas basadas en inteligencia artificial y modelos de aprendizaje automático para el reconocimiento de las señas, prueba de ello es el uso de la librería MediaPipe Hand para reconocer las coordenadas de las señas y Tensorflow.js para la predicción del reconocimiento, pero amplía su alcance al integrar el reconocimiento en tiempo real, con una propuesta pedagógica que contempla el alfabeto, números y operaciones matemáticas básicas dentro de un entorno interactivo con el estudiante. Asimismo, el empleo de un enfoque cuantitativo bajo el diseño pre experimental al utilizar un pretest y posttest, permitió además de validar la funcionalidad de la aplicación web, medir el aprendizaje y el desempeño de los estudiantes, demostrando de esta manera que el aporte no se centra únicamente en el rendimiento del modelo de reconocimiento sino en la aplicación web como una herramienta formativa que fortalece el aprendizaje en los estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario.

Capítulo V. Conclusiones

- Se concluye que las metodologías empleadas en la enseñanza de la Lengua de Señas Peruana en el nivel primario del colegio Karl Weiss de Chiclayo presentan un enfoque tradicional basado en la demostración y la práctica repetitiva de las señas, con una escasa incorporación de recursos tecnológicos inclusivos, lo que restringe el aprendizaje autónomo y el desarrollo de competencias comunicativas, evidenciando la necesidad de recursos tecnológicos que complementen el proceso de aprendizaje en los estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario.
- Respecto a la identificación de los temas con mayor dificultad, se determinó que los contenidos de los números de dos dígitos y las operaciones matemáticas básicas, especialmente la multiplicación y división, presentan mayor dificultad de aprendizaje en la Lengua de Señas Peruana en los estudiantes, en comparación con el alfabeto, lo que justifica la prioridad del desarrollo en el aprendizaje de los números en la aplicación web.
- En cuanto a la selección de herramientas tecnológicas, se concluye que el uso de JavaScript y MediaPipe Hand permitieron integrar algoritmos de reconocimiento a través de la cámara del dispositivo, los cuales sirvieron para el desarrollo en las bases del reconocimiento de los 21 puntos referenciales de la mano, normalizando las coordenadas, eliminando la dependencia de la posición y tamaño de la mano, y Tensorflow.js para la predicción de las señas a través de los modelos entrenados previamente, permitiendo de esta manera el reconocimiento continuo de las señas.
- Respecto a la aplicación de la metodología de desarrollo, se concluye que la metodología XP permitió desarrollar de manera organizada la aplicación web, esto debido a la planificación de iteraciones, definición de historias de usuario y la fase de pruebas, facilitando la detección oportuna de errores y su funcionalidad en el reconocimiento de la Lengua de Señas Peruana.

- En relación con la evaluación de la mejora del aprendizaje, se concluye que la aplicación web contribuyó de manera significativa a la mejora del aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana en los estudiantes del nivel primario, evidenciándose que el 100% lograron realizar correctamente las señas del alfabeto y números, mientras que el 85,70% ejecutan las operaciones matemáticas básicas de manera correcta. Asimismo, todos los estudiantes realizan las señas en un tiempo máximo de 5 segundos, lo que refleja mayor fluidez al momento de realizarlas, y se aumentó el compromiso de los estudiantes, observándose una dedicación de horas adicionales fuera del horario síncrono y una práctica frecuente en las operaciones matemáticas básicas, incrementándose el interés por el aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana.

Capítulo VI. Recomendaciones

- Se recomienda fortalecer la capacitación docente en metodologías inclusivas y promover la incorporación de herramientas tecnológicas que favorezcan el aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana, complementando de esta forma las estrategias tradicionales y mejorando el rendimiento académico y la motivación estudiantil.
- Se recomienda implementar la aplicación web en otras instituciones educativas inclusivas del nivel primario, con la finalidad de mejorar y ampliar el impacto en el aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana.
- Para optimizar el reconocimiento de las señas, se recomienda escoger un ambiente con buena iluminación, con la finalidad de obtener una buena presión de los puntos referenciales de la mano reconocida y del modelo entrenado previamente.
- Asimismo, se sugiere que el estudiante se ubique centrado y al frente de la cámara de la computadora o laptop para reconocer correctamente la seña a través de la aplicación web, además de mantener una distancia prudente en la cual la mano dominante (izquierda o derecha) del estudiante debe situarse dentro del cuadrante de la zona de reconocimiento.
- Se recomienda a los futuros investigadores aumentar las señas a reconocer empleando el movimiento corporal de la mano dominante o una parte del cuerpo humano en las distintas señas que ejercen un movimiento para su realización.
- Finalmente se sugiere a la institución educativa Karl Weiss de la provincia de Chiclayo realizar capacitaciones de la aplicación web, detallando el propósito de ampliar el aprendizaje de la LSP en los estudiantes de básica regular del nivel primario.

Referencias

- Acosta Tomaylla, J. P. A. (2020). *Sistema web basado en Laravel para el proceso logístico en la empresa IMESH S.A.C* [Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55204>
- Alan Neill, D., y Cortez Suárez, L. (2018). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica* (1.^a ed.). UTMACH.
<https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14232/1/Cap.4-Investigaci%C3%B3n%20cuantitativa%20y%20cualitativa.pdf>
- Álvarez, M. A. (2019, febrero 25). *Qué es React. Por qué usar React*. DesarrolloWeb.com.
<https://desarrolloweb.com/articulos/que-es-react-motivos-uso.html>
- Andrade Guaraca, V. E. (2022). *Diseño e Implementación de un Sistema Traductor de Lengua de Señas Mediante Inteligencia Artificial para Personas con Discapacidad Auditiva* [Universidad Nacional de Chimborazo].
http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/8817/1/-Proyecto%20de%20investigacion_Valeria%20Andrade%20%281%29.pdf
- Asencios Rodríguez, Y., y Gómez Culquichicón, C. (2018). *Traductor Móvil HANDAPP para Mejorar la Comunicación de Señas en Personas con Discapacidad Auditiva del CEBE Santo Toribio, Trujillo 2018* [Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32335>
- Bustamante Dayana y Rodríguez Jean C. (2014). *Metodología Actual Metodología XP*.
<https://luismejias21.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/03/metodologia-xp.pdf>
- Babativa Novoa, C. A. (2017). *Investigacion Cuantitativa*.
<https://digitk.areandina.edu.co/server/api/core/bitstreams/30b26254-a8d2-4cd6-b44f-e107d90d3e6f/content>
- Bermúdez Alejo, D., y Cateriano Ulloa, E. G. (2016). *Efectos de la Discapacidad Auditiva en la Dinámica Familiar de los Estudiantes del Centro de Educación Básica Especial Polivalente, Arequipa – 2016* [Universidad Nacional de San Agustín].
<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6a272c09-df52-4ce9-9193-a2e1e5853974/content>
- Bravo Mosquera, C. F., Silva Joaqui, M. F., Márceles Villalba, K., y Amador Donado, S. (2024). *SINSEÑAS: Aplicacion móvil para el aprendizaje y traducción del lenguaje*

- de señas colombiano. *Ingeniería y Competitividad*, 26(1), Article 1.
<https://doi.org/10.25100/iyc.v26i1.12815>
- Bobadilla, J. (2021). *Machine Learning y Deep Learning: Usando Python, Scikit y Keras*. Ediciones de la U.
- Cacha Chávez, A. P., y Reyes Mogollón, D. (2021). *Uso de la Tecnología (Tic 's) para la Comunicación en Niños con Discapacidad Auditiva en Aulas Inclusivas* [Universidad Femenina del Sagrado Corazón].
https://repositorio.unife.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.11955/839/Cacha%20Ch%c3%a1vez%2c%20Aracely%20Pamela%3b%20Reyes%20Mogoll%c3%b3n%2c%20Daniela_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cadavid, A. N., Fernández Martínez, J. D., & Morales Vélez, J. (s. f.). Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software. Recuperado 16 de enero de 2025, de <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250736004.pdf>
- Camacho, D. (2021). *Qué es GitHub y cómo usarlo para aprovechar sus beneficios*. Platzi.
<https://platzi.com/blog/que-es-github-como-funciona/>
- Chojrin, M. (2019, abril). *Qué es una API REST (RESTful): Cuáles son sus principios-Platzi*. Platzi. <https://platzi.com/clases/1638-api-rest/21611-que-significa-rest-y-que-es-una-api-restful/>
- Cieza Belisario, C. D. (2022). *Desarrollo de una Aplicación Móvil de Interpretación de Lenguaje de Señas (LSP) a Texto Utilizando la Inteligencia Artificial para el Colegio Tres Olivos*. 2022 [Universidad César Vallejo].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/120908/Cieza_BCD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Collque López, F. A., Huaman Bedoya, E. D., y Ramos Quispe, A. J. (2023). *SISTRAD y los Sistemas de Traducción de Lengua de Señas: Una Propuesta Alternativa para la Inclusión* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5e282d31-5cb8-4ed2-997c-a4a3661b4145/content>
- Estrada Guzmán, W. E. (2020). *Sistema web basado en un Framework Laravel para el proceso de gestión de proyectos en la empresa Geias Consultores S.A.C.* [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53635>

- Farroñan Carranza, A. B. (2021). *Aplicación Móvil para la Práctica de la Lengua de Señas Peruana en los Aspectos de Alfabeto, Números y Relaciones Familiares y Personales del Vocabulario Básico en la Asociación de Sordos de Lambayeque en el Año 2020* [Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].
https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3375/1/TL_Farro%c3%b1anCarranzaAnthony.pdf
- Goyes Díaz, A. M., y Solórzano Montero, B. A. (2024). *Desarrollo de una Aplicación Web para Reconocimiento de Lengua de Señas sin Movimiento Usando Inteligencia Artificial* [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/37631/1/T-ESPESD-003348.pdf>
- Guardado Osuna, J. O. (2017). *Desarrollo de aplicaciones web con Node.js* [Universidad Politécnica de Sinaloa Ingeniería en Informática].
<http://repositorio.upsin.edu.mx/formatos/Tesina.23405.pdf>
- Gómez, J. (2022, setiembre 26). *¿Qué es Git? Descubre la herramienta de control de versiones más popular*. TokioSchool. <https://www.tokioschool.com/noticias/que-es-git/>
- Hernández, C., Pulido, J., & Arias, J. (s. f.). Las tecnologías de la información en el aprendizaje de la lengua de señas. Recuperado 16 de enero de 2025, de https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/r sap/v17n1/v17n1a06.pdf
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6.^a ed.). <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Klade, C. (2023, marzo 3). *Visual Studio vs Visual Studio Code: ¿Cuál es la diferencia entre estos editores de código IDE?* freeCodeCamp.org.
<https://www.freecodecamp.org/espanol/news/visual-studio-vs-visual-studio-code-cual-es-la-diferencia-entre-estos-editores-de-codigo-ide/>
- López Roca, K. A. (2018). *Aplicación móvil de interpretación del lenguaje de señas peruanas para discapacitados auditivos en la Asociación de Sordos de la Región Lima* [Universidad César Vallejo].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38179/Lopez_RK.pdf?s

equence=1&isAllowed=y

- Maciel Cataño, E. J., Estrada Gutiérrez, J. C., Flores Jiménez, A. B., Cano Lara, M., y Jiménez Rodríguez, M. (2024). Detección del abecedario de Lengua de Señas Mexicanas (LSM) usando MediaPipe, SVM y Random Forest. *Transregiones*, 7, Article 7.
- Montenegro Chore, I., y Pravia Purihuaman, M. G. (2023). *Sistema computacional basado en inteligencia artificial que mejora la comunicación con una persona sordomuda mediante el alfabeto de señas* [Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11431>
- Morfín Chávez, R. F. (2023). *Reconocimiento continuo de la Lengua de Señas Mexicana* [Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California]. <http://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/3998>
- Pérez A., O. A. (2011). Cuatro enfoques metodológicos para el desarrollo de Software RUP – MSF – XP - SCRUM. *INVENTUM*, 6(10), 64–78. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.6.10.2011.64-78>
- Pinzón Bayona, G., y Sanabria Orjuela, Y. G. (2021). *Desarrollo de una Aplicación Móvil para Traductor de Lenguaje de Señas Mediante el Uso de Servicios Web* [Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/01081195-75db-44ef-a09c-f64186552411/content>
- Rojas, E. (s. f.). Machine Learning: Análisis de lenguajes de programación y herramientas para desarrollo - ProQuest. ProQuest. Recuperado 16 de enero de 2025, de <https://www.proquest.com/openview/c7e24c997199215aa26a39107dd2fe98/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
- Salazar, J. C., Casallas, Á. T., Linares, J. C., Lozano, A., & Valbuena, Y. L. (2018). Scrum versus XP: Similitudes y diferencias. *Tecnología Investigación y Academia*, 6(2), Article 2.
- Vargas Cordero, Z. R. (2009). La Investigación Aplicada: Una Forma de Conocer las Realidades con Evidencia Científica. *Revista Educación*, 33(1), 155-165.
- Vásquez Soto, M. J. (2021). *Aplicación Móvil Basado en el Reconocimiento de Imágenes para Apoyar el Aprendizaje del Lenguaje de Señas de Gestos Estáticos en el Perú*

[Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].

https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4061/1/TL_VasquezSotoMarco.pdf

Vega Calero, V. H. (2023). *Deep Learning para el Aprendizaje del Lenguaje de Señas Peruanas* [Universidad César Vallejo].

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/134452/Vega_CVH-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Anexos

Anexo 01:

CARTA DE PRESENTACIÓN PARA EL RECOJO DE INFORMACIÓN

 UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA 

Lambayeque, Octubre 02 de 2023
CARTA VIRTUAL N° 039-2023-EPICI-FACFyM

Señor
Lic. Luis Paredes Soto
Director de la Institución Educativa Karl Weiss de Chiclayo
Presente.-



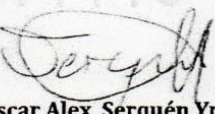
Asunto: Solicita Autorización para recopilar Información
para Proyecto de Tesis.

Por medio de la presente le hago llegar el saludo de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y a la vez presentarle a la señorita, **FARROÑAN RACCHUMI MELYSSA JAHAYRA** con Código 171684-B, Egresada de la Carrera Profesional de Ingeniería en Computación e Informática de nuestra Casa Superior de Estudios, quien manifiesta el deseo de recopilar datos de la institución que usted representa, ya que dicha información será para el desarrollo de su Proyecto de Tesis, titulada "Aplicación Web con Realidad Aumentada y Reconocimiento en Tiempo Real para el Reforzamiento de las Competencias de la Lengua de Señas Peruana en Estudiantes del Nivel Primario"

Por lo que solicito la autorización y se de las facilidades al recurrente para cumplir con el desarrollo de su proyecto de investigación.

Agradecido por la atención que brinde al presente, me despido de usted.

Atentamente,



Mg. Ing. Oscar Alex Serquén Yparraguirre
Director EPICI

OASY/1cb.

Ciudad Universitaria
Calle Juan XXIII 319 - Telefax: (074) 283407
Lambayeque - Perú



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA



Lambayeque, Octubre 02 de 2023

CARTA VIRTUAL N° 038-2023-EPICI-FACFyM

Señor

Lic. Luis Paredes Soto

Director de la Institución Educativa Karl Weiss de Chiclayo

Presente.-



Asunto: Solicita Autorización para recopilar Información
para Proyecto de Tesis.

Por medio de la presente le hago llegar el saludo de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y a la vez presentarle al señor, **RIVERA OLIVERA GERMÁN** con Código 170348-I, Egresado de la Carrera Profesional de Ingeniería en Computación e Informática de nuestra Casa Superior de Estudios, quien manifiesta el deseo de recopilar datos de la institución que usted representa, ya que dicha información será para el desarrollo de su Proyecto de Tesis, titulada "Aplicación Web con Realidad Aumentada y Reconocimiento en Tiempo Real para el Reforzamiento de las Competencias de la Lengua de Señas Peruana en Estudiantes del Nivel Primario"

Por lo que solicito la autorización y se de las facilidades al recurrente para cumplir con el desarrollo de su proyecto de investigación.

Agradecido por la atención que brinde al presente, me despido de usted.

Atentamente,



Mg. Ing. Oscar Alex Serquén Yparraguirre
Director EPICI

OASY/lcb.

Anexo 02:**SOLICITUD PARA RECOPIRAR INFORMACIÓN**

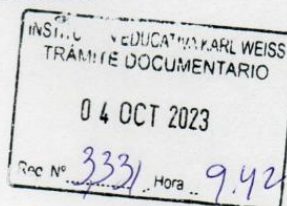
"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

SOLICITO: Solicito Autorización para recopilar Información para mi Proyecto de Tesis.

Señor

Lic. Luis Paredes Soto

Director de la Institución Educativa Karl Weiss de Chiclayo



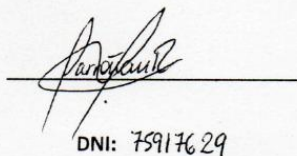
El suscrito, Melyssa Jahayra Farrón Pacheco, identificado con DNI N° 75917629 ante usted con el debido respeto me presento y expongo:

Es grato dirigirme a usted con la finalidad de solicitarle la autorización para recopilar información para mi proyecto de tesis, titulada "Aplicación Web con Realidad Aumentada y Reconocimiento en Tiempo Real para el Reforzamiento de las Competencias de la Lengua de Señas Peruana en Estudiantes del Nivel Primario". El desarrollo de la aplicación cuenta con una interfaz dinámica del diccionario de la Lengua de Señas Peruana (LSP), en la cual, se contempla las categorías, descripción de las señas, imágenes de la seña en formato de modelos en 3D y videos de interpretación, además, un apartado para el reconocimiento de la Lengua de Señas Peruana (LSP) a través de la cámara del dispositivo.

El recojo de información consistirá en la aplicación de un pre test y un post test a los docentes de la institución educativa del nivel primario, para medir el impacto que tendría el uso de la aplicación web que vamos a desarrollar para el reforzamiento de las competencias de la lengua de señas peruana en alumnos del nivel primario.

Sin otro particular; agradezco anticipadamente su atención y ayuda en lo referente a lo solicitado, me despido de usted.

Lambayeque, 04 de Octubre de 2023


DNI: 75917629

"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

SOLICITO: Solicito Autorización para recopilar Información
para mi Proyecto de Tesis.

Señor

Lic. Luis Paredes Soto

Director de la Institución Educativa Karl Weiss de Chiclayo



El suscrito, Germán Rivera Olivera, identificado con DNI N° 73006421 ante usted con el debido respeto me presento y expongo:

Es grato dirigirme a usted con la finalidad de solicitarle la autorización para recopilar información para mi proyecto de tesis, titulada "Aplicación Web con Realidad Aumentada y Reconocimiento en Tiempo Real para el Reforzamiento de las Competencias de la Lengua de Señas Peruana en Estudiantes del Nivel Primario". El desarrollo de la aplicación cuenta con una interfaz dinámica del diccionario de la Lengua de Señas Peruana (LSP), en la cual, se contempla las categorías, descripción de las señas, imágenes de la seña en formato de modelos en 3D y videos de interpretación, además, un apartado para el reconocimiento de la Lengua de Señas Peruana (LSP) a través de la cámara del dispositivo.

El recojo de información consistirá en la aplicación de un pre test y un post test a los docentes de la institución educativa del nivel primario, para medir el impacto que tendría el uso de la aplicación web que vamos a desarrollar para el reforzamiento de las competencias de la lengua de señas peruana en alumnos del nivel primario.

Sin otro particular; agradezco anticipadamente su atención y ayuda en lo referente a lo solicitado, me despido de usted.

Lambayeque, 04 de Octubre de 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Germán Rivera Olivera", written over a horizontal line.

Germán Rivera Olivera
DNI: 73006421

Anexo 03:**FICHA DE OBSERVACIONES**

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y
MATEMÁTICAS

**FICHA DE OBSERVACIONES****I. DATOS GENERALES**

Institución educativa: Karl Weiss de Chiclayo.

Nivel: Primaria.

Cantidad de aulas observadas: 7

Población: Estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primaria.

Observadores:

- German Rivera Olivera.
- Melissa Farroñan.

Fecha: 03/05/2024

Objetivo de la observación:

Analizar las metodologías de aprendizaje empleadas en la enseñanza de la Lengua de Señas Peruana e Identificar los temas con mayor dificultad de aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario.

Metodologías de aprendizaje

Marcar con una X según lo observado en las aulas.

Indicadores	Siempre	A veces	Nunca
Uso de métodos tradicionales como la demostración y repetición.	X		
Uso de estrategias activas y participativas.		X	
Promoción del aprendizaje autónomo en los estudiantes.		X	
Uso de material impreso.	X		
Uso de recursos visuales.	X		
Uso de herramientas tecnológicas.			X
El docente domina la Lengua de Señas Peruana		X	
El docente realiza un seguimiento individual en la enseñanza de la Lengua de Señas Peruana.		X	
Los estudiantes demuestran interés por aprender la Lengua de Señas Peruana.		X	
Los estudiantes participan de manera activa.		X	

Temas de la Lengua de Señas Peruana con mayor dificultad de aprendizaje

Marcar con una X según lo observado en las aulas.

Indicadores	Bajo	Medio	Alto
Alfabeto		X	
Números		X	
Cuerpo Humano		X	
Parentesco Familiar		X	
Operaciones matemáticas de suma	X		
Operaciones matemáticas de resta		X	
Operaciones matemáticas de multiplicación			X
Operaciones matemáticas de división			X

Anexo 04:**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS****VALIDACION DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS****INFORMACIÓN DEL EXPERTO**Nombre del experto: Rosa Elvira de la Cruz LescanoProfesión: DocenteGrado Académico: LicenciadaExperiencia Profesional (Años): Más de 30 añosCargo: Docente de equipo SAACE "Cereza Purísima"**TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN**

Aplicación web de reconocimiento de lengua de señas peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario, Chiclayo - 2024

DATOS DE LOS TESISISTAS**Nombres y Apellidos:**

Melyssa Jahayra Farroñan Racchumí
Germán Rivera Olivera

Programa de pregrado: Proyecto de Tesis**INFORMACIÓN DEL INSTRUMENTO****Instrumento Evaluado:**

1. Entrevista ()
2. Cuestionario (X)
3. Lista de Cotejo ()
4. Diario de campo ()

Estimado especialista, a continuación, le presentamos los indicadores propuestos para que usted los evalúe marcando con un aspa (x).

Considerando las categorías:

1= Deficiente, 2= Regular, 3= Bueno, 4= Muy Bueno, 5= Excelente.

Nº	DETALLE DE LOS ITEMS DEL INSTRUMENTO	CATEGORÍA				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Presentación del cuestionario					x
2	Las preguntas permiten realizar el diagnóstico del aprendizaje de la lengua de señas de los números				x	
3	Las preguntas permiten realizar el diagnóstico del aprendizaje de la lengua de señas del alfabeto				x	
4	Las preguntas permiten realizar el diagnóstico del aprendizaje de la lengua de señas en las operaciones matemáticas básicas					x
5	Claridad en la redacción de las preguntas del cuestionario					x
6	Coherencia entre las preguntas y sus alternativas					x
7	Las preguntas han sido redactadas en orden de las dimensiones				x	
8	Las preguntas del cuestionario no constituyen un riesgo para el encuestado				x	
9	Grado de relevancia del cuestionario con respecto a su aporte en entender el aprendizaje de la lengua de señas peruana					x
10	Grado de objetividad del cuestionario					x
Promedio Obtenido:						

SUGERENCIAS:



Juez Experto

VALIDACION DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

INFORMACIÓN DEL EXPERTO

Nombre del experto: María Berel Martínez

Profesión: Interprete de Lengua de Señas

Grado Académico: Técnico

Experiencia Profesional (Años): 15 años

Cargo: TSL CSP

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

Aplicación web de reconocimiento de lengua de señas peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario, Chiclayo - 2024

DATOS DE LOS TESISISTAS

Nombres y Apellidos:

Melyssa Jahayra Farroñan Racchumí
Germán Rivera Olivera

Programa de pregrado: Proyecto de Tesis

INFORMACIÓN DEL INSTRUMENTO

Instrumento Evaluado:

1. Entrevista ()
2. Cuestionario (x)
3. Lista de Cotejo ()
4. Diario de campo ()

Estimado especialista, a continuación, le presentamos los indicadores propuestos para que usted los evalúe marcando con un aspa (x).

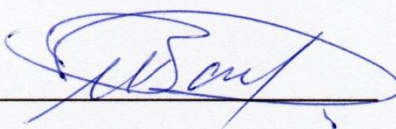
Considerando las categorías:

1= Deficiente, 2= Regular, 3= Bueno, 4= Muy Bueno, 5= Excelente.

Nº	DETALLE DE LOS ITEMS DEL INSTRUMENTO	CATEGORÍA				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Presentación del cuestionario					x
2	Las preguntas permiten realizar el diagnóstico del aprendizaje de la lengua de señas de los números				x	
3	Las preguntas permiten realizar el diagnóstico del aprendizaje de la lengua de señas del alfabeto				x	
4	Las preguntas permiten realizar el diagnóstico del aprendizaje de la lengua de señas en las operaciones matemáticas básicas				x	
5	Claridad en la redacción de las preguntas del cuestionario				x	
6	Coherencia entre las preguntas y sus alternativas				x	
7	Las preguntas han sido redactadas en orden de las dimensiones					x
8	Las preguntas del cuestionario no constituyen un riesgo para el encuestado					x
9	Grado de relevancia del cuestionario con respecto a su aporte en entender el aprendizaje de la lengua de señas peruana				x	
10	Grado de objetividad del cuestionario				x	
Promedio Obtenido:						

SUGERENCIAS:

Que el aplicativo web pueda detectar con los dos menús.


Juez Experto

VALIDACION DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS**INFORMACIÓN DEL EXPERTO**

Nombre del experto: Marco Benel Burge
Profesión: Educación Primaria, Audición y lenguaje y Lengua de Señas Peruana.
Grado Académico: Superior
Experiencia Profesional (Años): 40 años
Cargo: Intérprete de Señas

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

Aplicación web de reconocimiento de lengua de señas peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario, Chiclayo - 2024

DATOS DE LOS TESISISTAS**Nombres y Apellidos:**

Melyssa Jahayra Farroñan Racchumí
Germán Rivera Olivera

Programa de pregrado: Proyecto de Tesis

INFORMACIÓN DEL INSTRUMENTO**Instrumento Evaluado:**

1. Entrevista ()
2. Cuestionario (X)
3. Lista de Cotejo ()
4. Diario de campo ()

Estimado especialista, a continuación, le presentamos los indicadores propuestos para que usted los evalúe marcando con un aspa (x).

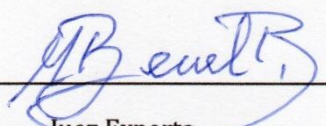
Considerando las categorías:

1= Deficiente, 2= Regular, 3= Bueno, 4= Muy Bueno, 5= Excelente.

Nº	DETALLE DE LOS ITEMS DEL INSTRUMENTO	CATEGORÍA				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Presentación del cuestionario					X
2	Las preguntas permiten realizar el diagnóstico del aprendizaje de la lengua de señas de los números					X
3	Las preguntas permiten realizar el diagnóstico del aprendizaje de la lengua de señas del alfabeto					X
4	Las preguntas permiten realizar el diagnóstico del aprendizaje de la lengua de señas en las operaciones matemáticas básicas					X
5	Claridad en la redacción de las preguntas del cuestionario					X
6	Coherencia entre las preguntas y sus alternativas				X	
7	Las preguntas han sido redactadas en orden de las dimensiones				X	
8	Las preguntas del cuestionario no constituyen un riesgo para el encuestado				X	
9	Grado de relevancia del cuestionario con respecto a su aporte en entender el aprendizaje de la lengua de señas peruana					X
10	Grado de objetividad del cuestionario					X
Promedio Obtenido:						

SUGERENCIAS:

Este trabajo es excelente su investiga-
ción.


Juez Experto

VALIDACION DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

INFORMACIÓN DEL EXPERTO

Nombre del experto: José Otero Salazar

Profesión: Docente

Grado Académico: Dr. Educación, y Licenciado Derecho.

Experiencia Profesional (Años): 34 años.

Cargo: Directa

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

Aplicación web de reconocimiento de lengua de señas peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario, Chiclayo - 2024

DATOS DE LOS TESISISTAS

Nombres y Apellidos:

Melyssa Jahayra Farroñan Racchumí

Germán Rivera Olivera

Programa de pregrado: Proyecto de Tesis

INFORMACIÓN DEL INSTRUMENTO

Instrumento Evaluado:

1. Entrevista ()
2. Cuestionario (X)
3. Lista de Cotejo ()
4. Diario de campo ()

Estimado especialista, a continuación, le presentamos los indicadores propuestos para que usted los evalúe marcando con un aspa (x).

Considerando las categorías:

1= Deficiente, 2= Regular, 3= Bueno, 4= Muy Bueno, 5= Excelente.

Nº	DETALLE DE LOS ITEMS DEL INSTRUMENTO	CATEGORÍA				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Presentación del cuestionario					X
2	Las preguntas permiten realizar el diagnóstico del aprendizaje de la lengua de señas de los números				X	
3	Las preguntas permiten realizar el diagnóstico del aprendizaje de la lengua de señas del alfabeto				X	
4	Las preguntas permiten realizar el diagnóstico del aprendizaje de la lengua de señas en las operaciones matemáticas básicas				X	
5	Claridad en la redacción de las preguntas del cuestionario					X
6	Coherencia entre las preguntas y sus alternativas					X
7	Las preguntas han sido redactadas en orden de las dimensiones					X
8	Las preguntas del cuestionario no constituyen un riesgo para el encuestado				X	
9	Grado de relevancia del cuestionario con respecto a su aporte en entender el aprendizaje de la lengua de señas peruana					X
10	Grado de objetividad del cuestionario					X
Promedio Obtenido:						

SUGERENCIAS:




Mg. José Otero Salazar
DIRECTOR

DNI. 16489623.
Juez Experto

Anexo 05:**VALIDACIÓN DEL JUICIO DE EXPERTOS**

Juez / Ítem	Rosa Elvira de la Cruz Lescano	Marco Benel Montjoy	Marco Benel Burga	José Otero Salazar	Sx1	Mx	i	Pei	CVCi
Item01	5	5	5	5	20	5	5	1	1
Item02	4	4	5	4	17	4.25	5	0.85	0.8125
Item03	4	4	5	4	17	4.25	5	0.85	0.8125
Item04	5	4	5	4	18	4.5	5	0.9	0.875
Item05	5	4	5	5	19	4.75	5	0.95	0.9375
Item06	5	4	4	5	18	4.5	5	0.9	0.875
Item07	4	5	4	5	18	4.5	5	0.9	0.875
Item08	4	5	4	4	17	4.25	5	0.85	0.8125
Item09	5	4	5	5	19	4.75	5	0.95	0.9375
Item10	5	4	5	5	19	4.75	5	0.95	0.9375
CVC total									0.8875

Nota. Creado por los investigadores.

Donde:

Sx1: Sumatoria de puntajes de los jueces.

Mx: Promedio de los jueces por cada ítem.

$$Mx = \frac{Sx}{Valor\ máximo}$$

i: valor máximo posible de la escala.

Pei: Proporción esperada para el ítem.

$$Pei = \frac{Mx}{i}$$

CVCi: Coeficiente de validez de contenido por ítem

$$CVCi = Pei - \frac{(1 - Pei)}{Número\ de\ jueces}$$

CVC total: Promedio de todos los CVCi de los ítems.

$$CVC\ total = \frac{\sum CVCi}{Número\ de\ ítems}$$

En nuestro cálculo, el coeficiente de validez de contenido por cada ítem es mayor al 0.80, lo cual refuerza que cada ítem es válido, y a su vez, demostramos que nuestro instrumento tiene validez y concordancia buena, dado que el valor total es 0.8875, estando dentro del rango de 0.80 a 0.9.

Anexo 06:

CONSENTIMIENTO INFORMADO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y
MATEMÁTICAS



CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PADRE DE FAMILIA

Yo Maria Muñoz Calderón identificado (a)
con N° DNI 410490502, acepto que mi menor hijo(a): Joaquín
Manderson Pari Muñoz, sea partícipe de
manera voluntaria en el estudio titulado “*Aplicación web de reconocimiento de lengua de señas*
peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel
primario, Chiclayo - 2024”, realizado por los bachilleres en Ingeniería en Computación e
Informática de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo: Farroñan Racchumí Melyssa
Jahayra y Rivera Olivera Germán.

Me han indicado que mi menor hijo deberá responder un cuestionario, el cual forma parte de
dicho estudio; además debe responder asegurando la veracidad de los datos a conocer.

Reconozco que la información que mi menor hijo(a) provea en esta investigación es
estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito sin mi consentimiento.

He sido informada (o) de que puedo hacer preguntas sobre la investigación en cualquier
momento y que puede retirarse del mismo cuando así lo decida, sin que esto ocasione perjuicio
alguno para mi persona y la de mi hijo (a).

Por lo que después de evaluar los beneficios y los cargos, expreso mi deseo de que mi hijo(a)
sea partícipe de este estudio.

Agradecemos ante todo su cooperación.

Investigador 1
DNI: 75917629

Investigador 2
DNI: 73006421

Padre de Familia
DNI: 410490502



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y
MATEMÁTICAS



CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PADRE DE FAMILIA

Yo Deisy Mondragon Fernandez identificado (a) con N° DNI 43919226, acepto que mi menor hijo(a): Diego Alberto Diaz Mondragon, sea partícipe de manera voluntaria en el estudio titulado “*Aplicación web de reconocimiento de lengua de señas peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario, Chiclayo - 2024*”, realizado por los bachilleres en Ingeniería en Computación e Informática de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo: Farroñan Racchumi Melyssa Jahayra y Rivera Olivera Germán.

Me han indicado que mi menor hijo deberá responder un cuestionario, el cual forma parte de dicho estudio; además debe responder asegurando la veracidad de los datos a conocer.

Reconozco que la información que mi menor hijo(a) provea en esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito sin mi consentimiento.

He sido informada (o) de que puedo hacer preguntas sobre la investigación en cualquier momento y que puede retirarse del mismo cuando así lo decida, sin que esto ocasione perjuicio alguno para mi persona y la de mi hijo (a).

Por lo que después de evaluar los beneficios y los cargos, expreso mi deseo de que mi hijo(a) sea partícipe de este estudio.

Agradecemos ante todo su cooperación.

Investigador 1
DNI: 75917629

Investigador 2
DNI: 73006421

Padre de Familia
DNI: 43919226



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y
MATEMÁTICAS



CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PADRE DE FAMILIA

Yo REYES PERALTA JOSÉ ALBERTO identificado (a)
 con N° DNI 47718539, acepto que mi menor hijo(a): BRILLY NICOL
REYES ALVA, sea partícipe de
 manera voluntaria en el estudio titulado “*Aplicación web de reconocimiento de lengua de señas peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario, Chiclayo - 2024*”, realizado por los bachilleres en Ingeniería en Computación e Informática de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo: Farroñan Racchumí Melyssa Jahayra y Rivera Olivera Germán.

Me han indicado que mi menor hijo deberá responder un cuestionario, el cual forma parte de dicho estudio; además debe responder asegurando la veracidad de los datos a conocer.

Reconozco que la información que mi menor hijo(a) provea en esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito sin mi consentimiento.

He sido informada (o) de que puedo hacer preguntas sobre la investigación en cualquier momento y que puede retirarse del mismo cuando así lo decida, sin que esto ocasione perjuicio alguno para mi persona y la de mi hijo (a).

Por lo que después de evaluar los beneficios y los cargos, expreso mi deseo de que mi hijo(a) sea partícipe de este estudio.

Agradecemos ante todo su cooperación.

Investigador 1
DNI: 75917629

Investigador 2
DNI: 73006421

Padre de Familia
DNI: 47718539



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y
MATEMÁTICAS



CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PADRE DE FAMILIA

Yo JENNY ROSA VERA ACOSTA identificado (a)
 con N° DNI 45442193, acepto que mi menor hijo(a): JAIRD ELIAM
LOPEZ VERA, sea partícipe de
 manera voluntaria en el estudio titulado “*Aplicación web de reconocimiento de lengua de señas peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario, Chiclayo - 2024*”, realizado por los bachilleres en Ingeniería en Computación e Informática de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo: Farroñan Racchumí Melyssa Jahayra y Rivera Olivera Germán.

Me han indicado que mi menor hijo deberá responder un cuestionario, el cual forma parte de dicho estudio; además debe responder asegurando la veracidad de los datos a conocer.

Reconozco que la información que mi menor hijo(a) provea en esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito sin mi consentimiento.

He sido informada (o) de que puedo hacer preguntas sobre la investigación en cualquier momento y que puede retirarse del mismo cuando así lo decida, sin que esto ocasione perjuicio alguno para mi persona y la de mi hijo (a).

Por lo que después de evaluar los beneficios y los cargos, expreso mi deseo de que mi hijo(a) sea partícipe de este estudio.

Agradecemos ante todo su cooperación.

Investigador 1
DNI: 75917629

Investigador 2
DNI: 73006421

Padre de Familia
DNI: 45442193



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y
MATEMÁTICAS



CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PADRE DE FAMILIA

Yo Wilma Rivas Tialla identificado (a)
 con N° DNI 16482842 acepto que mi menor hijo(a): Richardson
Rodriguez Bumpen, sea partícipe de
 manera voluntaria en el estudio titulado “*Aplicación web de reconocimiento de lengua de señas*
peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel
primario, Chiclayo - 2024”, realizado por los bachilleres en Ingeniería en Computación e
 Informática de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo: Farroñan Racchumi Melyssa
 Jahayra y Rivera Olivera Germán.

Me han indicado que mi menor hijo deberá responder un cuestionario, el cual forma parte de
 dicho estudio; además debe responder asegurando la veracidad de los datos a conocer.

Reconozco que la información que mi menor hijo(a) provea en esta investigación es
 estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito sin mi consentimiento.

He sido informada (o) de que puedo hacer preguntas sobre la investigación en cualquier
 momento y que puede retirarse del mismo cuando así lo decida, sin que esto ocasione perjuicio
 alguno para mi persona y la de mi hijo (a).

Por lo que después de evaluar los beneficios y los cargos, expreso mi deseo de que mi hijo(a)
 sea partícipe de este estudio.

Agradecemos ante todo su cooperación.

Investigador 1
 DNI: 75917629

Investigador 2
 DNI: 73006421

Padre de Familia
 DNI: 16482842



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y
MATEMÁTICAS



CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PADRE DE FAMILIA

Yo Maria Elva Farro Morales identificado (a)
 con N° DNI 4772 2595, acepto que mi menor hijo(a): Thiago Mateas
Flores Farro, sea partícipe de
 manera voluntaria en el estudio titulado “*Aplicación web de reconocimiento de lengua de señas*
peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel
primario, Chiclayo - 2024”, realizado por los bachilleres en Ingeniería en Computación e
 Informática de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo: Farroñan Racchumí Melyssa
 Jahayra y Rivera Olivera Germán.

Me han indicado que mi menor hijo deberá responder un cuestionario, el cual forma parte de
 dicho estudio; además debe responder asegurando la veracidad de los datos a conocer.

Reconozco que la información que mi menor hijo(a) provea en esta investigación es
 estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito sin mi consentimiento.

He sido informada (o) de que puedo hacer preguntas sobre la investigación en cualquier
 momento y que puede retirarse del mismo cuando así lo decida, sin que esto ocasione perjuicio
 alguno para mi persona y la de mi hijo (a).

Por lo que después de evaluar los beneficios y los cargos, expreso mi deseo de que mi hijo(a)
 sea partícipe de este estudio.

Agradecemos ante todo su cooperación.

Investigador 1
 DNI: 75917629

Investigador 2
 DNI: 73006421

Padre de Familia
 DNI: 4772 2595



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y
MATEMÁTICAS



CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PADRE DE FAMILIA

Yo Alex Cabanillo Torres identificado (a) con N° DNI 76590261, acepto que mi menor hijo(a): Andy Jampin Romal Cabanillo, sea partícipe de manera voluntaria en el estudio titulado “*Aplicación web de reconocimiento de lengua de señas peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario, Chiclayo - 2024*”, realizado por los bachilleres en Ingeniería en Computación e Informática de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo: Farroñan Racchumí Melyssa Jahayra y Rivera Olivera Germán.

Me han indicado que mi menor hijo deberá responder un cuestionario, el cual forma parte de dicho estudio; además debe responder asegurando la veracidad de los datos a conocer.

Reconozco que la información que mi menor hijo(a) provea en esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito sin mi consentimiento.

He sido informada (o) de que puedo hacer preguntas sobre la investigación en cualquier momento y que puede retirarse del mismo cuando así lo decida, sin que esto ocasione perjuicio alguno para mi persona y la de mi hijo (a).

Por lo que después de evaluar los beneficios y los cargos, expreso mi deseo de que mi hijo(a) sea partícipe de este estudio.

Agradecemos ante todo su cooperación.

Investigador 1
DNI: 75917629

Investigador 2
DNI: 73006421

Padre de Familia
DNI: 76590261

Anexo 07:
CUESTIONARIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y
MATEMÁTICAS



CUESTIONARIO: MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LA LENGUA DE SEÑAS
PERUANA

Estimado(a) estudiante, el objetivo de este cuestionario es mejorar el aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana, por tal motivo solicitamos su colaboración, respondiendo al presente test con la mayor sinceridad posible; la información que usted brinde servirá para efectos estrictamente de investigación, garantizando la confidencialidad de la misma.

Se agradece su participación.

1. ¿Qué tan fácil o difícil te parece hacer las señas del alfabeto?
 - a) Muy difícil
 - b) Difícil
 - c) Ni difícil ni fácil
 - d) Fácil
 - e) Muy fácil

2. ¿Cómo consideras tu aprendizaje académico de la lengua de señas del alfabeto?
 - a) Pésimo
 - b) Malo
 - c) Indiferente
 - d) Bueno
 - e) Excelente

3. ¿Sueles practicar las señas del alfabeto que el docente realiza en clase?
 - a) Nunca
 - b) Casi nunca
 - c) Indiferente
 - d) A menudo
 - e) Muy a menudo

4. Marca con una X las señas del alfabeto que sabes realizar.

Letra A	
Letra B	
Letra C	
Letra D	
Letra E	
Letra F	
Letra G	
Letra H	
Letra I	

Letra J	
Letra K	
Letra L	
Letra M	
Letra N	
Letra Ñ	
Letra O	
Letra P	
Letra Q	

Letra R	
Letra S	
Letra T	
Letra U	
Letra V	
Letra W	
Letra X	
Letra Y	
Letra Z	

5. ¿Con qué frecuencia practicas las señas del alfabeto en tu casa?
- a) Nunca
 - b) Casi nunca
 - c) Ocasionalmente
 - d) Casi todos los días
 - e) Todos los días
6. ¿Qué tiempo tardas en realizar una seña del alfabeto?
- a) De 2 minutos a más
 - b) 1 minuto
 - c) 30 segundos
 - d) 15 segundos
 - e) 5 segundos
7. Fuera del horario de clase ¿Cuántas horas al día dedicas al aprendizaje de las señas del alfabeto?
- a) 30 minutos
 - b) 1 hora
 - c) 2 horas
 - d) De 3 horas a más
 - e) Solo las horas de clase (horas sincronas)

8. ¿Qué tan fácil o difícil te parece hacer las señas de los números?
- Muy difícil
 - Difícil
 - Ni difícil ni fácil
 - Fácil
 - Muy fácil
9. ¿Cómo consideras tu aprendizaje académico de la lengua de señas de los números?
- Pésimo
 - Malo
 - Indiferente
 - Bueno
 - Excelente
10. ¿Sueles practicar las señas de los números que el docente realiza en clase?
- Nunca
 - Casi nunca
 - Indiferente
 - A menudo
 - Muy a menudo
11. Marca con una X las señas de los números que sabes realizar.

Número 0	
Número 1	
Número 2	
Número 3	
Número 4	
Número 5	
Número 6	
Número 7	
Número 8	
Número 9	

Número 10	
Número 11	
Número 12	
Número 13	
Número 14	
Número 15	
Número 16	
Número 17	
Número 18	
Número 19	

Número 20	
Número 30	
Número 40	
Número 50	
Número 60	
Número 70	
Número 80	
Número 90	

12. ¿Con que frecuencia practicas las señas de los números en tu casa?
- a) Nunca
 - b) Casi nunca
 - c) Ocasionalmente
 - d) Casi todos los días
 - e) Todos los días
13. ¿Qué tiempo tardas en realizar una seña de los números?
- a) De 2 minutos a más
 - b) 1 minuto
 - c) 30 segundos
 - d) 15 segundos
 - e) 5 segundos
14. Fuera del horario de clase ¿Cuántas horas al día dedicas al aprendizaje de las señas de los números?
- a) 30 minutos
 - b) 1 hora
 - c) 2 horas
 - d) De 3 horas a más
 - e) Solo las horas de clase (horas síncronas)
15. ¿Qué tan fácil o difícil te parece desarrollar las operaciones matemáticas de suma con la lengua de señas peruana?
- a) Muy difícil
 - b) Difícil
 - c) Ni difícil ni fácil
 - d) Fácil
 - e) Muy fácil

16. ¿Qué tan fácil o difícil te parece desarrollar las operaciones matemáticas de resta con la lengua de señas peruana?
- a) Muy difícil
 - b) Difícil
 - c) Ni difícil ni fácil
 - d) Fácil
 - e) Muy fácil
17. ¿Qué tan fácil o difícil te parece desarrollar las operaciones matemáticas de multiplicación con la lengua de señas peruana?
- a) Muy difícil
 - b) Difícil
 - c) Ni difícil ni fácil
 - d) Fácil
 - e) Muy fácil
18. ¿Qué tan fácil o difícil te parece desarrollar las operaciones matemáticas de división con la lengua de señas peruana?
- a) Muy difícil
 - b) Difícil
 - c) Ni difícil ni fácil
 - d) Fácil
 - e) Muy fácil
19. ¿Cómo consideras tu rendimiento académico en el aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas con la lengua de señas peruana?
- a) Pésimo
 - b) Malo
 - c) Indiferente
 - d) Bueno
 - e) Excelente

20. Marca con una X las operaciones matemáticas que sabes resolver.

Suma	
Resta	
Multiplicación	
División	

21. ¿Con que frecuencia practicas las operaciones matemáticas en tu casa?

- a) Nunca
- b) Casi nunca
- c) Ocasionalmente
- d) Casi todos los días
- e) Todos los días

22. Fuera del horario de clase ¿Cuántas horas al día dedicas al aprendizaje de las operaciones matemáticas?

- a) 30 minutos
- b) 1 hora
- c) 2 horas
- d) De 3 horas a más
- e) Solo las horas de clase (horas síncronas)

Anexo 08:

CONFORMIDAD DE CULMINACIÓN DE INVESTIGACIÓN



INSTITUCIÓN EDUCATIVA EMBLEMÁTICA

"KARL WEISS"

DISCIPLINA, SUPERACION Y PRESTIGIO

Av. Mariscal Nieto 520 – Suazo – Chiclayo Teléf. 238670



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Chiclayo, 30 de setiembre del 2025.

OFICIO N° 302-2025-D-I.E.E."KW".

Señor.

Dr. Enrique Wilfredo Cárpene Velásquez.
RECTOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO.

Presente.

ASUNTO: Conformidad de Culminación de Investigación
"Aplicación Web de reconocimiento de
lengua de señas peruana para mejorar el
aprendizaje en estudiantes con discapacidad
auditiva del nivel primario, Chiclayo – 2024".
=====

Me dirijo a usted para expresarle mi cordial saludo y a la vez, hacer de su conocimiento que en cumplimiento al desarrollo de tesis, realizado por los bachilleres en Ingeniería en Computación e Informática de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, la Srta. Farroñán Racchumi Melyssa Jahayra y el Sr. Rivera Olivera Germán, aplicaron en esta Institución Educativa los conocimientos necesarios e investigaciones del caso, entre ellos el desarrollo de la "Aplicación web de reconocimiento de lengua de señas peruana para mejorar el aprendizaje en estudiantes con discapacidad auditiva del nivel primario, Chiclayo - 2024", el cual fue presentado y aplicado en las instalaciones de la institución educativa – Nivel Primaria.

En tal sentido, por lo expuesto, la Srta. Farroñán Racchumi Melyssa Jahayra y el Sr. Rivera Olivera Germán, han culminado satisfactoriamente con la investigación propuesta.

Por lo tanto, estamos ofreciendo la CONFORMIDAD DE LA INVESTIGACIÓN que se ha desarrollado de acuerdo al compromiso definido.

Es propicia la ocasión para manifestarle mi especial consideración y respeto.

Atentamente




Luis F. Paredes Soto
DIRECTOR - I.E. "KARL WEISS"

Anexo 09:**RESULTADOS DE WILCOXON**

Se trabajó con las preguntas del cuestionario del alfabeto (P04), números (P11) y operaciones matemáticas (P20), asignando 1 punto a cada seña realizada correctamente y 0 puntos a las respuestas incorrectas.

Prueba de normalidad: Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk a las diferencias entre el pretest y postest. Los resultados evidenciaron que las diferencias no seguían una distribución normal ($p < 0.05$).

Prueba estadística: Debido al incumplimiento del supuesto de normalidad y al tamaño reducido de la muestra ($n = 7$), se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras relacionadas.

Hipótesis nula (H0): No existen diferencias significativas entre las puntuaciones obtenidas en el pretest y el postest.

Hipótesis de investigación (H1): Existen diferencias significativas entre las puntuaciones obtenidas en el pretest y el postest.

Desarrollo:

Estudiante	Cantidad Pretest	Cantidad Postest	Diferencia Postest - Pretest	Estado	Valor absoluto
1	41	57	+16	Caso válido	16
2	57	59	+2	Caso válido	2
3	51	59	+8	Caso válido	8
4	56	59	+3	Caso válido	3
5	57	59	+2	Caso válido	2
6	59	59	0	Excluido	0
7	57	59	+2	Caso válido	2

Asignación de rangos

Valores absolutos ordenados: 2, 2, 2, 3, 8, 16 (Los tres valores iguales a 2 recibieron el rango promedio de 2).

Valor 2 → Rango 2

Valor 3 → Rango 4

Valor 2 → Rango 2

Valor 8 → Rango 5

Valor 2 → Rango 2

Valor 16 → Rango 6

Suma de rangos positivos

$$T^+ = 6 + 2 + 5 + 4 + 2 + 2 = 21$$

Suma de rangos negativos

$$T^- = 0$$

Estadístico de Wilcoxon

W = menor valor entre T^+ y T^-

$$W = \min(21, 0)$$

$$W = 0$$

Valor p

La prueba de Wilcoxon arrojó un valor de significancia:

$$p = \frac{2}{2^6} = 0.03125$$

Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Interpretación

Como $p = 0.03125 < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación.

Se concluye que la aplicación web contribuyó significativamente a la mejora del aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana en los estudiantes.