UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

"DETECTOR AUTOMÁTICO DE SEÑAS ENFOCADO A LA ENSEÑANZA DEL LÉXICO DACTILOLÓGICO EN LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA 3 DE DICIEMBRE."

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

Línea de investigación: Desarrollo, aplicación de software y cibersecurity (seguridad cibernética)

AUTOR:
Quishpe Flores Evelyn Shakira

DIRECTOR:
Ing. Luis Edilberto Suárez Zambrano, Msc

IBARRA, 2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1050356045		
APELLIDOS Y NOMBRES:	QUISHPE FLORES EVELYN SHAKIRA		
DIRECCIÓN:	LA ESPERANZA-BARRIO SANTA MARIANITA		
EMAIL:	ESQUISHPEF@UTN.EDU.EC		
TELÉFONO FIJO:	2660106	**TELÉFONO. MÓVIL**	0993094039

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	¨DETECTOR AUTOMÁTICO DE SEÑAS ENFOCADO A LA ENSEÑANZA DEL LÉXICO DACTILOLÓGICO EN LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA 3 DE DICIEMBRE.
AUTOR (ES):	QUISHPE FLORES EVELYN SHAKIRA
FECHA:	2025/02/25
SOLO PARA TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
CARRERA/PROGRAMA:	■ **GRADO** □ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES
DIRECTOR:	MSC. LUIS SUÁREZ
ASESOR:	MSC. CARLOS VÁSQUEZ

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Quishpe Flores Evelyn Shakira, con cédula de identidad Nro. 1050356045, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 25 días del mes de febrero de 2025

EL AUTOR:

Firma:.....
Nombre: QUISHPE FLORES EVELYN SHAKIRA

CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días, del mes de febrero de 2025

EL AUTOR:

Firma.....
Nombre: Quishpe Flores Evelyn Shakira

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 25 de febrero de 2025

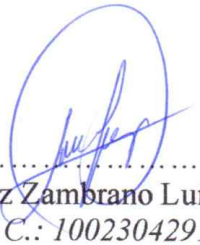
MSC. SUÁREZ ZAMBRANO LUIS EDILBERTO
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:
Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f) ... ...
MSC. SUÁREZ ZAMBRANO LUIS EDILBERTO
C.C.: 1002304291

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular "Detector automático de señas enfocado a la enseñanza del léxico dactilológico en la Unidad Educativa Especializada 3 de diciembre" elaborado por Quishpe Flores Evelyn Shakira, previo a la obtención del título de Ingeniero en Telecomunicaciones, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



.....

MSC. Suárez Zambrano Luis Edilberto

C.C.: 1002304291

.....

MSC. Vásquez Ayala Carlos Alberto

C.C: 1002424982

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi querida madre, María Flores, quien ha sido mi mayor fuente de inspiración, y apoyo para alcanzar cada uno de mis proyectos.

A mi hermana, Kimberly y sobrina Meritxell, cuyo apoyo incondicional han sido fundamental para culminar esta etapa.

Así también, quiero dedicar este trabajo en memoria de todas las mujeres que, a lo largo de la historia, lucharon incansablemente por el derecho a la educación, abriendo caminos para que las futuras generaciones pudiéramos aprender y crecer. Gracias a su valentía, hoy somos las autoras de nuestras propias vidas, capaces de ejercer nuestra libertad y de elegir nuestro destino.

AGRADECIMIENTO

A lo largo de este proceso, he tenido el privilegio de contar con el apoyo de muchas personas a quienes agradezco profundamente por su tiempo, conocimiento y constante respaldo.

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi querida madre, quien ha estado presente en cada uno de mis proyectos. Gracias a sus enseñanzas, he aprendido a confiar en mis capacidades y a entender que con esfuerzo y disciplina es posible lograr cualquier meta que me proponga.

A mi hermana y sobrina, quienes me han brindado su apoyo incondicional para superar los desafíos que han surgido en este camino.

A mis amigos, quienes han sido compañeros constantes durante esta etapa, compartiendo experiencias y aprendizajes en cada reto que hemos enfrentado y superado juntos.

Un agradecimiento especial al Msc. Luis Suárez y al Msc. Carlos Vásquez, quienes, con sus aportes, tiempo y paciencia me han sabido guiar para la culminación exitosa de este trabajo. Igualmente, quiero extender mi gratitud a todos los docentes que han contribuido en mi educación a lo largo de la carrera.

Finalmente, agradezco a la Lcda. Alicia Mina de la Unidad Educativa Especializada 3 de diciembre, quien me abrió las puertas de la institución y me brindó la confianza y apoyo para llevar a cabo este proyecto.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio se fundamenta en la necesidad de integrar tecnologías innovadoras en el ámbito educativo, específicamente en la enseñanza del léxico dactilológico a niños con discapacidad auditiva y en la alfabetización temprana de niños en general. El objetivo principal del proyecto fue desarrollar un sistema automático de detección de señas mediante visión artificial, con el fin de facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje del lenguaje de señas, promoviendo la comunicación inclusiva dentro del entorno educativo. La metodología adoptada fue Bottom-Up y se centró en el diseño y desarrollo de un modelo de visión artificial, acompañado de un software intuitivo desarrollado en Angular utilizando bibliotecas especializadas como Mediapipe para el procesamiento de imágenes y Python para el entrenamiento del modelo de red neuronal con activaciones softmax y relu. El sistema fue implementado en la Unidad Educativa Especializada 3 de diciembre, donde se evaluó su funcionalidad con los niños de la institución. Los resultados obtenidos mostraron que el modelo reconoce las señas pertenecientes al abecedario dactilológico, así como también el funcionamiento de la aplicación desarrollada para reconocer y utilizar las señas. Además, los docentes destacaron que la herramienta digital que integra estas nuevas tecnologías captan la atención y facilitan la integración de los estudiantes con discapacidad auditiva en las actividades académicas, fomentando una mayor participación. En conclusión, el desarrollo de este sistema representa una herramienta clave para la educación inclusiva, proporcionando a los niños con discapacidad auditiva un acceso más equitativo a la educación.

Palabras clave: educación inclusiva, lenguaje de señas, visión artificial, tecnología educativa, discapacidad auditiva, angular.

ABSTRACT

This study is based on the need to integrate innovative technologies into the educational field, specifically in the teaching of dactylological lexicon to children with hearing impairments and in the early literacy of children in general. The main objective of the project was to develop an automatic sign detection system using computer vision, with the aim of facilitating the teaching-learning process of sign language, promoting inclusive communication within the educational environment. The adopted methodology was Bottom-Up and focused on the design and development of a computer vision model, accompanied by intuitive software developed in Angular, using specialized libraries such as Mediapipe for image processing and Python for training the neural network model with softmax and relu activations. The system was implemented at the 3rd December Specialized Educational Unit, where its functionality was evaluated with the institution's children. The results showed that the model recognizes signs from the dactylological alphabet, as well as the functioning of the application developed to recognize and use the signs. Furthermore, teachers highlighted that the digital tool integrating these new technologies captures attention and facilitates the inclusion of students with hearing impairments in academic activities, encouraging greater participation. In conclusion, the development of this system represents a key tool for inclusive education, providing children with hearing impairments and other students with more equitable access to education.

Keywords: inclusive education, sign language, computer vision, educational technology, hearing disability, angular.

LISTA DE SIGLAS

COA. Código Orgánico Ambiental

CPA. Cálculo del Porcentaje de Aprendizaje

LOEI. Ley Orgánica de Educación Intercultural

INEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos

CONADIS. Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades

OMS. Organización Mundial de la Salud

EIB. Educación Intercultural Bilingüe

IUA. Inclusión Universal para el Aprendizaje

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I 1
1.1 Tema 1
1.2 Problema de investigación 1
1.3 Justificación 2
1.4 Objetivos 4
1.4.1 Objetivo General 4
1.4.2 Objetivos Específicos 4
2 CAPÍTULO II 5
2.1 Discapacidad Auditiva 6
2.1.1 Clasificación de Discapacidad Auditiva 6
2.2 Discapacidad auditiva en la educación 9
2.2.1 Educación Inclusiva 9
2.2.2 Leyes y derechos de personas con discapacidad auditiva 10
2.3 Estadísticas Nacionales 11
2.3.1 Porcentaje de Personas con discapacidad en Ecuador 11
2.3.2 Tipos de discapacidad 12
2.4 Estadísticas Internacionales 14
2.5 Lenguaje de Señas 15
2.6 Metodología de estudio para personas sordas 16
2.6.1 Metodología de Estudio 16
2.6.2 Herramientas Didácticas 17
2.7 Visión Artificial 18
2.7.1 Etapas Visión Artificial 18
2.7.2 Técnicas de Visión Artificial 20
2.8 Procesamiento de Imágenes 20
2.9 Software y Hardware 21
2.9.1 Opencv 21
2.9.2 Python 22
2.9.3 Mediapipe 23
2.9.4 Sensor de entrada de datos 23

2.10 Metodología 24
3 CAPÍTULO III 25
3.1 Desarrollo de Metodología 25
3.2 Situación Actual 26
3.2.1 Infraestructura 27
3.3 Requerimientos 29
3.3.1 Nomenclatura de Requerimientos 29
3.3.2 Identificación de Stakeholders 30
3.3.3 Requerimientos de Stakeholders 31
3.3.4 Requerimientos de Sistema 32
3.3.5 Requerimientos de Arquitectura 33
3.4 Componentes del Sistema 35
3.4.1 Hardware 35
3.4.2 Software 36
3.5 Diseño del Sistema 38
3.5.1 Diagrama de Bloques del Sistema 38
3.5.2 Diagrama de Flujo del funcionamiento del sistema 39
3.6 Desarrollo de Software 40
3.6.1 Modelo de entrenamiento para el Abecedario Dactilológico 41
3.6.2 Exportación de Modelo a Google Colab 50
3.7 Desarrollo de Aplicación 51
3.7.1 Front End 51
3.7.2 Backend 59
4 Capítulo IV 63
4.1 Implementación 63
4.2 Pruebas 65
4.2.1 Pruebas del modelo 65
4.2.2 Pruebas de la Aplicación 68
4.2.3 Pruebas del Funcionamiento. 74
4.3 Resultados Y Análisis 88
4.4 Conclusiones y Recomendaciones 91
4.4.1 Conclusiones 91
4.4.2 Recomendaciones 93

4.5 Referencias Bibliográficas..... 94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Grados de Pérdida Auditiva*..... 8
Tabla 2 *Porcentaje de personas con discapacidad en Ecuador* 12
Tabla 3 *Estadísticas internacionales* 15
Tabla 4 *Detalles del hardware disponible en la Institución* 28
Tabla 5 *Detalles del hardware disponible en la Institución* 28
Tabla 6 *Nomenclatura de Requerimientos*..... 29
Tabla 7 *Prioridad que toman los requerimientos* 30
Tabla 8 *Lista de Stakeholders* 30
Tabla 9 *Requerimientos de Stakeholders* 31
Tabla 10 *Requerimientos del Sistema* 32
Tabla 11 *Requerimientos de Arquitectura*..... 33
Tabla 12 *Selección de cámara basada en comparativa*..... 35
Tabla 13 *Selección de Lenguaje de Programación basada en comparativa.* 37
Tabla 14 *Selección de Framework basada en comparativa.* 37
Tabla 15 *Librerías usadas en el modelo* 45
Tabla 16 *Componentes Lógicos del Modelo* 47
Tabla 17 *Casos de prueba para evaluación*..... 68
Tabla 18 *Evaluación Casos de Prueba.* 70
Tabla 19 *Cronograma de Actividades para evaluar funcionalidad.*..... 76
Tabla 20 *Escala de evaluación*. 77
Tabla 21 *Recopilación de Datos* 79
Tabla 22 *Día 1 del uso de la aplicación en el laboratorio.* 81
Tabla 23 *Día 2 del uso de la aplicación en el laboratorio.* 83
Tabla 24 *Día 3 del uso de la aplicación en el laboratorio.* 83
Tabla 25 *Día 4 del uso de la aplicación en el laboratorio.* 84
Tabla 26 *Día 5 del uso de la aplicación en el laboratorio.* 85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Tipo de Discapacidad*..... 13
Figura 2 *Grupos Etarios*..... 13
Figura 3 *Grado de Discapacidad*..... 14
Figura 4 *Lenguaje de señas ecuatoriano*..... 16
Figura 5 *Etapas de Visión Artificial*..... 19
Figura 6 *OpenCV librería orientada al procesamiento y análisis de imágenes*..... 21
Figura 7 *Lenguaje de Programación* Python..... 22
Figura 8 *Puntos de detección de mano en Mediapipe*..... 23
Figura 9 *Cámara web-sensor de entrada de datos*..... 24
Figura 10 *Fases de la Metodología Bottom UP*..... 25
Figura 11 *Unidad Educativa Especializada 3 de diciembre - Parroquia San Antonio*. 26
Figura 12 Topología de Red presente en la Institución correspondiente al Laboratorio de Informática..... 27
Figura 13 *Diagrama de Bloques del Sistema*..... 38
Figura 14 *Diagrama de Flujo del Funcionamiento del sistema*..... 40
Figura 15 *Diagrama de Bloques de la generación del Modelo de detección de señas del abecedario dactilológico.*..... 41
Figura 16 *Etapas de generación del modelo*..... 42
Figura 17 Muestras del Dataset letra correspondiente a B..... 43
Figura 18 *Referencia de las partes del Procesamiento de la imagen*..... 43
Figura 19 *Conversión de Imágenes de BGR a RGB*..... 44
Figura 20 *Detección de manos*..... 44
Figura 21 *Extracción de puntos de referencia*..... 45
Figura 22 *Funciones realizadas al archivo .pickle previo al modelo.*..... 46
Figura 23 *Definición del Modelo*..... 47
Figura 24 *Parámetros de compilación del Modelo.*..... 48
Figura 25 *Diagrama de Bloques del Proceso*..... 48
Figura 26 *Modelo Compilado cargado en Google Colab*..... 50
Figura 27 *Modelo generado en formato .json*..... 50
Figura 28 *Archivo del modelo generado para despliegue en aplicaciones web.*..... 51
Figura 29 *Componentes de la aplicación.*..... 52
Figura 30 *Componentes del Material de Angular*..... 53
Figura 31 *Elementos de un componente*..... 54
Figura 32 *Interfaz de la Aplicación en el navegador web*..... 55
Figura 33 *Actividades del componente estudiante.*..... 55
Figura 34 *Componente Reconocimiento*..... 56
Figura 35 Reconocimiento de las manos con el uso de Mediapipe Hands Landmark. 56
Figura 36 *Componente Práctica*..... 57
Figura 37 *Reconocimiento de la seña aleatoria.*..... 57
Figura 38 Componente jugar..... 58

Figura 39 Componente Completar 59
Figura 40 *Componente Docente* 59
Figura 41 Registro de usuarios que utilizan el componente juego. 60
Figura 42 *Información de los resultados del componente juego para cada letra recordada.* 61
Figura 43 *Archivo pdf generado con los resultados del componente juego*..... 62
Figura 44 *Implementación de la aplicación en la Unidad Educativa 3 de diciembre.* 64
Figura 45 *Ícono de la Aplicación.* 64
Figura 46 *Matríz de confusión de cada etiqueta representa las señas.* 66
Figura 47 *Métricas de evaluación.* 68
Figura 48 *Evaluación de Herramienta Digital por parte personal docente*. 73
Figura 49 *Estudiante realizando uso de la aplicación*. 80
Figura 50 *Uso de la Aplicación en el laboratorio* 82
Figura 51 *Verificación de la aplicación y desempeño del estudiante usando la aplicación*. 85

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 Tema

Detector automático de señas enfocado a la enseñanza del léxico dactilológico en la Unidad Educativa Especializada 3 de diciembre.

1.2 Problema de investigación

En el Ecuador, existe un modelo de educación específico en cuanto a la educación de las personas con discapacidades especiales, su enfoque es en la inclusión educativa para potenciar las habilidades y conocimientos. Según el CONADIS (2022) , hay 471.205 personas que habitan actualmente en el Ecuador con algún tipo de discapacidad. Las personas con discapacidad auditiva son del 66538 que representan el 14.12% de la población, el 60% de la población es atendida en el Sistema Nacional de Educación, especialmente en la oferta de Educación General Básica, un dato importante a tener en cuenta es que el 1% de la población sorda desde los 5 años de edad accede a la educación preescolar y cerca del 9% del total de la población sorda corresponde a menores de 12 años (INEC, 2010).

Su plan vigente de estudio se basa en la Malla curricular del Ministerio de Educación con la única diferencia que tiene adaptaciones curriculares necesarias para garantizar la inclusión y permanencia dentro del sistema educativo cumpliendo con el artículo 228 del reglamento General a la Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI, 2017).

Actualmente, la Unidad Educativa Especializada 3 de diciembre se encuentra ubicada en la parroquia de San Antonio en el cantón Ibarra, forma parte de las 108 escuelas especializadas para personas con distintas discapacidades (Machado, 2023). En la unidad educativa cuentan con un total de 33 estudiantes con un nivel de educación inicial, educación básica y bachillerato (Escuelas Ecuador, 2022).

La educación que aquí se imparte es personalizada, en cada aula existen un máximo de 4 estudiantes, en el que el docente emplea una enseñanza individualizada, en

cuanto a los recursos que tienen actualmente es textos y material didácticos físicos para la enseñanza del abecedario dactilológico y la malla en general, el desafío que presenta la unidad educativa 3 de diciembre radica en la falta de recursos didácticos visuales que integren tecnología donde el niño con discapacidad auditiva interactúe con una herramienta tecnológica que potenciará el aprendizaje del abecedario por medio de la práctica de señas en la identificación de vocales y consonantes.

Los alumnos experimentan dificultades al comprender información escrita, debido a su discapacidad auditiva, la visión en el entorno es con la que más aprenden, las actividades relacionadas con la enseñanza del léxico dactilológico no presentan diversidad, los niños tienden a reproducir mecánicamente lo escrito en el pizarrón, se carece de una variedad de métodos o estrategias tecnológicas para enseñar y aprender el léxico dactilológico.

1.3 Justificación

Según la UNESCO (2006), la educación inclusiva se define como la inclusión educativa consiste en reconocer y atender la diversidad de necesidades de todos los estudiantes, fomentando su participación en el aprendizaje, la cultura y la comunidad, mientras se minimiza la exclusión. Esto implica adaptar y transformar contenidos, enfoques, estructuras y estrategias, bajo una perspectiva compartida que garantice la educación de todos los niños en edad escolar, asumiendo que el sistema educativo regular es responsable de su formación.

Por tal motivo en el Ecuador el tema de inclusión educativa en cuanto a discapacidades es uno de los desafíos que enfrenta y lo hace cumplir de acuerdo a sus acciones que se encuentran vigentes en la constitución.

El artículo 47, numerales 7 y 8, de la Constitución del Ecuador, en lo relativo al derecho a la educación, garantiza este derecho a la persona con discapacidad para que desarrolle sus potencialidades, habilidades y para su integración y participación en igualdad de condiciones, para esto deberán tomar medidas como eliminar cualquier barrera hacia el estudiante, brindar cualquier apoyo y utilizar metodologías apropiadas para la comunicación(Constitución de la Republica del Ecuador, 2008).

Para tal fin los planteles regulares incorporan trato diferenciado y los de atención especial la educación especializada, así como también el derecho a usar formas alternativas de comunicación, entre ellos el lenguaje de señas para personas sordas, el oralismo y el sistema braille. La constitución de la república del Ecuador en el año 2008 en la sección sexta de personas con discapacidad planteado en el art. 48 se menciona que las autoridades de los establecimientos educativos deberán tomar las acciones pertinentes para garantizar la inclusión de todo estudiante.

En lo referente a material didáctico u organización de la malla curricular para las personas con discapacidad auditiva el Reglamento General da la Ley Orgánica de Educación Intercultural en el artículo 228 establece que se deben elaborar y ejecutar las adaptaciones curriculares necesarias para garantizar la inclusión y permanencia dentro del sistema educativo, de las personas con discapacidades, por otra parte en el artículo 24 señala que la perspectiva inclusiva de la interculturalidad, basada en la apreciación de la diversidad cultural y el respeto por todas las culturas, busca promover la igualdad educativa, eliminar la discriminación y la exclusión, y fomentar la interacción entre los integrantes de distintas culturas (Ministerio de Educación, 2019).

Ávila et al., (2021), expone que el recurso didáctico para el aprendizaje en el ámbito educativo es una herramienta valiosa para hacer que se interesen más en el medio y potenciar los procesos de enseñanza-aprendizaje, se necesita que el docente utilice canales de comunicación acordes a la realidad del aula, que incentive y promueva la búsqueda de nuevos conocimientos y que estimule los intereses personales de los niños y niñas con discapacidad auditiva.

Rivas (2022), menciona que es importante brindar herramientas a los docentes para que puedan generar aprendizajes significativos en los estudiantes y se fortalezca la educación inclusiva.

En este contexto, el detector automático de señas es una herramienta didáctica dirigida a docentes y estudiantes para la enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Lenguaje y Comunicación respecto al alfabeto manual o dactilológico que en la malla curricular ocupa el mayor número de horas impartidas por su impacto en las habilidades de comunicación que van a desarrollar los niños.

El detector automático de señas tiene su base en el alfabeto manual o dactilológico que es la más usada para aprender lenguaje de señas, cuenta con escenarios donde la interfaz

es muy visual debido a que en el desarrollo lingüístico que llevan las personas sordas depende mucho de la manera de percibir los gestos lo que para un oyente es información adicional para un sordo es la manera de captar los gestos expresivos y su mímica es mucho más acentuada (Alzamora, 2020).

El detector de señas es una alternativa didáctica para la Unidad Educativa 3 de diciembre que desde la Epistemología de sordos se da una respuesta a la necesidad de un modelo Educativo Intercultural Bilingüe (EIB), que valore el lenguaje y la cultura de las Comunidades de Sordos e inspire modelos de alfabetización y prácticas de enseñanza centradas en las características de aprendizaje visual de las personas sordas (Bohórquez et al., 2023).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Desarrollar un sistema detector automático de señas para la enseñanza del léxico dactilológico utilizando tecnología de visión artificial a fin de fomentar la comunicación inclusiva y la alfabetización temprana en niños con discapacidad auditiva y niños en general.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar las bases teóricas por medio de una revisión exhaustiva de referencias bibliográficas acerca de la educación inclusiva en la unidad educativa Especializada 3 de diciembre, técnicas de visión artificial, software y hardware para su desarrollo.
- Definir los requerimientos de diseño del detector automático de señas del abecedario dactilológico, por medio de una revisión de la metodología de enseñanza empleada en la Institución.
- Desarrollo del modelo de visión artificial e interfaz intuitiva que cumpla con los requerimientos del diseño preestablecido.
- Realizar pruebas e implementación con el sistema realizado aplicando a los niños de la institución con el fin de evaluar la funcionalidad.

2 CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El marco teórico emerge como el fundamento sobre el cual se erige y respalda cualquier innovación pedagógica, en el contexto de la herramienta didáctica que integra visión artificial para niños con discapacidad auditiva, resulta imperativo indagar y comprender las bases teóricas que subyacen en su desarrollo e implementación.

Carrascosa (2021), expone que la discapacidad auditiva, entendida como la pérdida parcial o total de la capacidad para escuchar sonidos, representa uno de los desafíos más significativos en el ámbito educativo. Para aquellos niños que experimentan esta condición, la comunicación y la adquisición de conocimientos a menudo se ven obstaculizadas por la dependencia de métodos tradicionales centrados en la expresión verbal. La discapacidad auditiva puede afectar desde el nacimiento o desarrollarse a lo largo del tiempo, presentando variaciones en su grado y tipo.

El acceso a la información y la comunicación se convierte en una tarea compleja para los niños con discapacidad auditiva, ya que muchos recursos educativos tradicionales dependen en gran medida del canal auditivo, la integración de estos estudiantes en entornos educativos convencionales a menudo requiere adaptaciones significativas para garantizar que puedan participar plenamente en el proceso de aprendizaje (Carrascosa, 2021).

Santacruz et al., (2021), la lengua de señas y otras formas de comunicación visual se han convertido en herramientas esenciales para la comunidad con discapacidad auditiva. Sin embargo, las barreras persisten, especialmente en el ámbito educativo, donde la mayoría de los materiales y métodos de enseñanza no están diseñados teniendo en cuenta las necesidades específicas de estos estudiantes.

La visión artificial, como vertiente de la inteligencia artificial, aporta componentes fundamentales para superar las barreras sensoriales. La teoría que respalda esta herramienta didáctica se fundamenta en la capacidad de los sistemas computacionales para procesar información visual y presentar representaciones comprensibles, adaptadas a las necesidades individuales de los estudiantes con discapacidad auditiva (Santacruz et al., 2021).

A lo largo de este marco teórico, se explorarán las contribuciones de teorías educativas y tecnológicas que respaldan el desarrollo de la herramienta didáctica con visión artificial, examinando cómo estas fundamentan la creación de un entorno inclusivo y accesible para los niños con discapacidad auditiva.

2.1 Discapacidad Auditiva

Es esencial abordar y comprender las múltiples condiciones que afectan la experiencia individual, dentro de este panorama, la discapacidad auditiva emerge como una realidad que influye en cómo las personas perciben y se relacionan con su entorno.

Chary et al., (2023), explican que la discapacidad auditiva, caracterizada por la carencia, disminución o pérdida de la capacidad para percibir sonidos, puede presentarse en uno o ambos oídos en distintos niveles, como leve, moderada, grave o profunda. A pesar de no ser una enfermedad, esta condición física impacta significativamente la capacidad auditiva y, aunque no sea evidente a simple vista, se manifiesta de manera diversa en cada individuo.

Las personas con discapacidad auditiva conforman un grupo heterogéneo en el cual las experiencias y necesidades varían según factores como el grado de pérdida auditiva, la edad de aparición y el acceso a la tecnología, este aspecto diverso destaca la importancia de comprender la singularidad de cada caso, reconociendo que la discapacidad auditiva no es un rasgo homogéneo (Zamora, 2021).

Las consecuencias de la discapacidad auditiva abarcan desde dificultades en la comunicación, que afectan la comprensión y expresión oral, hasta un posible retraso en el desarrollo del lenguaje, impactando el aprendizaje y la interacción social. Además, se manifiesta en aislamiento social y discriminación, creando barreras en el acceso a la educación, el empleo y otros entornos sociales.

2.1.1 Clasificación de Discapacidad Auditiva

En el amplio escenario de las condiciones auditivas, la reducción de la capacidad auditiva se manifiesta como una realidad variada categorizada en base a su nivel y tipo de disminución auditiva, a continuación, se presenta su clasificación.

- *Sorderas Hereditaria*

En las condiciones auditivas se presentan diferentes tipos como las pérdidas auditivas hereditarias, igualmente reconocidas como deficiencias genéticas o congénitas, constituyen un elemento relevante. Estas afecciones, transferidas de progenitores a descendientes por medio de la herencia genética, exhiben diversas manifestaciones que se clasifican conforme a patrones genéticos específicos.

Muñoz (2023), explica que, en el contexto de esta categoría, la transmisión autosómica dominante se caracteriza por la existencia de una mutación en un solo gen ubicado en los cromosomas autosómicos, siendo suficiente para desencadenar la pérdida auditiva, este tipo de herencia posibilita que los padres actúen como portadores sin evidenciar síntomas.

En el ámbito de la herencia mitocondrial, la pérdida auditiva se transmite mediante las mitocondrias presentes en el óvulo materno, afectando tanto a varones como a mujeres, si bien solo las mujeres portadoras tienen la habilidad de legar la condición a sus descendientes (Muñoz, 2023).

Estas variantes de pérdida auditiva hereditaria, cada una con sus características genéticas específicas, contribuyen a la comprensión de la diversidad en las condiciones auditivas.

- *Sordera Neurosensoriales*

En el contexto de las disminuciones auditivas, la sordera neurosensorial se presenta como una categoría de pérdida de audición que se origina en la disfunción de las células sensoriales del oído interno o del nervio auditivo, en los próximos párrafos, se profundiza en esta condición auditiva, analizando en detalle sus características y el impacto que provoca en la vida de aquellos que la experimentan.

Hernandez et al., (2022), explica que la pérdida de audición neurosensorial, al igual que otras variantes de disminución auditiva, puede derivar de diversas causas, que incluyen factores genéticos, exposición prolongada a ruidos fuertes, lesiones traumáticas, infecciones del oído, efectos secundarios de ciertos medicamentos o el envejecimiento natural. Lo distintivo de esta clasificación radica en la afectación de las células ciliadas del oído interno o del nervio auditivo, entorpeciendo la transmisión de señales auditivas al cerebro.

Las implicaciones de la hipoacusia neurosensorial trascienden la pérdida de la capacidad auditiva, ya que puede influir de manera significativa en la calidad de vida de las personas afectadas. La complicación para percibir y comprender sonidos puede repercutir en la comunicación, la interacción social y el rendimiento académico o laboral (Hernandez et al., 2021).

- *Sordera de pérdida auditiva*

Dentro del panorama de las limitaciones auditivas, la sordera atribuida a la pérdida de la capacidad auditiva se revela como una condición diversa, caracterizada por la variabilidad en la intensidad de la pérdida auditiva, esta categoría específica de sordera abarca distintos grados de afectación, los cuales se evalúan en decibelios para cuantificar el nivel de compromiso auditivo que experimenta el individuo con dicha discapacidad.

Salinas y Mellano (2020), sugieren que la pérdida auditiva puede manifestarse de manera leve, moderada, severa o profunda, presentando desafíos únicos en cada nivel. Los grados de pérdida auditiva en decibelios proporcionan una medida cuantitativa de la capacidad auditiva residual y orientan tanto el diagnóstico como el diseño de intervenciones específicas.

Al explorar más a fondo la sordera por pérdida auditiva, es crucial destacar detalladamente los diferentes niveles de afectación, expresados en decibelios. Cada grado en decibelios refleja la magnitud de la pérdida auditiva y permite una comprensión más precisa de las necesidades específicas de cada individuo.

En el caso de la sordera por pérdida auditiva, se puede observar en la tabla 1, que presenta los diferentes grados en decibelios respecto al nivel de afectación auditiva. Esta herramienta de clasificación cuantitativa proporciona una visión detallada de la variabilidad en la pérdida auditiva, facilitando así la personalización de intervenciones y el diseño de estrategias adaptadas a las necesidades individuales.

Tabla 1

Grados de Pérdida Auditiva

Grados de Pérdida Auditiva	
Nivel de Pérdida Auditiva	**Valores en decibelios**
Pérdida Ligera	20-40 dB
Pérdida Moderada	40-60 dB
Pérdida Severa	60-90 dB
Pérdida Profunda	<90 dB

Fuente:
Salinas & Mellano, (2020)

2.2 Discapacidad auditiva en la educación

La incapacidad auditiva en el ámbito educativo plantea retos significativos y resalta la importancia de adoptar enfoques inclusivos para asegurar igualdad de oportunidades. Esta condición, que comprende desde pérdidas leves hasta sordera profunda, puede impactar la adquisición del lenguaje, la comunicación y el acceso a la información auditiva en entornos educativos convencionales.

Bresan et al., (2023), mencionan que la integración de estudiantes con incapacidad auditiva implica la implementación de estrategias pedagógicas que se ajusten a sus necesidades específicas. El uso de tecnologías asistidas, como dispositivos auditivos, sistemas de frecuencia modulada y bucles magnéticos, puede facilitar la participación activa en el aula al mejorar la audición y disminuir las barreras comunicativas. Además, contar con intérpretes de lengua de señas y fomentar el uso de esta forma de comunicación contribuye a la inclusión y comprensión plena de los contenidos educativos.

El diseño de materiales educativos accesibles es otro aspecto crucial, la provisión de textos escritos, subtítulos en videos y recursos visuales refuerza el aprendizaje de estudiantes con incapacidad auditiva al ofrecer alternativas comprensibles y adaptadas. De igual manera, promover la colaboración y conciencia entre los compañeros de clase y el personal docente contribuye a crear un entorno educativo más comprensivo y solidario.

La formación continua del personal docente en estrategias pedagógicas inclusivas y en el uso de tecnologías adaptativas es esencial para garantizar una educación equitativa. El apoyo a las políticas educativas que respalden la inclusión y la accesibilidad también juega un papel crucial en la creación de entornos educativos que satisfagan las necesidades de todos los estudiantes, independientemente de sus capacidades auditivas. En última instancia, la atención a la diversidad en el aula no solo enriquece la experiencia educativa, sino que también promueve valores fundamentales de igualdad y respeto (Concordi & Peceros, 2021).

2.2.1 Educación Inclusiva

En el contexto educativo, la educación inclusiva se revela como un enfoque revolucionario que persigue la participación integral y justa de todos los alumnos, sin importar sus divergencias o aptitudes. Este paradigma, arraigado en principios de

igualdad y diversidad, aboga por la adaptación de los sistemas educativos con el fin de satisfacer las necesidades particulares, asegurando el acceso a oportunidades de aprendizaje de alta calidad. Al promover la aceptación y valoración de la diversidad, la educación inclusiva reconoce la singularidad de cada estudiante y promueve entornos educativos que estimulan la participación activa y el crecimiento integral.

El Ministerio de Educación (2022), explica que, en la implementación de la educación inclusiva, se busca superar las barreras convencionales que han excluido a ciertos grupos de alumnos. Esto implica ajustar métodos de enseñanza, ofrecer respaldos especializados y fomentar un ambiente inclusivo donde todos los estudiantes se sientan respetados y aceptados. Además, la educación inclusiva no solo atiende a las necesidades de los estudiantes con discapacidad, sino que abarca a todos los alumnos, reconociendo y celebrando la diversidad en todas sus manifestaciones.

Jiménez (2021), expresa que en el marco de la discapacidad auditiva, esta condición se refiere a la carencia, reducción o pérdida de la capacidad auditiva en algún punto del sistema auditivo, la discapacidad auditiva puede presentarse en grados variables, desde leve hasta profundo, afectando uno o ambos oídos. Es crucial comprender que la discapacidad auditiva no constituye una enfermedad, sino una condición física que influye en la capacidad de percibir sonidos. Esta condición, que no es evidente a simple vista, impacta la comunicación, el desarrollo del lenguaje, la participación social y la calidad de vida de quienes la experimentan. La inclusión educativa de personas con discapacidad auditiva se torna esencial, reconociendo el derecho de todos los alumnos a recibir una educación de calidad, en concordancia con los fundamentos filosóficos y éticos de la teoría de la inclusión.

2.2.2 Leyes y derechos de personas con discapacidad auditiva

En el contexto educativo ecuatoriano, se han evidenciado cambios notorios hacia la inclusividad, delineando un sistema más equitativo y accesible para todos los estudiantes. En el ámbito normativo, la Constitución de la Republica del Ecuador (2008), Ley Orgánica de Educación Intercultural LOEI (2017) y el Plan Nacional de Desarrollo (2023), junto con otras disposiciones nacionales e internacionales, establecen claramente el derecho a la educación inclusiva para los niños, niñas y adolescentes con discapacidad, estos avances legales han sentado las bases para la implementación de políticas públicas orientadas a promover la inclusión educativa.

En este contexto, el Ministerio de Educación (2022), ha desempeñado un papel fundamental al impulsar diversas iniciativas, como el Plan Nacional de Educación Inclusiva 2018-2022 y el Proyecto de Inclusión Universal para el Aprendizaje (IUA). La creación de la Dirección Nacional de Educación Especializada e Inclusiva refleja el compromiso continuo con la diversidad en el sistema educativo. La capacitación docente ha sido una prioridad, con programas diseñados para fortalecer las competencias de los educadores y garantizar una atención de calidad que aborde las necesidades individuales en el aula.

A pesar de estos avances, persisten desafíos significativos, las barreras actitudinales y las prácticas que obstaculizan la plena inclusión de estudiantes con discapacidad aún requieren atención, la infraestructura escolar, aunque ha mejorado, sigue siendo un punto crítico, especialmente en áreas rurales y urbano-marginales, la escasez de personal especializado, como docentes de apoyo, psicólogos y terapistas, representa otro obstáculo a superar. Además, la desigualdad en el acceso a la educación inclusiva entre zonas geográficas resalta la necesidad de esfuerzos más amplios y coordinados (Ministerio de Educación, 2022).

El aumento sostenido de la inversión en recursos humanos, materiales y tecnológicos proporcionará condiciones más propicias para la inclusión, la formación continua de los docentes seguirá siendo una prioridad, fortaleciendo sus capacidades para atender de manera efectiva a la diversidad en el aula. Se espera también un mayor involucramiento de las familias y la comunidad, contribuyendo a un entorno educativo cada vez más inclusivo y participativo. Estos esfuerzos colectivos encaminan a Ecuador hacia un futuro educativo más equitativo y diverso.

2.3 Estadísticas Nacionales

En este apartado se presenta las estadísticas correspondientes al porcentaje de personas con discapacidad en Ecuador, así como también los tipos de discapacidad que existen, a continuación, lo expuesto.

2.3.1 Porcentaje de Personas con discapacidad en Ecuador

En el estado ecuatoriano actual, las estadísticas referentes a la discapacidad auditiva se rigen como una herramienta esencial para comprender la dimensión y la complejidad de esta realidad en la población del país. A continuación, se presentan algunas estadísticas relevantes que ofrecen un vistazo a la distribución y la situación de las personas con discapacidad auditiva en aspectos poblacionales, educativos.

Tabla 2

Porcentaje de personas con discapacidad en Ecuador

Categoría	Estadísticas
Población Total	- El 3,34% de la población ecuatoriana presenta alguna discapacidad (aproximadamente 599.000 personas). - De este porcentaje, alrededor del 11% experimenta discapacidad auditiva (unos 65.890 individuos). - Datos específicos por provincia o género no están disponibles.
Educación	- En el año 2022, 15.800 estudiantes con discapacidad auditiva estaban matriculados en el sistema educativo ecuatoriano. - De ellos, 12.300 asistían a escuelas fiscales, 2.900 a escuelas fiscomisionales y 600 a escuelas particulares. - La mayoría de los estudiantes con discapacidad auditiva se encuentra matriculada en educación general básica. - Existe una brecha significativa en la cobertura educativa para personas con discapacidad auditiva, especialmente en educación superior.

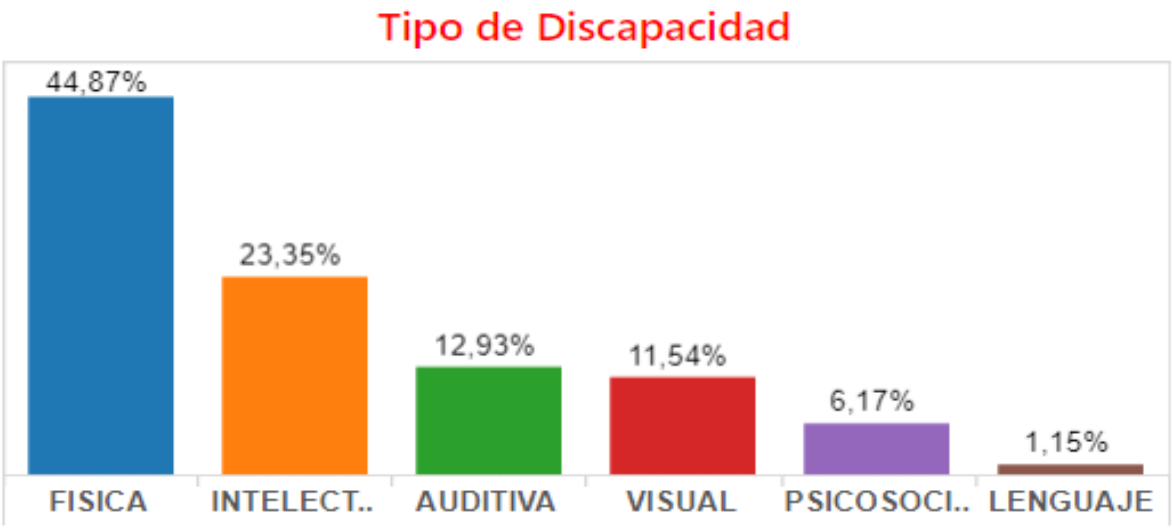
Fuente: Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, (2023)

2.3.2 Tipos de discapacidad

La figura 1, que se presenta a continuación arroja luz sobre las estadísticas de discapacidad en Ecuador, desglosadas por tipo, ofreciendo una visión panorámica de la diversidad de desafíos que enfrenta la población en este ámbito, entre las diversas categorías de discapacidad, se destaca que la discapacidad física se posiciona como la más prevalente, seguida por la discapacidad intelectual, auditiva, visual, psicosocial y de lenguaje.

Estas estadísticas son fundamentales para comprender la distribución de las distintas formas de discapacidad en la sociedad ecuatoriana y guiar estrategias inclusivas que aborden las necesidades específicas de cada grupo. La figura no solo representa datos, sino que también refleja la diversidad y complejidad de las experiencias individuales dentro de la comunidad con discapacidades en Ecuador.

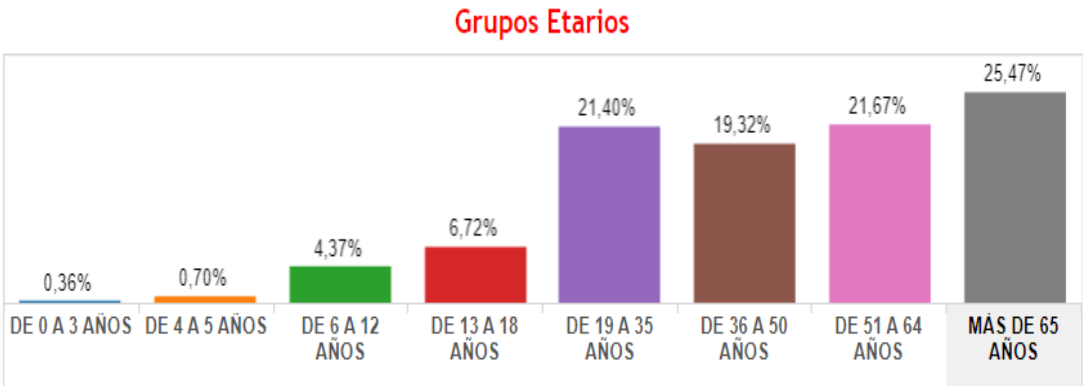
Figura 1
Tipo de Discapacidad



Nota: La figura representa los tipos de discapacidad que existen en el Ecuador. Fuente : Tomado de Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, (2023)

La Figura 2 ofrece una visión detallada de las estadísticas de discapacidad en Ecuador, clasificadas por grupos etarios. Este enfoque facilita el análisis del impacto de las diferentes discapacidades a lo largo del ciclo de vida, evidenciando su prevalencia en distintas etapas. La representación por rangos de edad permite identificar las necesidades específicas de cada grupo poblacional, proporcionando información clave para desarrollar estrategias inclusivas adaptadas a cada etapa del desarrollo.

Figura 2
Grupos Etarios

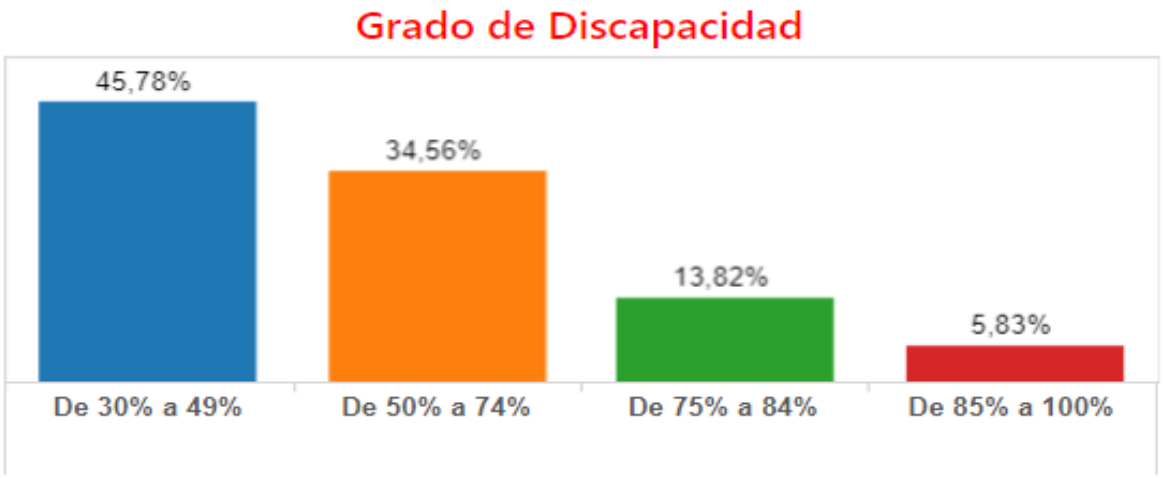


Nota: La figura representa los grupos etarios, que existen en el Ecuador. Fuente: Tomado de Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, (2023)

La Figura 3 proporciona una representación gráfica detallada de los diferentes grados de discapacidad en Ecuador. Esta visualización es esencial para comprender la diversidad y la intensidad de las limitaciones que enfrenta la población con discapacidades. Clasificando las discapacidades según sus grados, la figura ofrece una perspectiva que permite identificar la magnitud de los desafíos a los que se enfrentan las personas en función de la intensidad de su discapacidad.

Figura 3

Grado de Discapacidad



Nota: La figura representa los grados de discapacidad, que existen en el Ecuador. Fuente: Tomado de Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, (2023)

2.4 Estadísticas Internacionales

Las estadísticas internacionales acerca de la discapacidad auditiva en el año 2024 aún no han sido publicadas. No obstante, es posible emplear los datos del año 2023 como punto de referencia, teniendo en cuenta que las cifras podrían haber experimentado ligeras variaciones. Según la información proporcionada por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023), en 2023:

A continuación, se presenta una tabla con estas estadísticas internacionales sobre discapacidad auditiva.

Tabla 3

Estadísticas internacionales

Indicador	**Cifra (2023)**
Población mundial con pérdida auditiva	466 millones (aproximadamente el 5% de la población)
Niños con pérdida auditiva discapacitante	34 millones
Prevalencia de pérdida auditiva con la edad	Aumenta
Principales causas de la pérdida auditiva	Exposición a ruidos fuertes, infecciones, genética, uso de ciertos medicamentos
Impacto en la salud	Significativo en aspectos físicos, mentales y sociales

Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS), (2023)

2.5 Lenguaje de Señas

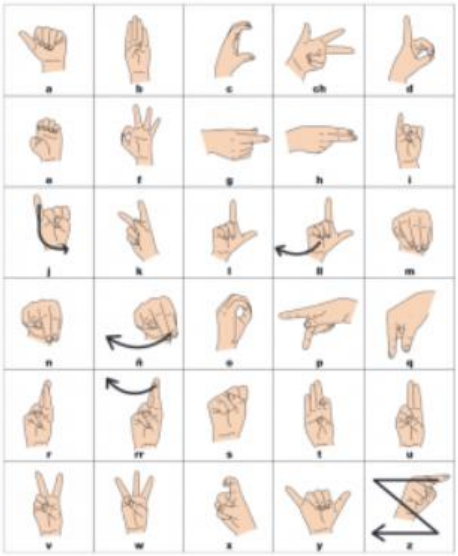
La lengua de señas es un sistema comunicativo esencial empleado principalmente por individuos sordos o con discapacidad auditiva para expresar sus pensamientos, emociones e ideas. En contraste con las lenguas orales, este método lingüístico se basa en el uso de gestos, movimientos de las manos, expresiones faciales y corporales para construir mensajes coherentes y complejos. Es crucial destacar que la lengua de señas prescinde de sonidos audibles, centrando su enfoque en la percepción visual y táctil, permitiendo la comunicación efectiva en ausencia del sentido del oído. Cada país o región puede contar con su propia lengua de señas, distinguiéndose por su gramática y vocabulario únicos, resaltando así la diversidad cultural y lingüística presente en las comunidades sordas.

Vargas (2020), explica en su esencia, la lengua de señas va más allá de ser un simple medio de comunicación funcional; representa un elemento intrínseco de la identidad y la cultura de la comunidad sorda. A través de gestos y expresiones visuales, la lengua de señas no solo facilita la comunicación diaria, sino que también contribuye a la construcción de narrativas culturales y sociales propias. Cada movimiento y expresión dentro de la lengua de señas tiene un significado profundo y simbólico, enriqueciendo la

forma en que las personas sordas se conectan entre sí y se expresan en el mundo que les rodea.

Figura 4

Lenguaje de señas ecuatoriano



Nota: En la figura se observa el abecedario de la lengua de señas ecuatoriana oficial de Ecuador. Tomado de Lengua de señas de Ecuador, (2021)

2.6 Metodología de estudio para personas sordas

La exploración acerca de la metodología de estudio de individuos con discapacidad auditiva representa un ámbito significativo para entender y enfrentar sus necesidades particulares. En este entorno, se establece una comprensión profunda de los procedimientos y tácticas utilizados para analizar la vivencia y el proceso de aprendizaje de personas con discapacidad auditiva.

2.6.1 Metodología de Estudio

Vaca (2023), propone que la metodología de estudio destinada a individuos con discapacidad auditiva se construye sobre un enfoque bilingüe bicultural, reconociendo la lengua de señas como la expresión natural de la comunidad sorda y la lengua escrita del entorno como una segunda forma de comunicación.

Principios como la facilidad de acceso, la participación activa, el hincapié en las habilidades y la capacidad de adaptación orientan esta metodología. Las tácticas implementadas abrazan el empleo de la lengua de señas como el lenguaje principal de instrucción, la enseñanza de la lectura labial y la utilización de audífonos como recursos complementarios. Se utilizan tecnologías de asistencia como subtítulos, transcripciones en tiempo real y videoconferencias. Las tutorías individualizadas o en grupo y el aprendizaje práctico a través de proyectos, talleres y excursiones son elementos fundamentales.

Los recursos disponibles para respaldar este enfoque incluyen libros y materiales en lengua de señas, intérpretes de lengua de señas, tecnologías de asistencia y organizaciones de apoyo. Asimismo, se destacan metodologías específicas, como el Método bimodal que amalgama el habla oral con la lengua de señas, y el Método de comunicación total, que aprovecha todos los canales de comunicación disponibles. Es esencial señalar que la elección de la metodología adecuada dependerá de las necesidades individuales, el estilo de aprendizaje y el entorno educativo de cada persona con discapacidad auditiva.

2.6.2 Herramientas Didácticas

En el panorama educativo, las herramientas didácticas se erigen como recursos indispensables, evolucionando en su concepción y aplicación para adaptarse a la diversidad de los estudiantes. Estos instrumentos desempeñan un papel crucial al facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje, ajustándose a las particularidades de cada individuo. Dentro de este contexto dinámico, las herramientas didácticas con visión artificial destinadas a niños con discapacidad auditiva emergen como una innovación significativa, buscando trascender las limitaciones sensoriales y fomentar la inclusión educativa.

Bracamote y Novoa (2020), explican que estas herramientas se sustentan en la habilidad de los sistemas computacionales para procesar información visual y proporcionar representaciones comprensibles. El carácter inclusivo de estas herramientas implica la consideración del aprendizaje visual y la relevancia del estímulo visual en el proceso educativo de los niños con discapacidad auditiva. Al comprender cómo estos infantes pueden aprovechar los estímulos visuales para la adquisición de conocimientos y habilidades, las herramientas didácticas con visión artificial persiguen el objetivo de brindar experiencias educativas enriquecedoras y accesibles para todos.

2.7 Visión Artificial

La visión artificial, en el ámbito tecnológico, se revela como una disciplina innovadora que se dedica al desarrollo de sistemas capaces de interpretar y comprender el entorno visual, imitando la percepción humana. Este campo emplea algoritmos y modelos matemáticos para procesar información visual, extraer patrones y reconocer objetos a partir de datos capturados por cámaras u otros dispositivos.

Sánchez y Moreno (2023), mencionan que, gracias a los avances en inteligencia artificial, la visión artificial ha logrado que las máquinas aprendan y mejoren su desempeño en diversas aplicaciones, marcando un hito importante en la convergencia entre la tecnología y la percepción visual humana. En este contexto, la aplicación de la visión artificial en herramientas didácticas destinadas a niños con discapacidad auditiva responde a su capacidad única para transformar información visual en representaciones adaptadas a las necesidades individuales. La razón subyacente a la incorporación de la visión artificial en estas herramientas radica en superar las barreras sensoriales, proporcionando a los niños con discapacidad auditiva una experiencia educativa más inclusiva y enriquecedora. La versatilidad de la visión artificial posibilita la personalización del aprendizaje, ofreciendo estímulos visuales que complementan y refuerzan el proceso educativo de manera accesible y efectiva.

2.7.1 Etapas Visión Artificial

La incorporación tecnológica denominada percepción visual abarca un conjunto diverso de fases fundamentales con el propósito de procesar y discernir la información visual. Este enfoque multidisciplinario implica una serie de etapas críticas, cada una contribuyendo de manera relevante al análisis y comprensión de datos visuales, a continuación, se explica cada una de estas etapas de acuerdo a Montoya y Quiroga, (2021):

En una fase inicial, la etapa primaria de recolección de datos visuales se encarga de adquirir información mediante cámaras u otros dispositivos de captura de imágenes, donde la calidad y cantidad de datos obtenidos juegan un papel crucial en el proceso global. Posteriormente, se revela la fase de procesamiento previo de imágenes, la cual

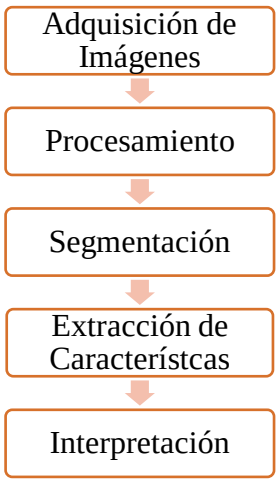
asume la responsabilidad de llevar a cabo transformaciones destinadas a mejorar la calidad visual y facilitar el análisis posterior. Este procedimiento abarca acciones como la corrección de iluminación, la adaptación de contraste y la disminución de ruido, buscando optimizar la información visual para fases posteriores del proceso. Seguidamente, la etapa de segmentación entra en acción, realizando la partición de la imagen en regiones con características visuales compartidas, simplificando así la identificación y análisis de objetos particulares.

La etapa de obtención de características emerge posteriormente, centrándose en identificar y extraer atributos relevantes de los objetos segmentados, como formas, colores o texturas distintivas. A través de algoritmos basados en el aprendizaje automático, la etapa de reconocimiento y categorización se encarga de cotejar las características extraídas con patrones previamente internalizados, dando lugar a la categorización de objetos o la toma de decisiones fundamentada en la identificación de patrones visuales. La interpretación y toma de decisiones constituyen otra etapa crítica, donde se analiza la información visual procesada para fundamentar decisiones con base en los resultados obtenidos (Montoya & Quiroga, 2021).

Para concluir el ciclo, la etapa de retroalimentación y mejora continua entra en funcionamiento, implementando mecanismos que ajustan el rendimiento del sistema con el tiempo, permitiéndole adaptarse a nuevas condiciones y escenarios. Este proceso integrado y holístico posibilita que los sistemas de percepción visual interpreten y comprendan su entorno visual.

Figura 5

Etapas de Visión Artificial



Nota: En la figura se observa las etapas de visión artificial, en cada una de sus fases dando una noción de lo que desarrolla esta tecnología. Fuente: Tomado de Montoya & Quiroga, (2021)

2.7.2 Técnicas de Visión Artificial

La implementación de técnicas de visión artificial representa un pilar esencial en el panorama tecnológico actual, desencadenando avances significativos en diversos sectores. Estas técnicas se centran en el desarrollo y aplicación de algoritmos y modelos computacionales capaces de interpretar y procesar información visual de manera eficaz.

Alarcón (2023), explica que, desde la identificación de objetos en imágenes hasta el reconocimiento facial y la clasificación de patrones, las técnicas de visión artificial aprovechan la capacidad de las máquinas para analizar datos visuales complejos, proporcionando soluciones innovadoras en campos como la medicina, la industria, la seguridad y la inteligencia artificial.

En la esencia de las técnicas de visión artificial, convergen métodos avanzados de procesamiento de imágenes, aprendizaje profundo y redes neuronales convolucionales. Estos enfoques permiten a los sistemas automatizados no solo reconocer patrones visuales, sino también adaptarse y mejorar su rendimiento con el tiempo. La integración de estas técnicas en dispositivos cotidianos, como cámaras de seguridad y vehículos autónomos, destaca el impacto transformador de estas tecnologías en la forma en que interactuamos con el entorno y enfrentamos desafíos complejos en la era digital.

2.8 Procesamiento de Imágenes

La manipulación de imágenes constituye una disciplina esencial en la visión computacional, focalizada en el estudio y tratamiento de datos visuales, este campo se dedica a desarrollar algoritmos y estrategias destinadas a mejorar la calidad, interpretar patrones y extraer información relevante de imágenes digitales. Desde la ajustación de iluminación y la modificación de contraste hasta la eliminación de perturbaciones y la delimitación de objetos, la manipulación de imágenes juega un rol crucial en la preparación y perfeccionamiento de datos visuales para su ulterior análisis y toma de decisiones en diversos contextos, como la medicina, la vigilancia y la investigación científica.

Parra (2021), menciona que el procesamiento de imágenes implica la aplicación de técnicas avanzadas como la transformación de Fourier para el análisis de frecuencias, la detección de bordes para resaltar contornos importantes, y la filtración para mejorar la nitidez y eliminar imperfecciones. Estas estrategias avanzadas permiten no solo mejorar la calidad visual de las imágenes, sino también resaltar características específicas que son cruciales para tareas específicas, como la detección de objetos en entornos complejos o la identificación de patrones en imágenes médicas. La constante evolución de las técnicas de procesamiento de imágenes contribuye significativamente a la capacidad de la visión artificial para abordar desafíos cada vez más complejos y proporcionar soluciones precisas en diversas aplicaciones.

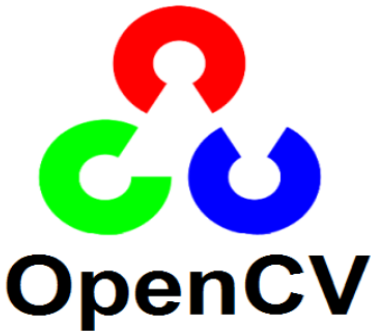
2.9 Software y Hardware

2.9.1 OpenCV

OpenCV, una biblioteca de visión computacional de código abierto, se muestra como un conjunto íntegro de herramientas y algoritmos especializados destinados a procesar y analizar imágenes y vídeos de manera eficiente, esta plataforma de desarrollo, establecida como un estándar en el campo de la visión artificial, abarca desde operaciones básicas, como el filtrado y la manipulación de imágenes, hasta técnicas avanzadas, como el reconocimiento facial y la calibración de cámaras.

Arevalo y Gonzalez (2021) explica que, su estructura modular y su amplia variedad de funciones facilitan la ejecución de proyectos diversos, abriendo oportunidades en campos tan diversos como la robótica, la seguridad, la medicina y la automatización industrial, al proporcionar a la comunidad científica y de desarrollo una plataforma ajustable y de código abierto, contribuye al avance constante de la investigación y la aplicación práctica en la visión computacional, consolidando su posición como un recurso esencial en el conjunto de herramientas para proyectos visuales y analíticos.

Figura 6
OpenCV librería orientada al procesamiento y análisis de imágenes



Nota: La figura representa el logo la librería. Fuente: Tomado de: Open Cv, (2021)

2.9.2 Python

Py, un lenguaje de codificación de alto nivel, resalta como un entorno polifacético y robusto para la creación de aplicaciones y proyectos variados. Reconocido por su estructura clara y fácil de entender, Py emerge como una elección preferida en el círculo de los programadores, cubriendo desde labores sencillas hasta emprendimientos intrincados.

Silva (2021), explica que este idioma de sistema expuesto, con una extensa gama de bibliotecas y marcos de trabajo, proporciona adaptabilidad y eficacia, transformándose en un instrumento esencial en campos como la inteligencia artificial, el análisis de datos, la red y la automatización.

La colectividad activa y entregada que apoya el progreso de Py contribuye a su desarrollo constante y a su posición destacada como una alternativa principal para aquellos que buscan un entorno de codificación potente y de fácil acceso.

Figura 7
Lenguaje de Programación Python *Logo*

Nota: La figura representa el logo del lenguaje de programación. Fuente: Tomado de Python Icon, (2021)

2.9.3 Mediapipe

Mediapipe, una plataforma integral de desarrollo de visión computacional, se presenta como un conjunto completo de herramientas y bibliotecas para la creación eficiente de aplicaciones y proyectos centrados en el análisis de imágenes y vídeos. Esta tecnología, consolidada como una solución versátil, abarca desde funciones elementales, como la detección y el seguimiento de objetos, hasta características avanzadas, como la estimación de poses y la identificación facial.

Bazarevsky (2021), explica que su estructura modular y su amplia variedad de funciones facilitan la implementación de proyectos diversos, brindando posibilidades en campos tan diversos como la realidad aumentada, la interacción humano-computadora y el seguimiento de movimientos en tiempo real. Mediapipe, al proporcionar una plataforma completa y flexible, se posiciona como una herramienta esencial para aquellos que buscan desarrollar soluciones visuales y analíticas con un enfoque en la visión computacional.

Figura 8

Puntos de detección de mano en Mediapipe

Nota: La figura representa los puntos de detección de mano, que será usado en el detector automático de señas. Fuente: Tomado de Bazarevsky, (2021).

2.9.4 Sensor de entrada de datos

Los dispositivos de entrada de datos juegan un papel fundamental en los sistemas de visión artificial al ser responsables de recopilar información del mundo real para su

posterior procesamiento. Entre los distintos tipos de sensores disponibles, se destacan las cámaras, es un dispositivo digital que, a través de un ordenador o una red informática, permite capturar videos, imágenes y fotografías. Estos dispositivos son capaces de grabar múltiples fotogramas a alta velocidad por segundo, lo que facilita la obtención de contenido visual de manera eficiente.

Figura 9

Cámara web-sensor de entrada de datos

Nota: La figura representa un sensor de entrada para capturar datos en tiempo real. Fuente: Tomado de Woles, (2021)

2.10 Metodología

La implementación del proyecto sigue la metodología Bottom-Up, la cual facilita la integración de los distintos componentes del sistema al comenzar desde un enfoque específico para luego abordar aspectos más generales o variables globales. A continuación, se expone una descripción de la figura 10.

Cada componente individual se describe minuciosamente, y los elementos se combinan de manera progresiva hasta concluir en un sistema final, alcanzando así el nivel superior. A diferencia de otros enfoques, la metodología Bottom-Up no exige tener una visión precisa del estado final del proyecto desde el principio; en su lugar, se identifica una característica específica para llevar a cabo el proyecto, permitiendo así la unión de las pequeñas piezas que, en última instancia, constituirán un sistema integral conformado por subsistemas. Las etapas a seguir comprenden especificaciones, ciclo de verificación, integración de bloques, verificación del sistema y el producto final (Molina, 2021).

Figura 10
Fases de la Metodología Bottom UP

Nota: En la figura se denota las etapas que se encuentran dentro de un esquema acerca de la Metodología Bottom-Up. Fuente: Tomado de Molina, (2021)

3 CAPÍTULO III

DISENO DEL SISTEMA

En el presente capítulo se describe la realización de la metodología propuesta 'Bottom-Up' para el diseño de la herramienta digital, iniciando por la situación actual, seguido de los requerimientos, los componentes del sistema, el desarrollo del modelo y la aplicación, cada parte que se presenta a lo largo del capítulo se encuentra pormenorizado en cuanto a su realización.

3.1 Desarrollo de Metodología

Para el desarrollo del sistema se describe la realización de la metodología propuesta Bottom-Up, en la que en cada fase se compone de aspectos a cumplir para llegar al producto final, la metodología planteada se acopla a lo que se lleva a cabo en el estudio de una herramienta didáctica digital que ayude de soporte al proceso enseñanza aprendizaje del abecedario dactilológico en la Unidad Educativa Especializada 3 de Diciembre, así se tiene a continuación las fases que conforman la metodología propuesta junto con lo que se va realizar en cada una de ellas.

1. Fase de especificaciones el análisis de la situación actual de la Unidad Educativa Especializada 3 de diciembre.
2. Fase de verificación en la cual se obtiene los requerimientos a cumplir en el diseño.

3. Fase de integración de bloques se realiza el desarrollo de la herramienta con las especificaciones de los beneficiados.
4. Fase de verificación del sistema se hace la implementación y respectivas pruebas de funcionamiento.

3.2 Situación Actual

La Unidad Educativa Especializada 3 de diciembre se encuentra ubicado en la provincia de Imbabura, en el cantón Ibarra de la parroquia San Antonio. Es un centro educativo de Ecuador perteneciente a la Zona 1, geográficamente es un centro educativo rural, su modalidad es Presencial en jornada Matutina, con tipo de educación especial y con nivel educativo que tiene Preparatoria, Educación Básica y Bachillerato en Ciencias, la Unidad educativa obtiene sus recursos para desarrollar sus actividades de manera Fiscal, y está en el régimen escolar Sierra. Actualmente consta de un total aproximado de 11 docentes y 33 estudiantes.

A través de una entrevista se identificó que los recursos para la educación con la que cuentan son recursos educativos convencionales que en su mayoría tienen una interactividad limitada al trabajar con estudiantes que tienen discapacidad auditiva, teniendo una falta de material didáctico visual que se acoplen a las necesidades de aprendizaje que contribuyan a la comprensión y mejora las habilidades de comunicación, la entrevista realizada se puede observar en el ANEXO D.

Así también se conoce en cuanto a el proceso enseñanza-aprendizaje del abecedario dactilológico que en la institución tienen la asignatura de Lengua de señas que se encuentra vigente en la malla curricular, para la cual se cuenta con libros de textos impresos, tarjetas educativas, así como también se identificó la metodología de enseñanza que se emplea llamada Tripleta la cual consta de la imagen, la seña, y la palabra correspondiente a cada parte del abecedario a la que se imparte al estudiante.

Figura 11

Unidad Educativa Especializada 3 de diciembre - Parroquia San Antonio

Nota. En la figura se indica el establecimiento donde se desarrollan las actividades académicas. Fuente: Autor

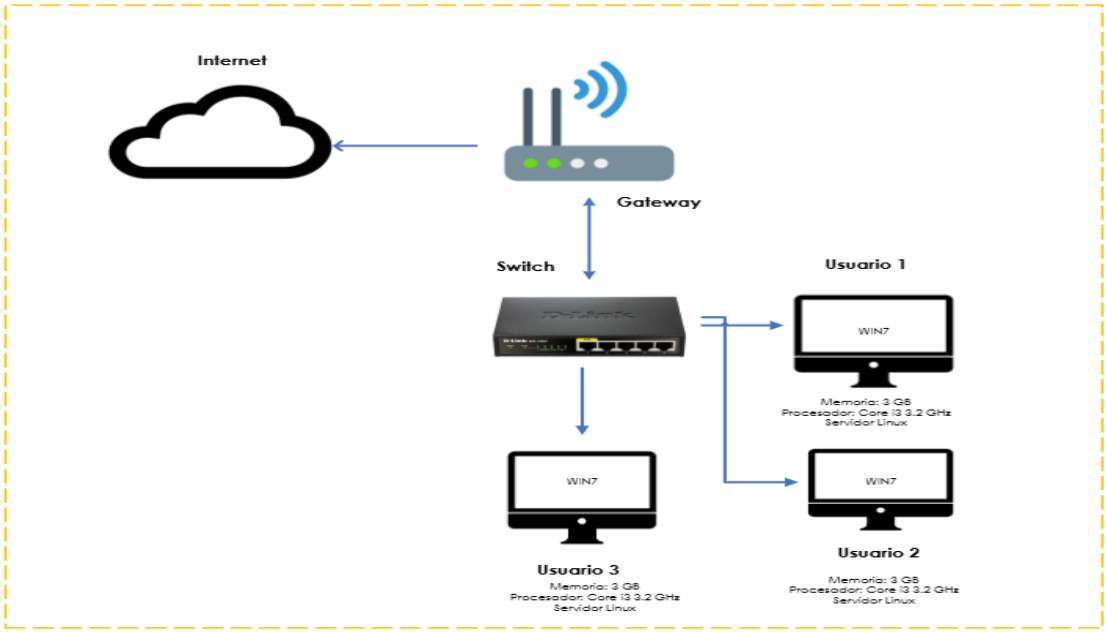
3.2.1 **Infraestructura**

En cuanto a la Infraestructura presente en la Institución se hace un análisis de la disponibilidad y funcionamiento de la red y sus componentes, en la Figura 12 se puede observar la Topología de Red estrella con Red Ethernet, en la que todos los dispositivos finales (Pc) se conectan a un dispositivo central (switch), se denota que se tiene una red privada que tiene la salida a Internet a través de un router.

La red opera a partir de las Pc que transmiten datos al switch, que los redirige al dispositivo adecuado, ya sea otra computadora o el router. Si los datos deben ir a Internet, el switch los envía al router, el cual los transmite a través de la conexión Gateway. Al recibir datos de Internet, el router los dirige al switch, que a su vez los entrega a la Pc correspondiente.

Figura 12

Topología de Red presente en la Institución correspondiente al Laboratorio de Informática.



Fuente: Autor

En cuanto a las características de los equipos disponibles en el laboratorio de la Institución se cuenta con computadores de escritorio en las cuales existen dos tipos de configuración de hardware diferente, se observa en la tabla 4 y tabla 5 a detalle las especificaciones técnicas que contienen actualmente cada una.

Tabla 4

Detalles del hardware disponible en la Institución

Característica	**Descripción**
Procesador	AMD A4-5300B APU
Memoria RAM	2 GB
Frecuencia	3,4 Ghz – 3,6 Ghz
Cámara	No
Unidad CD-ROM	Si
Sistema Operativo	Windows 7 Professional
Tipo de Sistema	32 bits

Fuente: Autor

Tabla 5

Detalles del hardware disponible en la Institución

Característica	**Descripción**
Procesador	Intel® Core™ i3-2100 CPU
Memoria RAM	2GB
Frecuencia	3.10Ghz x2
Cámara	No
Unidad CD-ROM	Si
Sistema Operativo	Windows 7 Professional
Tipo de Sistema	32 bits

Fuente: Autor

Es importante conocer estos datos en cuanto a Infraestructura para adaptar la solución de la herramienta digital a la disponibilidad presente en la Institución con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de la misma.

3.3 Requerimientos

En este apartado se presentan los requerimientos que se evalúan para la realización del sistema los cuales contribuirán a que se adapte a las necesidades de los beneficiarios, así se tiene requerimientos del sistema, requerimientos de stakeholders, requerimientos de arquitectura en los cuales se describen a continuación partiendo de la nomenclatura que se designa para cada uno dependiendo de sus especificaciones.

3.3.1 Nomenclatura de Requerimientos

Para la nomenclatura de los requerimientos se tiene la tabla 6 en la cual se especifica la abreviatura y el significado de cada uno de los criterios para el sistema, beneficiarios y arquitectura acorde con el desarrollo de la herramienta didáctica digital en la unidad educativa empleada, con el fin de hacer más comprensible el desarrollo.

Tabla 6
Nomenclatura de Requerimientos

Nomenclatura de Requerimientos	
Abreviatura	**Significado**
StSR	Requerimientos de Stakeholders
SySR	Requerimientos del Sistema
SrSH	Requerimientos de Arquitectura

Para el desarrollo del sistema se realiza el diseño en el que se indica una parte en específico a realizarse, para ello se realiza las tabla 7 para asignar niveles de prioridad a cada requisito dependiendo del análisis de la misma.

Tabla 7

Prioridad que toman los Requerimientos

Prioridad	Descripción
ALTA	El requisitito de prioridad alta es imprescindible para que el sistema funcione correctamente sin fallos.
MEDIA	El requisito de prioridad media es que puede ser considerable descartable, pero si puede llegar a irrumpir en parte la funcionalidad.
BAJA	El requisito de prioridad baja se refiere al no ser tomado en cuenta, no afecta al sistema.

3.3.2 **Identificación de Stakeholders**

Quijala (2021), menciona que los stakeholders hacen referencia a un grupo o individuo que tiene un interés directo en el resultado de la investigación o proyecto, son los que cumplen un rol clave en el desarrollo del sistema en la tabla 8 se especifican las personas que trabajan en este fin, con su respectiva participación y responsabilidad

Tabla 8

Lista de Stakeholders del sistema

Nro.	Lista de Stakeholders	
1	Ing. Luis Suárez	Tutor de Tesis
2	Ing. Carlos Vásquez	Asesor de Tesis
3	Lcda. Alicia Mina	Rectora de la Unidad Educativa Especializada 3 de diciembre

4	Srta. Evelyn Quishpe	Tesista

3.3.3 **Requerimientos de Stakeholders**

Los Stakeholders (StSR) tienen el objetivo de identificar las necesidades de los involucrados del sistema, de acuerdo con lo mencionado, en la tabla 9 se observa los requerimientos en base a la entrevista realizada en cuanto a requerimientos operacionales y del usuario, teniendo en cuenta la situación actual de la institución a emplear la herramienta digital (Salcedo & Salgero, 2021).

Tabla 9

Requerimientos de Stakeholders

REQUERIMIENTOS DE STAKEHOLDERS StSR				
No	**Requerimiento**	**Prioridad**		
		Alta	**Media**	**Baja**
	Requerimientos Operacionales			
SrSH1	El sistema debe reconocer la letra del abecedario dactilológico en tiempo real.	x		
SrSH2	El Sistema debe tener un dispositivo de toma de imágenes.	x		
SrSH3	El Sistema debe tener acceso a una fuente de alimentación**.**	x		
SrSH4	El Sistema debe funcionar en el laboratorio de la Institución.	x		
SrSH5	El sistema debe adaptarse a la infraestructura presente en la institución.	x		
SrSH6	El Sistema debe ser un apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje de Lengua de señas.	x		
SrSH7	El sistema debe emplear visión artificial.	x		
	Requerimientos de Usuario			

SrSH8	La interfaz Gráfica debe tener retroalimentación visual en la práctica.		x	
SrSH9	La herramienta debe basarse en la metodología de enseñanza llamada Tripleta (imagen-seña y palabra).	x		
SrSH10	La herramienta debe ser fácil de manipular.	x		
SrSH11	La herramienta debe incluir alguna forma de evaluación.		x	
SrSH12	La interfaz Gráfica debe ser intuitiva con el usuario.	x		
SrSH13	El docente es encargado de realizar la actividad.			x

Fuente: Autor

3.3.4 **Requerimientos de Sistema**

En los requerimientos del sistema (SySR) se determina las características funcionales que contendrá el sistema para cumplir con la herramienta digital propuesta como se indica en la tabla 10 en la que se describe cada uno de ellos en cuanto a requerimientos funcionales, de interfaz, y de uso.

Tabla 10
Requerimientos del Sistema

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA				
SySR				
No	**Requerimiento**	**Prioridad**		
		Alta	**Media**	**Baja**
Requerimientos Funcionales				
SySR1	El sistema debe tener detección y segmentación precisa de las manos.	x		
SySR2	El sistema necesita reconocer la forma de las manos en cuanto a su respectiva seña.	x		
SySR3	El sistema debe capturar y procesar la imagen en tiempo real.	x		
SySR4	El sistema debe funcionar en el laboratorio.			x
Requerimientos de Interfaz				

SySR5 El sistema debe ser amigable con el usuario.	x	
SySR6 El Sistema necesita tener componentes diferenciables.		x
SySR7 El Sistema necesita interactuar con la cámara del dispositivo.	x	
SySR8 El sistema debe tener tiempo de respuesta aceptable.		x
Requerimientos de Uso		
SySR9 El Sistema debe ser sencillo de manejar.	x	

Fuente: Autor

3.3.5 Requerimientos de Arquitectura

Los requerimientos de Arquitectura (SRSH) son la base necesaria para la implementación del sistema, en la tabla 11 se puede observar las características necesarias para que cumpla con el correcto funcionamiento del sistema, las mismas ayudaran en la elección del software y hardware adecuadas para el diseño.

Tabla 11
Requerimientos de Arquitectura

REQUERIMIENTOS DE ARQUITECTURA SrSH				
No	**Requerimiento**	**Prioridad**		
		Alta	**Media**	**Baja**
	Requerimientos de Diseño			
SrSH1	El campo de la cámara de la vista tiene que permitir ver la parte superior del cuerpo.		x	
SrSH2	El servidor donde se encuentra el sistema debe estar en un espacio acorde que no interfiera en el laboratorio.			x
SrSH3	La compatibilidad entre el hardware y el software.	x		
	Requerimientos de Hardware			

SrSH4	El sistema requiere estar interconectado con la PC para visualización y uso de la interfaz	x		
SrSH5	El sistema requiere estar interconectado con la cámara para la toma de datos.	x		
SrSH7	La cámara debe contar con un puerto USB		x	
SrSH8	Se requiere de una cámara compatible con el SO	x		
	Requerimientos de Software			
SrSH9	El sistema requiere de Sistema Operativo y lenguaje de programación de código abierto	x		
SrSH10	El sistema requiere de un software de diseño de interfaz gráfica que sea compatible con el modelo.	x		
SrSH11	El sistema requiere de librerías de visión artificial compatibles con el software.	x		
SrSH12	El sistema requiere un Lenguaje de Programación que tenga la capacidad de ejecutar el código y toma de datos en tiempo real.	x		
SrSH14	El sistema requiere que tenga un Lenguaje de Programación y SO que tenga comunidad activa y soporte disponible.			x
SrSH15	Framework que permita desarrollar aplicaciones web.	x		
SrSH16	Framework para desarrollo de frontend y backend.	x		
	Requerimientos de uso			
SrSH17	Acceder a la interfaz por el ícono de acceso	x		
SrSH18	Al acceder a la interfaz escoger el rol de docente o estudiante.	x		
SrSH19	Al usar cada componente activar el botón cámara y detector.	x		
SrSH20	Al usar cada componente debe colocar las manos frente a la cámara para la detección.	x		
SrSH21	En el componente juego completar los	x		

	datos requeridos para el registro.	
SrSH22	En el rol docente en el botón lista revisar la visualización de los datos del juego.	x
SrSH24	En el rol docente usar el botón imprimir para obtener el resumen del componente jugar.	x
	Requerimientos de Estados	x
SrSH25	El sistema tiene un control automático de inicio, el servidor debe permanecer activo.	x
SrSH26	Control manual del usuario cuando active o desactive el botón detector que contiene la IA.	x
SrSH27	Estado de alerta mientras dura la sesión.	x
	Requerimientos Eléctricos	
SrSH28	Fuente de alimentación del sistema	x
SrSH29	Adaptador de conector para la cámara	x

Fuente: Autor

3.4 **Componentes del Sistema**

En la presente sección de componentes del sistema se hace la elección del software y el hardware que se usa para el desarrollo del sistema, se compara con los parámetros que se tienen en los requerimientos de Stakeholders, sistema y arquitectura (Yerrén, 2022). A partir de allí se selecciona el más adecuado con la puntuación de ‘1’ que si cumple con el parámetro de requerimiento y con’ 0’ que no cumple con el parámetro de requerimiento.

3.4.1 **Hardware**

Para la elección del hardware se toma en cuenta los requerimientos de hardware, sistema, arquitectura como se indica en la tabla 12 en donde se realiza la elección de la cámara más adecuada en cuanto a los parámetros solicitados.

Tabla 12

Selección de cámara basada en comparativa

Hardware	**Requerimientos**								
	SrSH2	**SySR3**	**SySR7**	**SrSH1**	**SrSH6**	**SrSH9**	**SrSH4**	**SrSH5**	**SrSH8**	**Total**

Owlotech Webcam Essential	1	1	0	1	1	0	0	1	1	**6**
Plugeplay	1	1	1	1	1	1	1	1	1	**9**
Cámara Web	1	1	0	0	0	0	1	1	1	**5**

Fuente: Autor

Al analizar mediante la tabla 12, se tiene la elección de la cámara Plugeplay según los requerimientos establecidos. Este dispositivo cumple con la captura de imagen en tiempo real, interacción con el sistema, campo de vista, calidad aceptable, compatibilidad con el SO, conexión USB.

3.4.2 Software

A continuación, después de haber seleccionado el hardware, se realiza la elección del software en el que se desarrolla el programa, para lo cual se adopta la misma metodología de evaluación para los respectivos requerimientos, se selecciona la mejor opción que se ajuste a las necesidades del Sistema.

- Software de Procesamiento

En lo que respecta al Lenguaje de Programación se presenta en la Tabla 13 opciones que se han evaluado según los requerimientos del software para el procesamiento de datos, lo que permite una comparación detallada de cada uno de lo presentado.

Tabla 13

Selección de Lenguaje de Programación basada en comparativa.

Software	**Requerimientos**					
	SrSH10	**SrSH12**	**SrSH13**	**SrSH14**	**SrSH11**	**Total**
C++	1	1	0	1	0	**3**
Python	1	1	1	1	1	**5**
MatLab	0	1	1	1	1	**4**

Fuente: Autor

A partir de la comparativa realizada se puede observar que el software en cuanto a Lenguaje de Programación que cumple con los requerimientos es Python, se caracteriza por ser ampliamente usado para aplicaciones de visión artificial, por ser de código abierto, tener compatibilidad con librerías de inteligencia artificial, y capacidad de procesamiento de datos en tiempo real.

- Software para Visualización Interfaz Gráfica

En relación con el diseño de la aplicación, se ha optado por utilizar framework para la creación de la interfaz gráfica. En la tabla 14, se presenta una comparativa entre React y Angular, ambos considerados aptos para cumplir con los requisitos del proyecto.

Tabla 14

Selección de Framework basada en comparativa.

Framework	**Requerimientos**						
	SySR5	**SySR6**	**SySR7**	**SySR8**	**SrSH15**	**SrSH16**	**Total**
React	1	1	0	1	1	0	**4**
Angular	1	1	0	1	1	1	**5**

Fuente: Autor

El framework que cumple con los requisitos para la estructura de la interfaz gráfica según la comparación, es Angular. Este framework nos permite desarrollar aplicaciones web con interfaces amigables para el usuario, así como también tener componentes

reutilizables en el mismo diseño. Además, Angular ofrece tiempos de respuesta aceptables, lo cual es fundamental para la eficiencia del sistema.

3.5 Diseño del Sistema

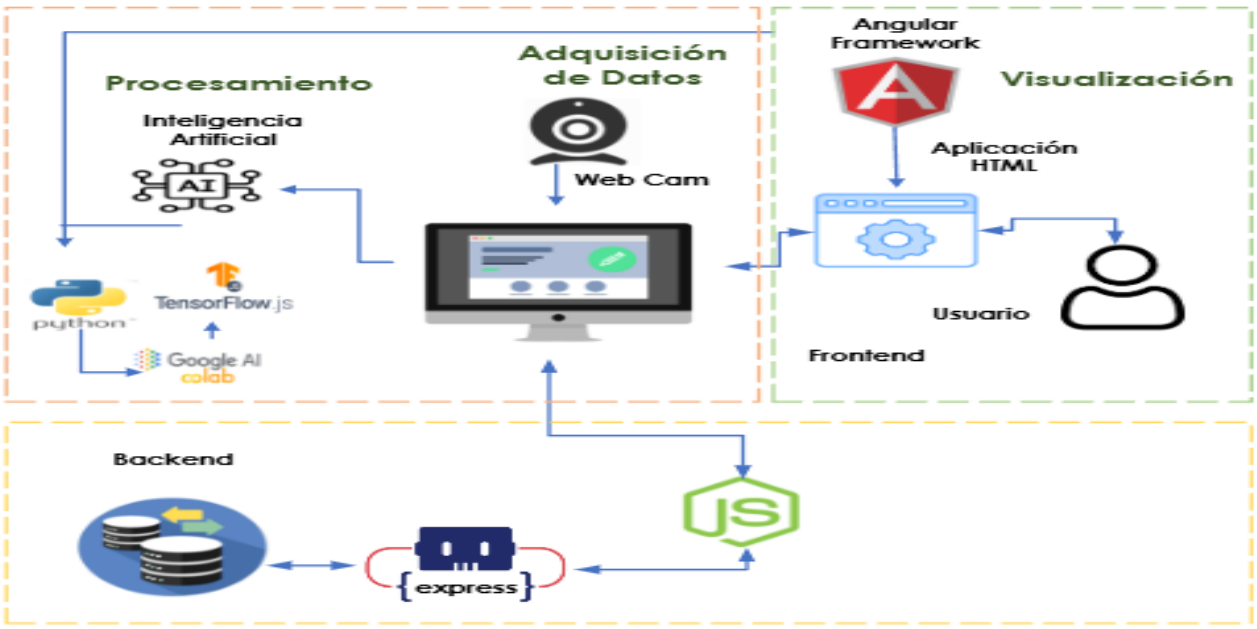
En la presente sección, se desarrolla el diseño del sistema, teniendo en cuenta el análisis elaborado a las especificaciones referente a los requerimientos y la situación actual de la Institución. Este diseño está orientado al desarrollo de la herramienta digital para el aprendizaje del léxico dactilológico con uso de visión artificial, empleando el hardware y software seleccionado para garantizar la adaptabilidad y el correcto funcionamiento del sistema en el lugar a residir.

3.5.1 Diagrama de Bloques del Sistema

En lo referente a la arquitectura del sistema para el reconocimiento del abecedario dactilológico mediante visión artificial, se presenta en la figura 13 las herramientas utilizadas para su desarrollo así los datos son captados en el bloque de adquisición y enviados al bloque de procesamiento, donde se realiza la predicción de las señas utilizando un modelo de inteligencia artificial. Finalmente, los resultados se visualizan a través de una interfaz gráfica, cada bloque emplea herramientas especializadas para cumplir con sus funciones específicas, garantizando un desempeño eficiente y confiable.

Figura 13

Diagrama de Bloques del Sistema



Fuente: Autor

- Bloque de Adquisición de los datos

En el bloque de adquisición de datos, la cámara web conectada a la aplicación captura la imagen en tiempo real de la seña realizada por el usuario. El sistema utiliza algoritmos de visión artificial para identificar y aislar las manos en las imágenes, extrayendo características relevantes como la identificación de la palma y los puntos de referencia de cada una.

- Bloque de Procesamiento

En el Bloque de Procesamiento, las imágenes capturadas se procesan utilizando un modelo de inteligencia artificial entrenado en python para reconocer las señas. Este modelo, una vez entrenado, es cargado a Google colab para generar un archivo que permite la carga del modelo en la aplicación web para facilitar su uso.

- Bloque de Visualización

En el Bloque de Visualización se tiene el desarrollo de la aplicación web que está compuesta por un frontend y backend, para la parte del frontend se desarrolla con el framework angular en el que se diseña la interfaz gráfica que interactúa directamente con el usuario, así como también contiene el modelo entrenado en funcionamiento y para la parte del Backend se utiliza Express.js para almacenar los datos de práctica del usuario en el juego de práctica de señas.

Cada uno de estos bloques tiene una función esencial y utiliza herramientas sólidas y confiables que se adaptan a los requerimientos, asegurando así un sistema de reconocimiento de señas eficiente.

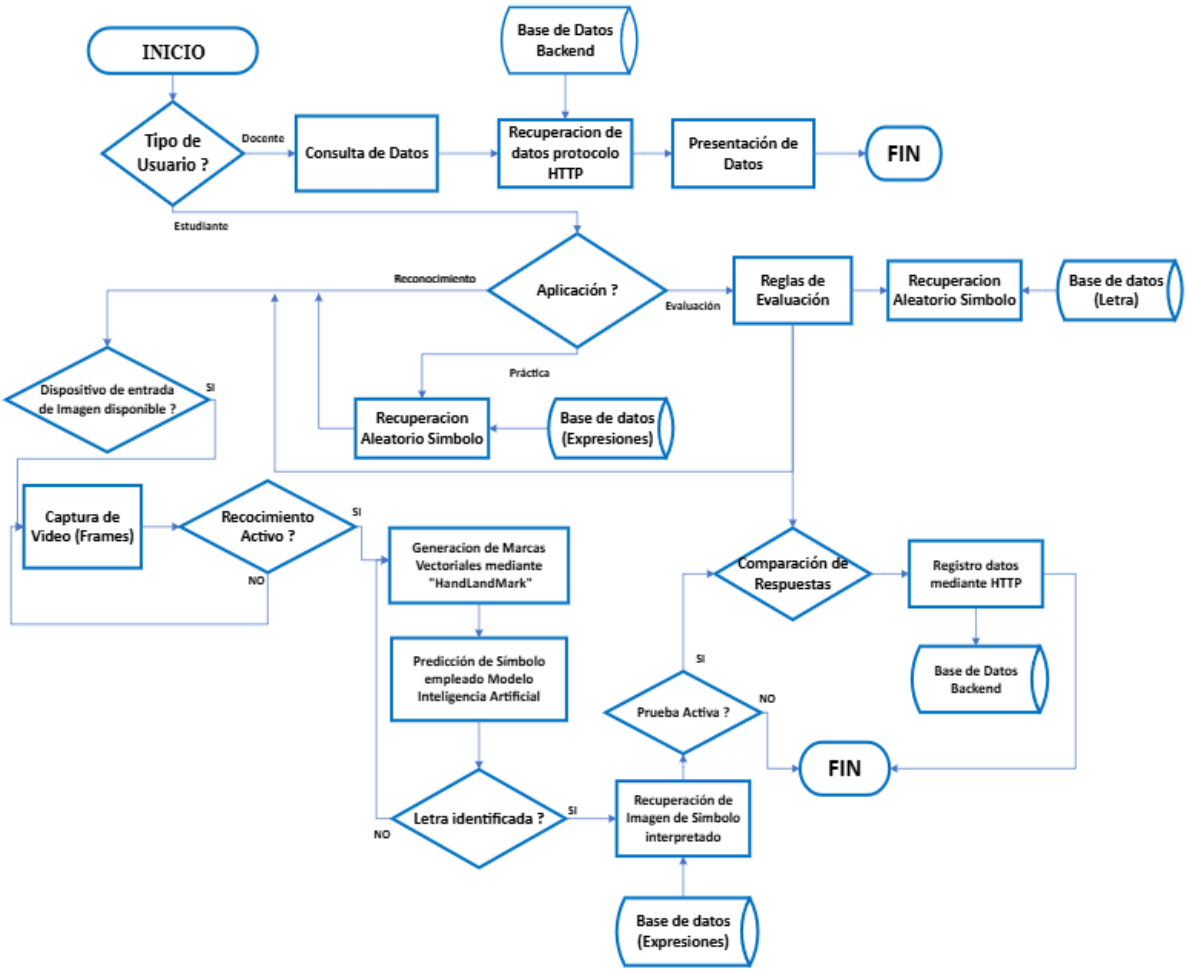
3.5.2 **Diagrama de Flujo del funcionamiento del sistema**

En la figura 14 se muestra el diagrama de flujo del funcionamiento del sistema donde el usuario selecciona su tipo (docente o estudiante), si es docente se consultan los datos de práctica realizados en la parte de evaluación y se presentan los datos. Si es estudiante se activa la cámara y captura frames de video en tiempo real, si el reconocimiento está activo, se generan los puntos de referencia de las manos y el modelo de inteligencia artificial predice la seña. Si la letra es identificada, se almacena en la base de datos, de lo contrario, se vuelve a capturar video.

El sistema determina si es práctica o evaluación, en la parte de práctica se recupera un símbolo aleatorio de la base de datos de expresiones si por el contrario es evaluación se recupera una imagen de la base de datos de letras, las respuestas del usuario se comparan con la seña correcta y se registran los datos, se presentan los resultados al usuario y el proceso concluye.

Figura 14

Diagrama de Flujo del Funcionamiento del sistema



Fuente: Autoría

3.6 **Desarrollo de Software**

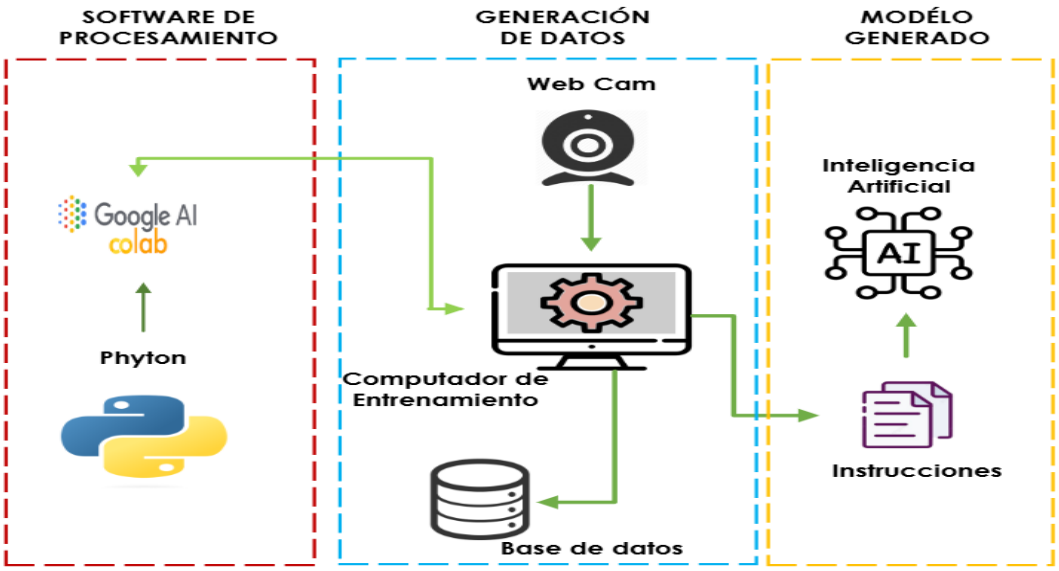
En esta sección se presenta el desarrollo del software realizado para el reconocimiento del abecedario dactilológico. Se detalla el uso de diversas herramientas, bibliotecas y

lenguajes de programación, tanto para la creación del modelo de entrenamiento como para la implementación de la interfaz gráfica.

El diagrama de bloques se compone de tres secciones principales que se observa en la figura 15 que son la Generación de Datos, Software de Procesamiento, y Modelo Generado. Para la generación de datos se usa la cámara que captura imágenes de las señas, luego se guardan en un Dataset que organiza y guarda las imágenes de cada seña para su posterior procesamiento. Python y Google Colab se utilizan para procesar estas imágenes y generar el modelo en un formato compatible para la interfaz gráfica. Finalmente, el modelo de inteligencia artificial se entrena utilizando las imágenes procesadas y genera instrucciones para reconocer las señas del abecedario dactilológico.

Figura 15

Diagrama de Bloques de la generación del Modelo de detección de señas del abecedario dactilológico.



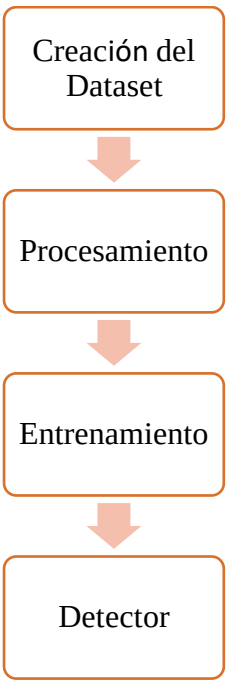
Fuente: Autor

3.6.1 **Modelo de entrenamiento para el Abecedario Dactilológico**

Para la realización del modelo de entrenamiento para la detección del Abecedario Dactilológico se realiza en el lenguaje de Programación Python el cual se instala la versión 3.8.10, se siguió las etapas presentadas en la figura 16 en la que se realiza como primer punto la recolección de datos o Dataset que son cada seña correspondiente al abecedario, posterior con estos datos se hace la creación de datos para el modelo

extrayendo características específicas para el modelo, seguido de esto se realiza el entrenamiento con métricas y funciones que harán al modelo confiable y finalmente se tiene la etapa de detección realiza una predicción con el modelo entrenado y visualiza los resultados en tiempo real.

Figura 16
Etapas de generación del modelo



Fuente: Autor

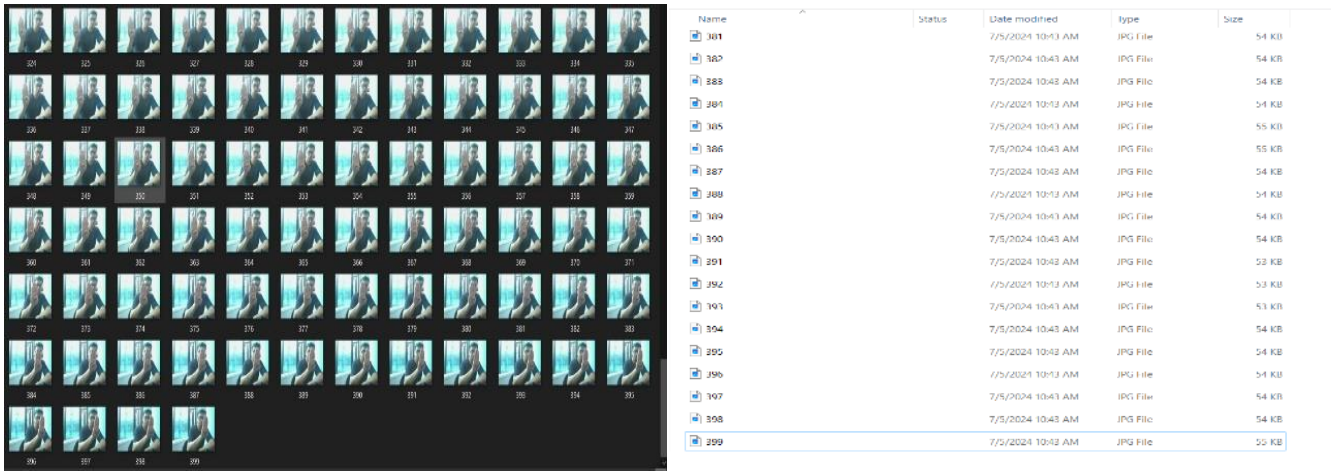
3.6.1.1 Creación del Dataset

Para la creación del Dataset se capturan frames de la cámara, estos frames se guardan como imágenes en el directorio correspondiente a la clase actual que se está trabajando, se configura el número de clases y el tamaño del conjunto de datos, la captura de video se inicia desde la cámara predeterminada para cada clase definida, cada una tiene directorios individuales donde se almacenarán las imágenes correspondientes a cada clase como se muestra en la figura 17.

El proceso se repite hasta que se alcanzan el número total de imágenes definido por el tamaño de la muestra, cada imagen se guarda con un nombre secuencial en el directorio correspondiente al finalizar la captura, se liberan los recursos de la cámara y se

cierran todas las ventanas de Opencv abiertas. En consecuencia, se tiene para cada letra del alfabeto, 400 muestras de cada seña correspondiente como se muestra en la figura 17 correspondiente a la letra B con 400 imágenes de la misma, el dataset fue elaborado con la ayuda de un docente de la Institución.

Figura 17
Muestras del Dataset letra correspondiente a B



Fuente: El Autor

3.6.1.2 Procesamiento

En la presente subsección se tiene el procesamiento que se realiza a las imágenes colectadas en 3.6.1.1, utilizando la biblioteca mediapipe y almacenando estos datos en un archivo .pickle para su uso posterior en el entrenamiento de un modelo de red neuronal convolucional.

Figura 18
Referencia de las partes del Procesamiento de la imagen

Nota: La figura hace referencia a lo que realiza mediapipe hands landmark en el proceso de tratamiento del Dataset, detecta la región de la mano la segmenta y posterior realiza la extracción de puntos de referencia. Fuente: Editado de (Aran, 2008)

Mediapipe está diseñado para trabajar con imágenes en formato RGB, asegurando la interpretación correcta de los colores y la precisión en la detección de manos y extracción de puntos de referencia, por ello se hace la conversión de las imágenes de BGR a RGB presentado en la figura 19.

Figura 19

Conversión de Imágenes de BGR a RGB

```
img = cv2.imread(os.path.join(DATA_DIR, dir_, img_path))
img_rgb = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2RGB)
```

Fuente: Autor

Dentro del marco de soluciones que presenta Mediapipe se puede encontrar Mediapipe hands un modelo que está creado para detectar y seguir con precisión las manos en tiempo real, identifica la presencia de una mano en una imagen, este emplea un modelo de aprendizaje profundo el cual esta entrenado para localizar el cuadro delimitador de la mano y diferenciar entre regiones manuales y no manuales. (Saravanan & Veluchamy, 2023).

Figura 20

Detección de manos

```
results = hands.process(img_rgb)
if results.multi_hand_landmarks:
    for hand_landmarks in results.multi_hand_landmarks:
```

Fuente: Autor

Una vez detectada la mano, se extraen las coordenadas normalizadas X e Y de 21 puntos de referencia usando el modelo Mediapipe Hand Landmark presentado en la figura 21, estos puntos representan posiciones clave de la mano, desde la muñeca hasta las yemas de los dedos, utilizando la región de imagen recortada del modelo de detección de la palma. (Madrid, Villanueva, & Caya, 2022)

Figura 21
Extracción de puntos de referencia

```
for i in range(len(hand_landmarks.landmark)):
    x = hand_landmarks.landmark[i].x
    y = hand_landmarks.landmark[i].y
    data_aux.append(x)
    data_aux.append(y)
```

Fuente: Autor

Después de realizar este procesamiento a las imágenes las coordenadas normalizadas de los puntos de la mano se almacenan en una lista auxiliar la cual se añade a la lista principal de datos y agrega la etiqueta correspondiente. Finalmente, serializa los datos, etiquetas, y guarda la información serializada (archivo plano) en un archivo .pickle que contendrá toda esta información.

3.6.1.3 Entrenamiento

Para la parte del entrenamiento se hace el uso del archivo generado en la preparación o procesamiento de los datos, con el cual se va a utilizar para entrenar el modelo, con ello se define la estructura del modelo con el tipo de capas, la cantidad de neuronas en cada capa (conjunto de neuronas) y la función de activación requerida, el optimizador a usar y las métricas.

Para el entrenamiento del modelo se realiza el uso de las librerías presentadas en la Tabla 15, las cuales nos ayudan en el proceso de compilación y definición del modelo.

Tabla 15
Librerías usadas en el modelo

Nombre de la Librería	**Función**
Matplotlib	Visualización
Sklearn	Evaluación del modelo
Tensorflow	Modelado de la red neuronal.
NumPy	Cálculos numéricos.
Pickle	Cargar de datos previamente guardados.

Fuente: Autor

Se realiza la carga del archivo .pickle el cual contiene la información de los datos y etiquetas, posterior se hace una conversión de datos y etiquetas en arrays de NumPy para facilitar las operaciones matemáticas, seguido se realiza una división de los datos en un conjunto de entrenamiento y de pruebas en el que 20% de los datos se asignará al conjunto de prueba y el 80% al conjunto de entrenamiento.

Se aplica la estratificación de etiquetas la cual se usa para mantener la misma distribución de clases en los conjuntos de entrenamiento y prueba que en el conjunto de datos original, se convierte los datos de prueba y entrenamiento a tensores que son matrices de n dimensiones que representan de manera uniforme los datos numéricos, todo este proceso se lo puede muestra en la figura 22, con esto realizado se procede a la estructuración del modelo.

Figura 22

Funciones realizadas al archivo .pickle previo al modelo.

```
data_dict = pickle.load(open('./data.pickle', 'rb'))

data = np.asarray(data_dict['data'])
labels = np.asarray(data_dict['labels'])

x_train, x_test, y_train, y_test = train_test_split(data, labels, test_size=0.20, shuffle=True, stratify=labels)
```

Fuente: Autor

El modelo que se define es un modelo de red convolucional con activaciones softmax y relu debido a que permite la fácil creación de una pila lineal de capas es decir una tras otra, con tres capas densas seguida de una función de activación, las capas densas establecen conexiones directas entre todas las neuronas de una capa con todas las neuronas de la siguiente capa, debido a que se adapta a todas las conexiones posibles entre las capas por ello se denomina capa densa (Moolayil, et al., 2019).

Keras da un conjunto de parámetros predeterminados que optimizan el funcionamiento del modelo del cual se toma de referencia de TensorFlow para definir cada componente lógico que se presenta en la Tabla 16, la función de activación ReLU (Rectified Linear Unit) es una función no lineal definida como f(z)=max(0,z), lo que significa que cualquier valor negativo de entrada se convierte en 0, mientras que los valores positivos permanecen sin cambios(Moolayil, Moolayil, & John, 2019).

En la función de activación softmax se utiliza en la capa de salida convierte los valores de salida en probabilidades, asegurando que la suma de todas las probabilidades sea 1 haciendo que cada neurona en la capa de salida represente la probabilidad de una clase específica, facilitando la interpretación y el análisis de las predicciones del modelo (Moolayil, et al., 2019).

Tabla 16

Componentes Lógicos del Modelo

# de Capa	Tipo de Capa	# de neuronas	Función de activación
Capa 1	Densa	42 neuronas	ReLU
Capa 2	Densa	30 neuronas	ReLU
Capa 3	Densa	25 neuronas	Softmax

Fuente: Autor

Es necesario también definir la forma de entrada para la capa Keras, se la realiza en la primera capa que representa el número de características en los datos de entrada haciéndole conocer a la capa cuántas entradas esperar, las capas posteriores solo necesitan definir la cantidad de neuronas como se puede observar en la Figura 23.

Figura 23

Definición del Modelo

```
model = tf.keras.Sequential([
    tf.keras.layers.Dense(42, activation='relu', input_shape=(data.shape[1],)),
    tf.keras.layers.Dense(30, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dense(25, activation='softmax')
])
```

Fuente: Autor

Para el entrenamiento del modelo se configura parámetros como el optimizador la función de perdida, las métricas, las épocas que va a realizar, se configura Adam como el optimizador para ajustar los parámetros del modelo y para la métrica se usa la precisión para evaluar el rendimiento del modelo.

La red aprovecha la función optimizadora para realizar un pequeño cambio en sus parámetros de peso para mejorar la predicción final al reducir la función de pérdida. La función de pérdida ayuda a la red a comprender qué tan bien o mal se ha desempeñado el conjunto actual de pesos en la muestra de entrenamiento. (Moolayil, Moolayil, & John, 2019).

Las épocas se refieren al número de veces que el algoritmo de aprendizaje recorre todo el conjunto de datos de entrenamiento, en cada época todas las muestras de entrenamiento se utilizan para actualizar los pesos del modelo en lotes, se entrena durante 150 épocas, terminado el entrenamiento de la red con los datos de entrenamiento, el modelo se usa para hacer predicciones, en la figura 24 se muestra la configuración del modelo para ser entrenado explicado en esta subsección.

Figura 24

Parámetros de compilación del Modelo.

```
model.compile(optimizer='adam', loss='sparse_categorical_crossentropy', metrics=['accuracy'])


historial = model.fit(input_tensor, output_tensor, epochs=150)

y_pred = model.predict(x_test_tensor)
y_pred_classes = np.argmax(y_pred, axis=1)
```

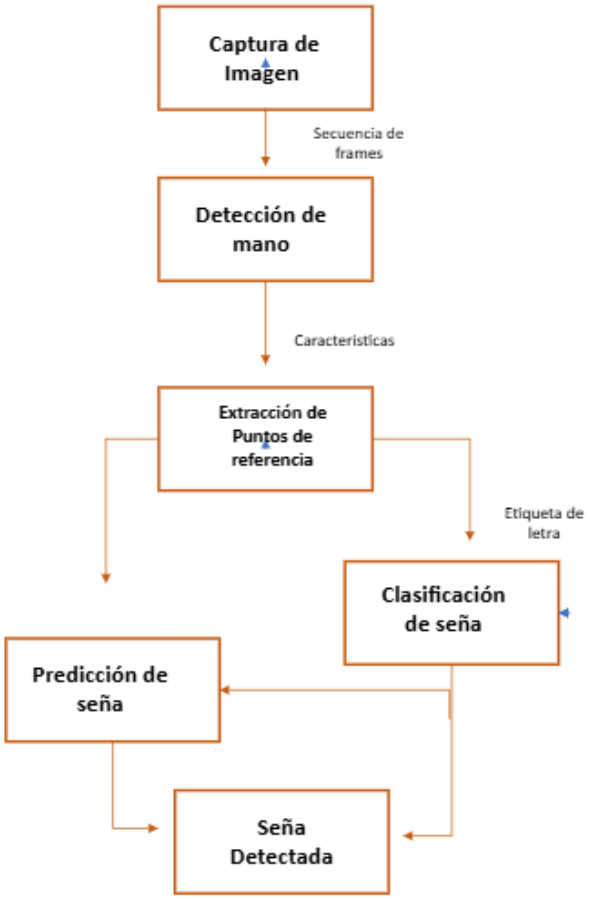
Nota: En el capítulo IV se realiza la evaluación del modelo compilado. Fuente: El Autor

3.6.1.4 Predicción

Seguido de la compilación del modelo se realiza el desarrollo del sistema en tiempo real para reconocer gestos del abecedario dactilológico utilizando MediaPipe Hands Landmarke para la detección de manos y el modelo entrenado para la clasificación de gestos, el cual captura frames de la cámara, detecta las manos, extrae las coordenadas de los puntos de referencia, realiza una predicción con el modelo cargado y visualiza los resultados en tiempo real, mostrando los puntos de referencia que encierra la mano en el frame de video como se indica en la figura 25.

Figura 25

Diagrama de Bloques del Proceso



Fuente: Autor

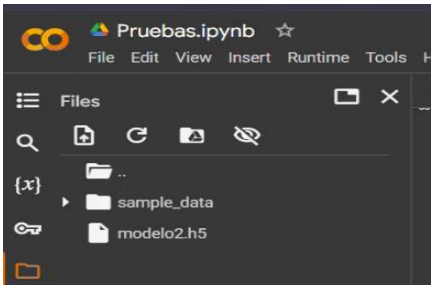
El modelo compilado se utiliza para predecir gestos basados en las coordenadas de los puntos de referencia de la mano, capturando video en tiempo real desde la cámara web usando OpenCV. Se extraen las coordenadas x e y de cada punto de referencia y se almacenan en listas auxiliares, normalizándolas al restar el valor mínimo para alinear los puntos de referencia, las coordenadas normalizadas se convierten en un array de NumPy y se reestructuran para ser compatibles con el modelo, que realiza una predicción del gesto realizado, el diccionario mapea los índices de predicción a las letras del abecedario dactilológico, permitiendo convertir las predicciones del modelo en letras legibles y facilitando la interpretación de los resultados, se puede revisar el código fuente en el ANEXO E.

3.6.2 Exportación de Modelo a Google Colab

Para la exportación del modelo a Google Colab, se toma el archivo .h5 que contiene el modelo compilado con toda su estructura y se carga en Google Colab para que el modelo sea compatible con el framework seleccionado de la aplicación, en la Figura 26 se observa el modelo cargado en un archivo creado en Google Colab, se hace la instalación de la librería tensorflow.js que permite desplegar modelos compilados directamente en el navegador.

Figura 26

Modelo Compilado cargado en Google Colab



Fuente: Autor

El archivo .json que se muestra en la Figura 27 que se genera al convertir un modelo de TensorFlow o Keras de python a TensorFlow.js de Google colab contiene principalmente la configuración del modelo como las capas del modelo, tipo de cada capa, número de unidades, función de activación, y cómo las capas están conectadas entre sí, el optimizador que se usó durante el entrenamiento (Sasaki,2019). TensorFlow.js permite crear modelos compatibles con TensorFlow de Python la diferencia es que TensorFlow.js se puede compartir y ejecutar fácilmente en cualquier plataforma sin instalación, lo que lo hace muy versátil. En la figura 28 se muestra la carpeta con todos los archivos generados que se lo puede cargar y utilizar el modelo en la aplicación web esto nos facilita el despliegue del modelo compilado para este tipo de entornos.

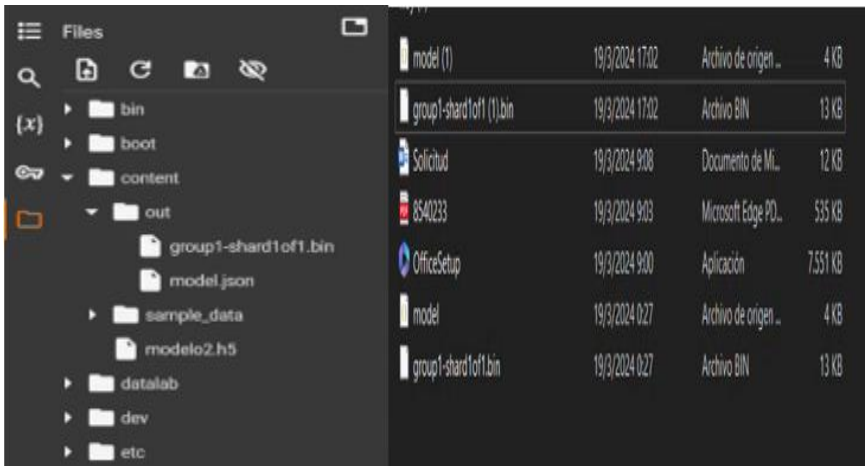
Figura 27

Modelo generado en formato .json

Fuente: Autor

Figura 28

Archivo del modelo generado para despliegue en aplicaciones web.



Fuente: Autor

3.7 **Desarrollo de Aplicación**

En esta sección se desarrolla el diseño y desarrollo de la aplicación web, destacando la interfaz gráfica, sus funciones y las herramientas utilizadas. La aplicación frontend, desarrollada con Angular y Angular Material, proporciona la vista y la interfaz para el usuario, controlando lo que este puede ver e interactuar ejecutándose en el navegador del usuario, y para el backend se hace el uso de express.js para guardar los datos del juego de la aplicación, la comunicación entre el frontend y el backend dependen de solicitudes http explicadas en la subsección 3.7.2.

En cuanto a la estructura de la aplicación está basada en componentes cada uno encargado de una funcionalidad específica y capaz de interactuar con otros componentes independientes que permiten su reemplazo sin afectar el resto del sistema, la ventaja de esta estructura es que facilita la reutilización de los mismos y es esencial en el desarrollo de la interfaz especialmente porque está hecha para cubrir los requerimientos de la aplicación (Dao, 2016).

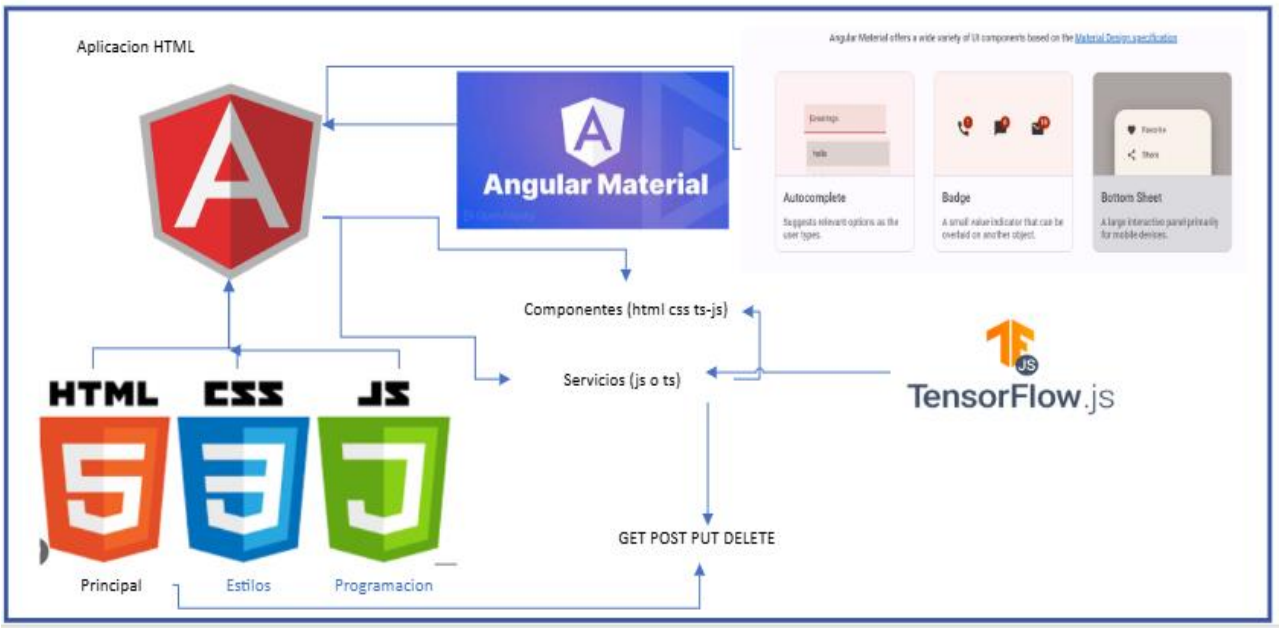
3.7.1 **Front End**

El Front End se encarga de la parte visual de la página web, permitiendo la interacción del usuario con el sistema, esta área abarca todas las tecnologías que operan del lado del cliente es decir dentro del navegador web, en la Figura 29 se indica como se compone Framework de Angular, se basa principalmente en tres lenguajes html, css y

JavaScript que conforman cada componente, a cada componente dependiendo de la función puede utilizar un servicio, la función del Front End es estilizar la página para que la información se presente de manera atractiva y accesible para el usuario. (Pérez, et al., 2021)

Figura 29

Componentes de la aplicación.



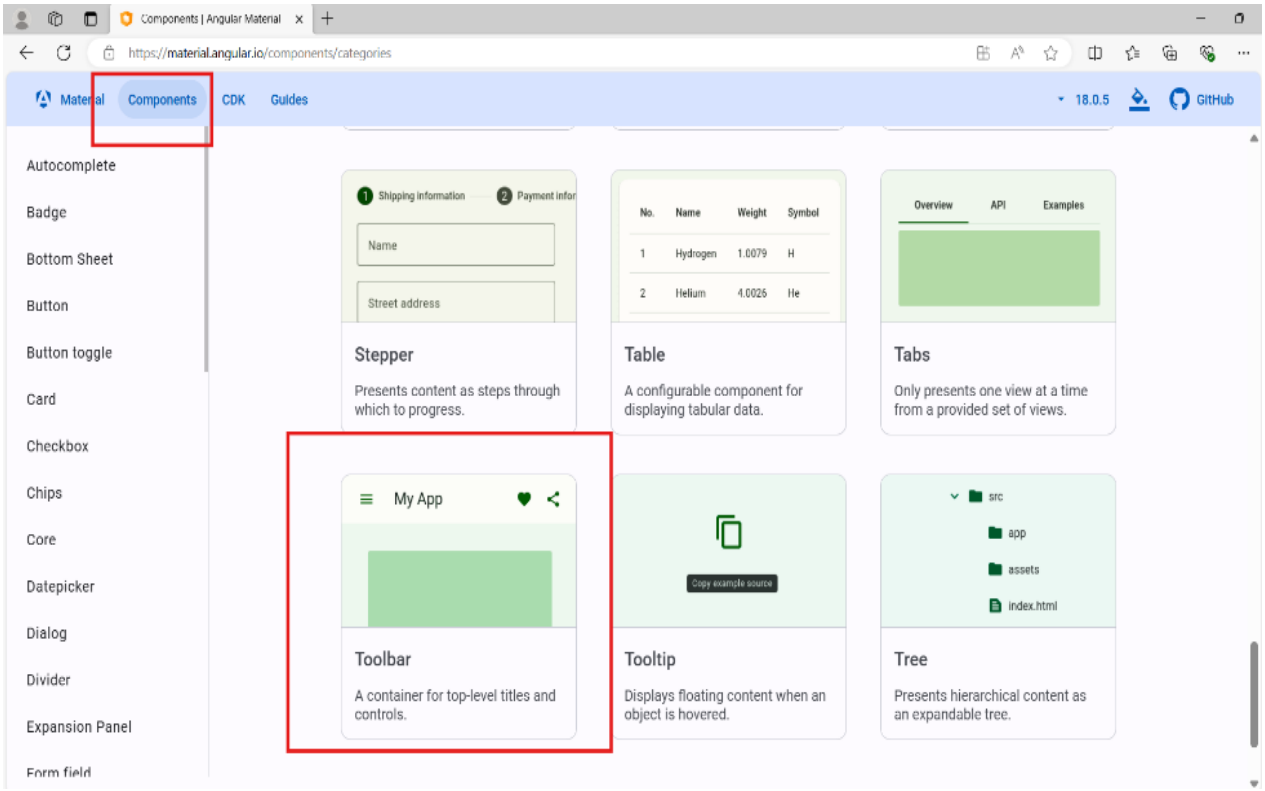
Fuente: Autor

El framework Angular se utiliza para crear aplicaciones web compuestas por múltiples componentes individuales que pueden ser reemplazados de forma independiente, esta estructura permite que después de una acción del usuario no sea necesario recargar toda la página web, lo que mejora la eficiencia y la experiencia del usuario (Bhaskar & Manjunath, 2020).

Para el diseño de la interfaz se utiliza Angular Material que ofrece componentes predefinidos para adaptarse a diferentes necesidades, estos componentes pueden encontrarse en la sección Toolbar | Angular Material de la documentación de Angular Material.

Figura 30

Componentes del Material de Angular



Fuente: (Angular Material, sf) obtenido de https://material.angular.io/components/toolbar/overview

Un componente en Angular se compone de un archivo de plantilla (HTML), un archivo de estilo (CSS) y un archivo TypeScript, que es un superconjunto de JavaScript y, por lo tanto, incluye todas sus características como se muestra en la Figura 31 .

Una de las principales ventajas de Angular es la capacidad de reutilizar el código, lo que facilita la creación de componentes, cada componente puede ser usado en distintos usos y especificaciones que se requiera para el diseño (Bhaskar & Manjunath, 2020).

Con estas herramientas se empieza sentando la base de la aplicación front end para la visualización de los datos e interacción con el usuario final.

Figura 31

Elementos de un componente

Fuente: (Angular Material, sf) obtenido de https://material.angular.io/components/toolbar/overview

Los servicios en Angular son clases reutilizables que realizan tareas específicas y se pueden compartir entre diferentes partes de la aplicación. Proporcionan funcionalidades adicionales a los componentes, manteniendo el código modular y limpio (Puciarelli,2020). La inyección de dependencias en Angular permite declarar los servicios una sola vez y luego inyectarlos en los componentes que los necesiten, facilitando la separación de la lógica de implementación de otras tareas, como la recuperación, el manejo y la manipulación de datos. (Bhaskar & Manjunath, 2020)

Los módulos organizan y estructuran el código de la aplicación agrupando componentes, servicios proporcionando un contexto definido, facilitando la gestión de aplicaciones complejas al dividirlas en partes manejables y reutilizables (Puciarelli,2020).

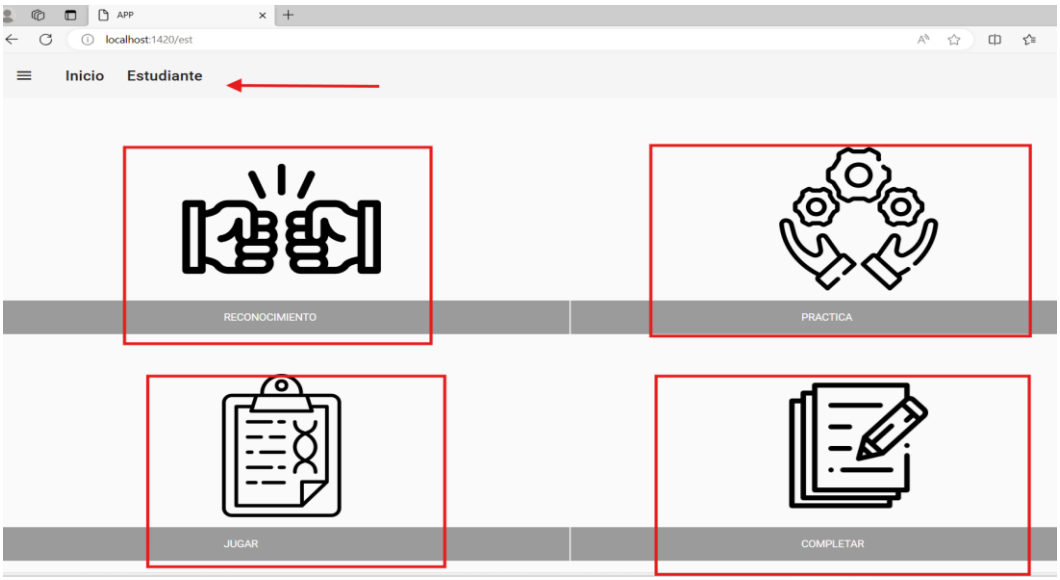
Figura 32

Interfaz de la Aplicación en el navegador web

Nota: En la presente imagen se observa la interfaz principal de la aplicación la cual contiene el componente del docente y el componente del estudiante. Fuente: El Autor

Figura 33

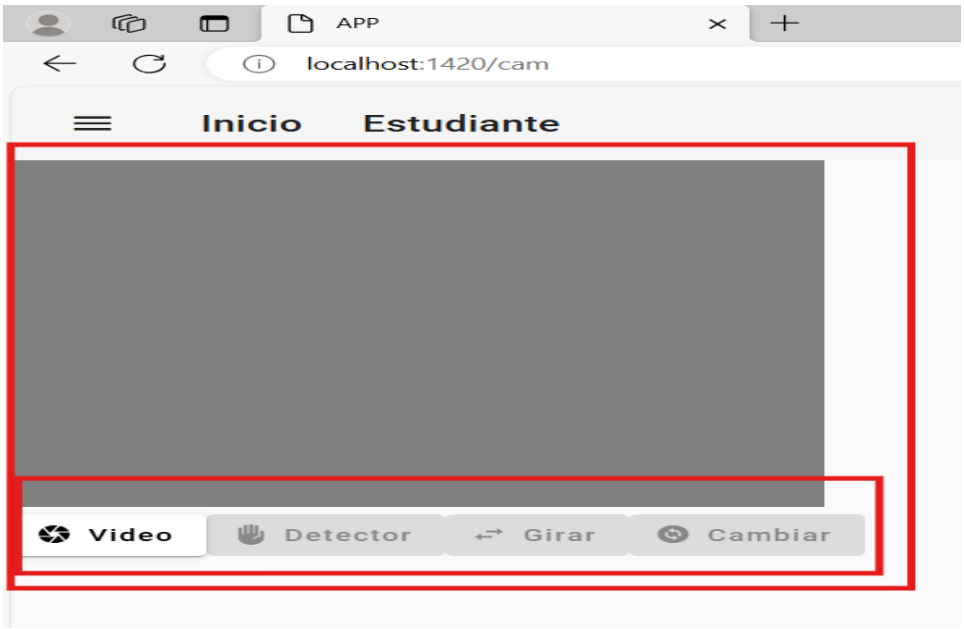
Actividades del componente estudiante.



Nota: En las actividades que realiza el estudiante consta de cuatro componentes: reconocimiento, práctica, jugar, completar cada una con una función específica. Fuente: Autor

Figura 34

Componente Reconocimiento



Nota: Este componente consta de las funciones de video la cual al presionar se activa la cámara conectada al dispositivo, en la activación de detectar usa mediapipe hands landmark para reconocer los puntos de referencia de la mano, y la activación de girar realiza un giro del enfoque actual de la cámara, y cambiar realiza el cambio de dispositivo de cámara en tal caso de haber. Fuente: Autor

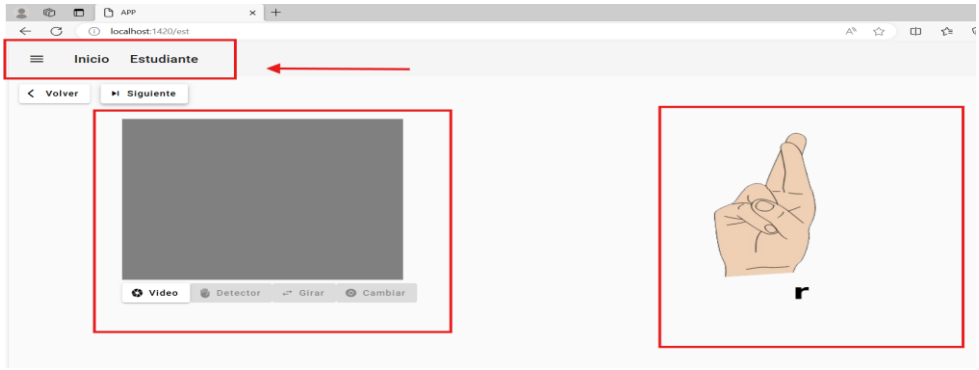
Figura 35

Reconocimiento de las manos con el uso de Mediapipe Hands Landmark.

Nota: Se observa cómo funciona el componente reconocimiento cuando se activa la función de video y detector, al activar la función video se dirige a la cámara del dispositivo activándola, al presionar el botón tracking/detector utiliza mediapipe para reconocer las dos manos, al presionar el botón voltear se puede cambiar la vista en la cámara de un lado a otro, al presionar cámara este nos sirve para cuando se tenga dos dispositivos de cámaras poder elegir el que más nos guste para la práctica. Fuente: Autor

Figura 36

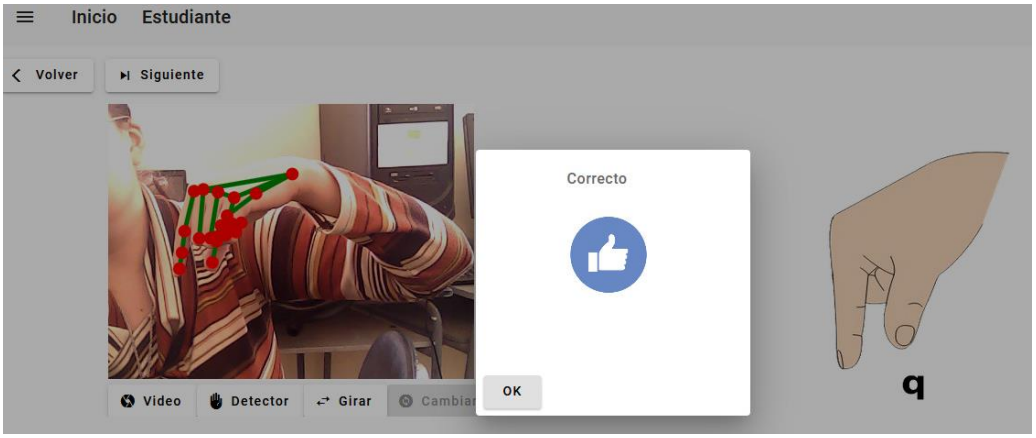
Componente Práctica



Nota: La componente práctica está reutilizando el componente reconocimiento, incluyendo la imagen de la posición de la seña que va a realizar para su posterior reconocimiento. Fuente: Autor

Figura 37

Reconocimiento de la seña aleatoria.

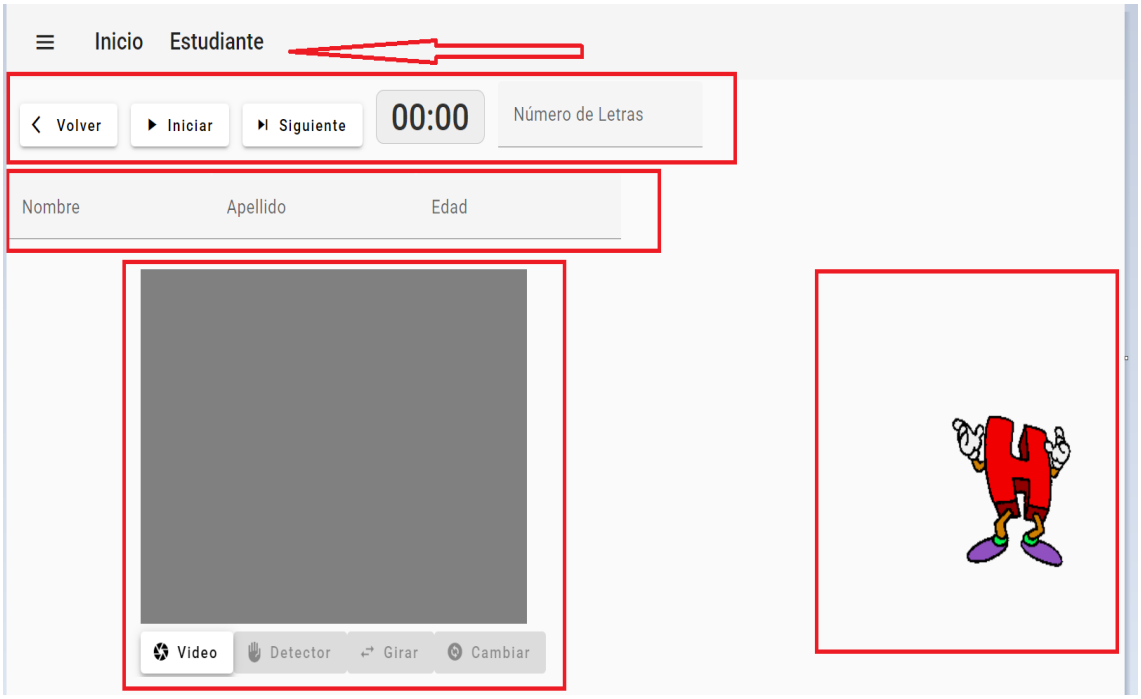


Nota: Al activar el componente de reconocimiento, el usuario puede practicar la posición de la mano respecto a la seña presentada, si el usuario la realiza de forma correcta sale un

mensaje de correcto, si desea la practicar ora letra diferente puede presionar siguiente. Fuente: Autor

El componente jugar que se observa en la figura 38 reutiliza el componente reconocimiento, la función de este componente es un juego de memoria en el cual se ingresa los datos del usuario, el número de letras a practicar y la aplicación arroja una imagen aleatoria respecto a la letra del abecedario, en la cual el usuario debe recordar la forma de la seña respectiva y el temporizador medirá el tiempo en que el usuario recuerde la seña de la letra, que se guardará el resultado en la parte de docente.

Figura 38
Componente jugar

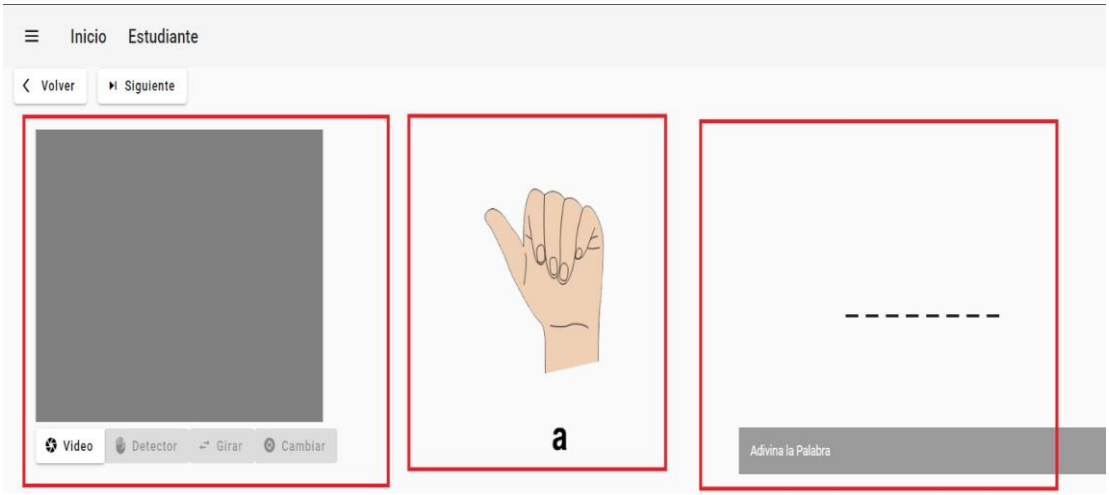


Fuente: Autor

El componente completar reutiliza el componente reconocimiento, la función de este componente es poner una seña al azar, y si la letra corresponde a la palabra del diccionario va completando la palabra, el resultado al completar la palabra aparece la palabra adivinada junto con su significado.

Figura 39

Componente Completar



Fuente: Autor

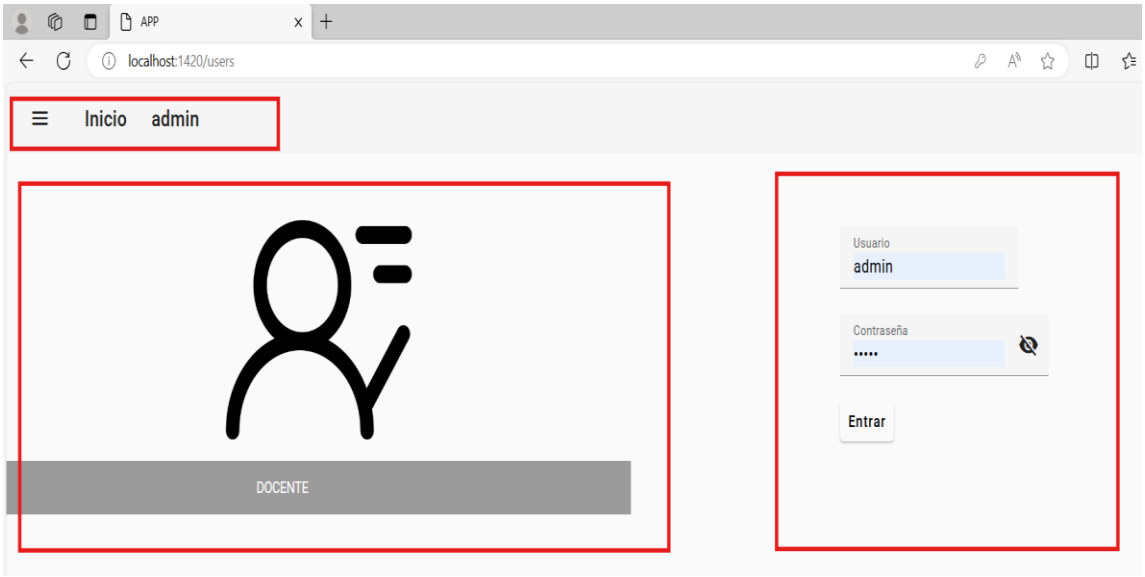
3.7.2 Backend

Se denomina Backend a la capa de acceso a los datos de un software que no es accesible para el usuario final esta capa contiene toda la lógica de la aplicación que maneja los datos que se encuentran almacenados en una base de datos dentro de un servidor (Pérez, et al., 2021).

El backend de la aplicación utiliza el servidor Node.js con Express.js para almacenar los datos de los estudiantes que realizan la práctica del juego, la interfaz frontend permite al estudiante introducir sus datos que se vinculan con la práctica de señas que realiza del juego, estos datos son guardados en un archivo plano .json usando la comunicación del protocolo http y los resultados son visualizados por el docente para revisar la práctica realizada en la sección de docente de la aplicación.

Figura 40

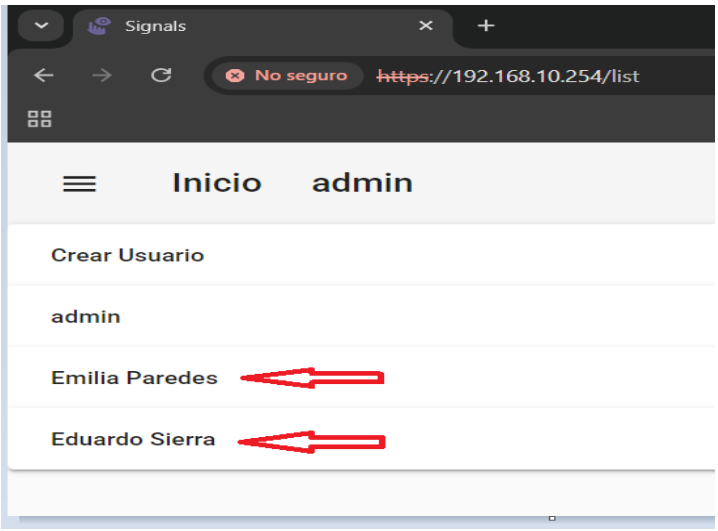
Componente Docente



Nota: En el componente docente podrá ingresar a visualizar los datos respecto a la realización del juego, que el estudiante realice. Fuente: Autor

Figura 41

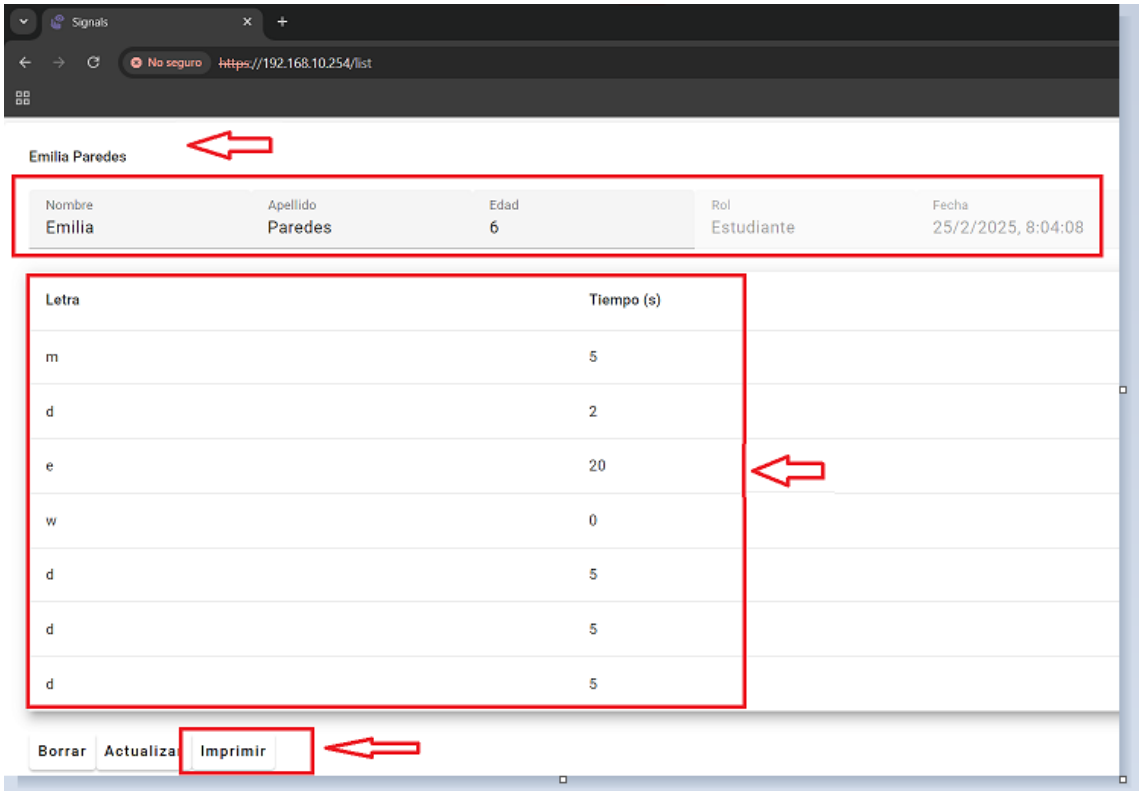
Registro de usuarios que utilizan el componente juego.



Nota: En esta sección lista se puede observar el registro de los usuarios que realizaron el juego junto con sus respectivos tiempos, este componente cuenta con un temporizador el cual nos sirve para cuando pasen la semana del registro de práctica de los estudiantes, este automáticamente vaciará este contenido. Fuente: Autor

Figura 42

Información de los resultados del componente juego para cada letra recordada.

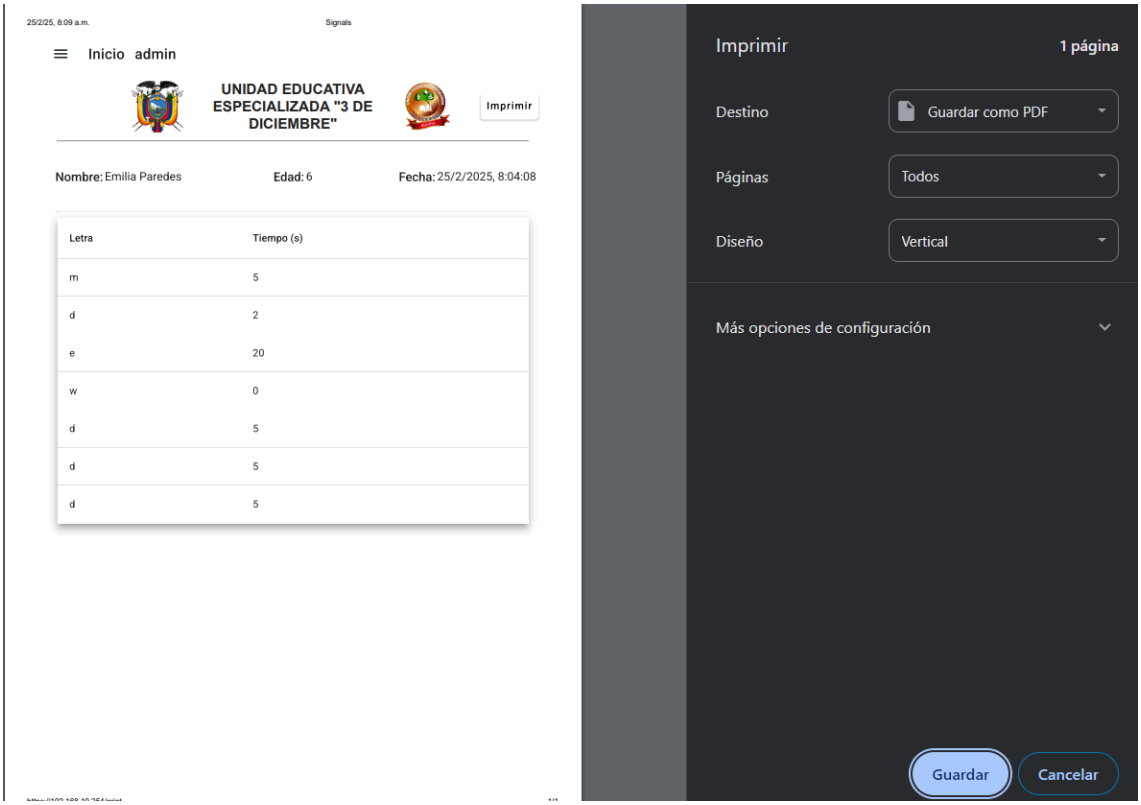


Nota: Se tiene el registro del estudiante uno el cual ha realizado la parte del juego en el cual se registra la letra recordada y el tiempo que se demoró en realizar, el docente puede dar una orientación o sugerencia en cuanto a las letras que tienen más tiempo de recordar, de igual forma este componente cuenta con las opciones de borrar, actualizar e imprimir la cual nos ayudan a llevar el registro de la práctica del estudiante. Fuente: Autor

El componente docente también cuenta con un archivo en formato PDF, el cual contiene un registro detallado de todos los datos almacenados en la sección juego**.** Este archivo puede ser consultado e impreso presionando el botón imprimir indicado en la figura 42, dándonos como resultado un documento con el cual el docente pueda verificar la práctica y tener registro de uso, como se indica en la figura

Figura 43

Archivo pdf generado con los resultados del componente juego.



Fuente: Autor

La comunicación entre el frontend y el backend en la aplicación web se realiza mediante el protocolo HTTP, utilizando métodos como get, post, put y delete el proceso comienza cuando el usuario interactúa con la interfaz de usuario (frontend), desarrollada con Angular, que envía solicitudes HTTP al servidor (backend) implementado con Express.js. El servidor recibe estas solicitudes a través de rutas específicas que manejan la lógica de la aplicación, como la validación de datos. Una vez procesada la solicitud, el servidor genera una respuesta, que puede incluye datos en formato .json y la envía de vuelta al frontend. Angular recibe esta respuesta y actualiza la información, que puede ser mostrada mediante el acceso del componente docente. Este ciclo de comunicación asegura una interacción fluida y dinámica entre el usuario y la aplicación web, permitiendo la transferencia eficiente de datos

4 Capítulo IV

IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

En el presente capítulo se presenta la implementación de la aplicación web desarrollada, así como las pruebas de validación del modelo de entrenamiento, y funcionamiento de la aplicación, la fase de implementación y pruebas representa la culminación de un proceso iterativo de diseño y desarrollo, realizando para dar una solución práctica y funcional.

A lo largo del capítulo se detalla la validación del modelo desarrollado en el apartado 3.6.1 así como también el funcionamiento de la aplicación con el usuario final con el fin de tener un buen funcionamiento de la aplicación web en la Institución.

4.1 **Implementación**

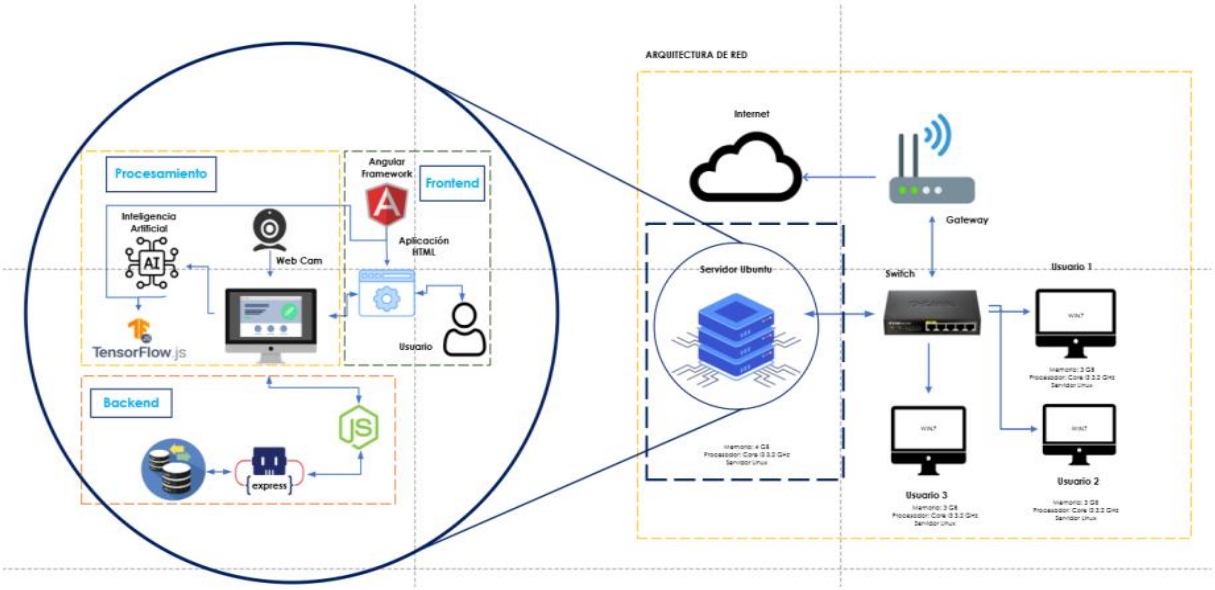
Para la siguiente parte de la implementación de la aplicación web para el reconocimiento de señas en la Unidad educativa 3 de diciembre, se a tomado en cuenta la infraestructura detallada en el apartado 3.2.1, junto con los requerimientos funcionales SrSH4 y SrSH5 que se lo encuentra en el apartado 3.3.4.

En la implementación, se mantiene el sistema operativo Windows 7, añadiendo únicamente el servidor necesario para el funcionamiento de la aplicación, que utiliza una computadora con sistema operativo Linux, específicamente una distribución de Ubuntu, que se encuentra instalado en una de las computadoras del laboratorio.

Este funciona como servidor web y emplea Nginx, la aplicación al ser de tipo web, permite que las diferentes computadoras existentes en el laboratorio accedan al servicio bajo una arquitectura cliente-servidor como se observa en la figura 43, donde se observa la aplicación alojada en el servidor, donde cada cliente consume los recursos del servidor, que ha sido configurado con características mejoradas, como la incorporación de un disco sólido (SSD) y 4 GB de memoria RAM, lo que garantiza el correcto funcionamiento en el contexto del número reducido de computadoras existentes en el laboratorio, la aplicación web fue diseñada para ejecutarse desde un navegador, lo que asegura su compatibilidad con cualquier distribución de Windows, este enfoque garantiza que el sistema sea accesible y funcional sin requerir modificaciones significativas en los equipos existentes.

Figura 44

Implementación de la aplicación en la Unidad Educativa 3 de diciembre.



Fuente: Autor

La implementación y diseño del sistema se ajusta a las necesidades y recursos de la institución educativa, aprovechando las tecnologías y el hardware disponibles. A pesar de los recursos limitados, la implementación demuestra que es posible desplegar una solución de IA funcional y efectiva sin requerir hardware avanzado. Este enfoque asegura que el sistema sea adaptable, accesible y capaz de cumplir con los requisitos establecidos por la institución.

Figura 45

Ícono de la Aplicación.

Nota: En la imagen se presenta el distribuible con el que pueden acceder a la aplicación, para su uso. Fuente: Autoría

4.2 **Pruebas**

Al ya tener la implementación de la aplicación web desarrollada, se continua con las pruebas que nos permiten verificar el funcionamiento en el lugar, para ello se tiene los siguientes apartados de evaluación del modelo, pruebas de la aplicación y funcionamiento de la aplicación, donde con cada uno de ellos se garantiza la correcta validación del mismo.

4.2.1 Pruebas del modelo

En este apartado se realiza la evaluación del rendimiento del modelo realizado para el reconocimiento de señas, el modelo entrenado se realizó con una proporción de 20% para pruebas, y el 80% para el entrenamiento, debido a que con esto se puede observar la precisión, el modelo usado es una red neuronal convolucional en el cual se realiza la predicción en el modelo usando los datos obtenidos dentro del conjunto de pruebas, se valida el modelo haciendo uso de la matriz de confusión (Vera & Gallejo, 2022).

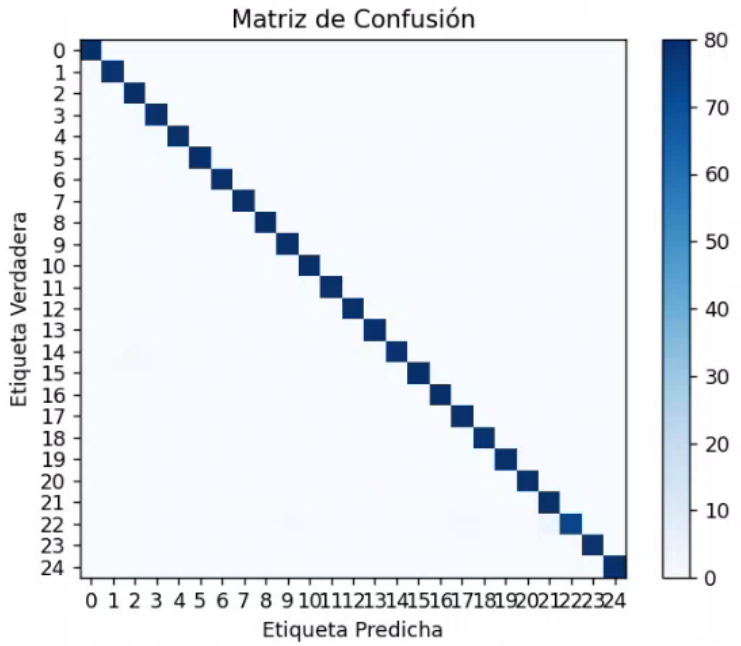
La matriz de confusión consiste en una representación matricial de los resultados de las predicciones realizadas, tiene los siguientes componentes:

- TN: Verdaderos negativos.
- TP: verdaderos positivos.
- FN: falso negativo predice como falso cuando no lo es.
- FP: falso positivo, predice como verdadero cuando no lo es.

En la figura 46 se observa la matriz de confusión donde la ‘etiqueta predicha’ es la etiqueta que predijo el modelo, y la ‘Etiqueta verdadera’ es la etiqueta verdadera, mientras más alto sea el valor o la intensidad del cuadro, es capaz de distinguir mejor la seña correspondiente a la letra.

Figura 46

Matriz de confusión de cada etiqueta representa las señas.



Nota: autoría

A partir de los valores de la matriz de confusión se calculan las siguientes métricas:

- ***Precisión***

  Porcentaje de predicciones positivas correctas.

  $Precisión = \frac{TP}{(TP+FP)}$

- ***Exactitud (Accurracy)***

  Porcentaje de predicciones correctas

  $Acurracy = \frac{(TP+TN)}{Total}$

- ***Sensibilidad (Recall)***

  Porcentaje de casos positivos detectados

$$Recall = \frac{TP}{(TP+FN)}$$

- ***Especificidad (Specifity)***

Porcentaje de casos negativos detectados.

$$Specifity = \frac{TN}{(TN+FP)}$$

La figura 47 indica los resultados de las métricas de evaluación del modelo red convolucional usando los datos personalizados, en la cual la barra azul fue calculada usando la ecuación referente a precisión, la barra verde utilizando la ecuación referente a exactitud, la barra roja utilizando la ecuación referente a sensibilidad y la barra morada usando la ecuación haciendo referencia a especificidad.

En base a los resultados obtenidos de la matriz de confusión y las métricas derivadas de ella, podemos concluir que el modelo ha alcanzado ciertos niveles de precisión y exactitud, sin embargo, este desempeño debe ser interpretado dentro del contexto específico del problema en el que se aplica. Las métricas de precisión, exactitud, sensibilidad y especificidad son herramientas fundamentales para evaluar un modelo de clasificación, y cada una de ellas proporciona una perspectiva diferente sobre su rendimiento.

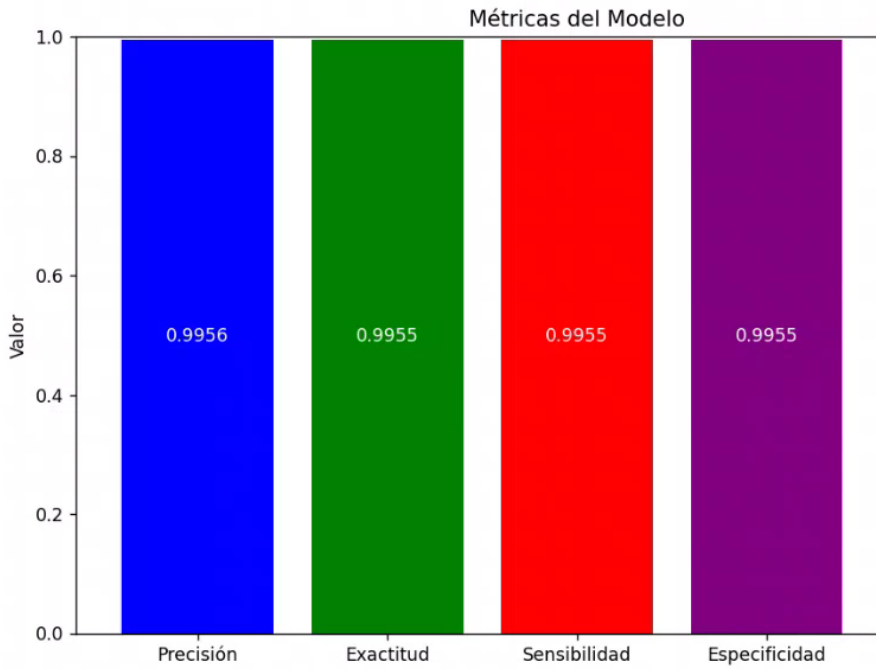
En primer lugar, la precisión refleja la capacidad del modelo para no clasificar incorrectamente instancias negativas como positivas. Esta métrica es especialmente importante en problemas donde las falsas alarmas (falsos positivos) tienen consecuencias negativas. Un modelo con alta precisión asegura que las predicciones positivas realizadas son mayormente correctas. Por otro lado, la exactitud mide el porcentaje de predicciones correctas en relación con el total de predicciones realizadas, lo que ofrece una visión general del rendimiento del modelo.

En cuanto a la sensibilidad, esta métrica es clave cuando se busca identificar correctamente los casos positivos, un modelo con alta sensibilidad será eficaz para detectar la seña de interés. Por otro lado, la especificidad es esencial cuando se desea evitar los falsos positivos. Un modelo con alta especificidad será capaz de identificar

correctamente los casos negativos, lo cual es particularmente valioso en contextos donde los falsos positivos podrían tener un impacto negativo.

En conclusión, las métricas derivadas de la matriz de confusión proporcionan una visión clara del rendimiento del modelo, pero un análisis profundo dependerá de la interpretación específica de los datos y del contexto en el que se aplique. Al equilibrar estas métricas, se puede obtener una evaluación más precisa y ajustada a las necesidades del problema de clasificación en cuestión.

Figura 47
Métricas de evaluación.



Fuente: Autoría

4.2.2 Pruebas de la Aplicación.

Para la evaluación de la aplicación se realiza la prueba de funcionalidad externa de la aplicación apoyándonos en la prueba de caja negra, a continuación, en la tabla 17 se considera los aspectos de prueba que se evalúa y que deben estar presentes en el sistema, esto nos ayuda a verificar el cumplimiento de los requerimientos propuestos para la aplicación web, tomando específicamente los requerimientos de prioridad alta.

En la tabla 18 se observa la evaluación de los casos de prueba realizada en la Institución en conjunto con los docentes, y en la tabla 19 la evaluación de los mismos del producto final entregado.

Tabla 17 Casos de prueba para evaluación.

Caso de Prueba	Requerimiento	Descripción	Datos de Entrada	Resultado Esperado	Procedimientos especiales requeridos.
CP01	El sistema debe tener un dispositivo de toma de imágenes, que sea compatible con la aplicación y con la pc a usarse.	Verificar que la cámara seleccionada sea compatible con el pc y la aplicación, y funcione correctamente.	Modelo del dispositivo Driver instalado. SO compatible.	La herramienta digital usa la cámara para la toma de datos sin restricciones.	Puertos de conexión y drivers operativos.
CP02	La herramienta digital debe funcionar en el laboratorio de la Institución.	Comprobar que la herramienta funcione en el laboratorio de la Institución.	Implementación de la aplicación en cada uno de los computadores del laboratorio.	El icono de acceso rápido a la aplicación en cada una de las computadoras funcione correctamente.	Configuración del acceso rápido.
CP03	La herramienta digital debe emplear visión artificial, capturar y procesar la imagen en tiempo real.	Verificar que la herramienta digital emplea visión artificial.	Programación Inicial del Software.	La herramienta digital procesa las imágenes usando librerías de visión artificial.	Carga exitosa librería de visión artificial OpenCV.
CP04	La herramienta digital debe basarse en la metodología de enseñanza llamada Tripleta (imagen-seña y palabra), con una forma de evaluar..	Verificar que se emplee la metodología planteada, y un componente de evaluación.	Imágenes asociadas a la seña y letra correspondiente.	La herramienta digital indica la seña asociada a la letra correspondiente, y el componente Jugar contiene el tipo de evaluación.	Programación en el GUI.
CP05	La herramienta digital debe ser fácil de manipular, intuitiva, amigable con el usuario, y debe tener retroalimentación visual en la práctica.	Comprobar que la herramienta digital sea fácil de manipular, intuitiva y amigable con el usuario y tenga la retroalimentación correspondiente.	Uso de la interfaz usando los componentes y viendo el resultado.	La GUI es fácil de usar y comprender el funcionamiento.	Distintos usuarios pertenecientes a la Institución pueden usar la herramienta digital.
CP06	La herramienta digital debe tener detección y segmentación precisa de las manos.	Comprobar la detección y segmentación de las manos.	Probar con el componente cámara la detección de las manos en diferentes posiciones y fondos.	La herramienta digital identifica y segmenta correctamente las manos.	Carga exitosa de Mediapipe handslandmark.
CP07	La herramienta digital necesita reconocer la forma de las manos en cuanto a su respectiva seña.	Comprobar que la herramienta digital reconozca la forma de la mano en cuanto a su respectiva seña.	Probar con la componente práctica para la detección de seña correspondiente.	La herramienta digital identifica la forma de la mano con la seña de la imagen de muestra.	Se realiza la base de datos con el abecedario de la FENASEC.
CP9	La herramienta digital necesita tener componentes diferenciables.	Verificar que los componentes de la herramienta puedan diferenciarse unos de otros.	En el diseño de la interfaz que tenga su respectivo indicativo.	Los usuarios pueden identificar el uso de cada componente.	Uso de la aplicación.
CP10	La herramienta digital compatibilidad entre el hardware y el software.	Validar la compatibilidad con el Hardware y el Software mediante el uso de la aplicación.	Aplicación no genere errores de compatibilidad o funcionamiento.	La herramienta funciona correctamente en unidad, de forma ágil y eficiente.	Corrección de errores en implementación.
CP11	El Sistema que alberga la La herramienta digital debe tener acceso a una fuente de alimentación.	Verificar que todos los equipos tengan tenga acceso a una fuente de alimentación.	Conexión a la red eléctrica de los dispositivos.	Las PC que tienen la aplicación disponen de fuente de alimentación.	N/A

Tabla 18 *Evaluación Casos de Prueba.*

Caso de Prueba	Resultado Esperado	Estado	Docente 1	Docente 2	Docente 3	Observaciones
CP01	La herramienta digital usa la cámara para la toma de datos sin restricciones.	Cumple (✓) No Cumple (x)	✓	✓	✓	N/A
CP02	El icono de acceso rápido a la aplicación en cada una de las computadoras funcione correctamente.	Cumple (✓) No Cumple (x)	✓	✓	✓	N/A
CP03	La herramienta digital procesa las imágenes usando librerías de visión artificial.	Cumple (✓) No Cumple (x)	✓	✓	✓	N/A
CP04	La herramienta digital indica la seña asociada a la letra correspondiente y el componente Jugar contiene el tipo de evaluación.	Cumple (✓) No Cumple (x)	✓	✓	✓	N/A
CP05	La GUI es fácil de usar y comprender el funcionamiento.	Cumple (✓) No Cumple (x)	✓	✓	✓	N/A
CP06	La herramienta digital identifica y segmenta correctamente las manos.	Cumple (✓) No Cumple (x)	✓	✓	✓	N/A
CP07	La herramienta digital identifica la forma de la mano con la seña de la imagen de muestra.	Cumple (✓) No Cumple (x)	✓	✓	✓	N/A
CP9	Los usuarios pueden identificar el uso de cada componente.	Cumple (✓) No Cumple (x)	✓	✓	✓	N/A
CP10	La herramienta funciona correctamente en unidad, de forma ágil y eficiente.	Cumple (✓) No Cumple (x)	✓	✓	✓	N/A
CP11	Las PC que tienen la aplicación disponen de fuente de alimentación.	Cumple (✓) No Cumple (x)	✓	✓	✓	N/A

En este análisis, se evalúan los resultados obtenidos a partir de las pruebas de funcionalidad externa realizadas a la herramienta digital, utilizando la metodología de prueba de caja negra. Las pruebas se llevaron a cabo para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos, especialmente aquellos de alta prioridad. Los resultados de estas pruebas se presentan en la Tabla 18, donde se detallan los casos de prueba evaluados junto con los comentarios de los docentes involucrados.

En primer lugar, los resultados obtenidos para la prueba CP01 muestran que la herramienta digital funciona correctamente con la cámara, sin restricciones, en todas las evaluaciones. Los tres docentes confirmaron que la herramienta utiliza la cámara de manera adecuada, lo que cumple con el requisito de que el sistema debe ser compatible con el hardware utilizado. Este resultado es fundamental ya que garantiza que la herramienta podrá capturar imágenes correctamente para el procesamiento posterior.

De manera similar, el caso de prueba CP02, que verifica el funcionamiento del icono de acceso rápido a la aplicación en los computadores del laboratorio, también pasó sin inconvenientes. Los tres docentes confirmaron que el acceso a la herramienta en las computadoras se realiza de forma correcta, lo que asegura que la implementación de la herramienta en el laboratorio no presenta errores de acceso.

En cuanto al CP03, relacionado con el procesamiento de imágenes mediante librerías de visión artificial, los resultados son igualmente satisfactorios. Los docentes indicaron que la herramienta procesa correctamente las imágenes utilizando las librerías necesarias, lo que confirma que el sistema cumple con la capacidad de analizar imágenes en tiempo real, un aspecto clave de la aplicación.

Otro aspecto importante que se evaluó fue la implementación de la metodología Tripleta (imagen-seña y palabra), correspondiente al caso de prueba CP04. Todos los

docentes confirmaron que la herramienta digital asocia correctamente las imágenes con la seña y la letra correspondiente.

Además, el componente de evaluación dentro de la aplicación también funciona adecuadamente, lo que asegura que la herramienta cumple con los requisitos pedagógicos establecidos.

La facilidad de uso y la interfaz amigable de la herramienta, evaluada en el caso de prueba CP05, también fue calificada de manera positiva por los tres docentes. Se observó que la interfaz gráfica de usuario (GUI) es clara y fácil de utilizar, lo que contribuye a una experiencia de usuario satisfactoria y facilita la adopción de la herramienta por parte de los estudiantes

Otro componente esencial evaluado fue la detección y segmentación de las manos (CP06). La herramienta digital logró identificar y segmentar las manos correctamente, un factor clave para el éxito de la aplicación en contextos de interacción visual. Este resultado es consistente en todas las evaluaciones y asegura que el sistema está funcionando según lo esperado.

En cuanto al reconocimiento de la forma de la mano para las señales, evaluado en el caso CP07, los resultados también son satisfactorios. La herramienta identificó correctamente la forma de la mano en relación con la seña de la imagen de muestra, lo que asegura que la aplicación es capaz de reconocer y asociar de manera precisa las señales del abecedario de la FENASEC.

Respecto al caso CP09, que evalúa la diferenciación de los componentes dentro de la herramienta, los docentes confirmaron que los usuarios pueden identificar fácilmente cada componente de la aplicación, lo que refuerza la facilidad de uso y la accesibilidad de la herramienta para los estudiantes.

En relación con la compatibilidad entre hardware y software, el caso CP10 mostró que la herramienta funciona de manera ágil y eficiente sin errores, lo que es crucial para asegurar que la aplicación sea estable y no presente fallas durante su uso. Esta evaluación

es fundamental para garantizar que la herramienta digital sea operativa en diferentes equipos y no genere problemas de rendimiento.

Finalmente, en el caso de prueba CP11, que verifica el acceso a una fuente de alimentación para los dispositivos, todos los docentes confirmaron que las PC de la Institución disponen de fuente de alimentación, asegurando que los equipos puedan operar sin interrupciones debido a fallos eléctricos.

En general, los resultados obtenidos de las pruebas indican que la herramienta digital cumple con los requisitos funcionales establecidos en la mayoría de los casos, destacándose su compatibilidad con el hardware, el uso adecuado de visión artificial, la facilidad de uso, la correcta detección de las señales manuales y la eficiencia en su funcionamiento.

Los docentes involucrados en la evaluación confirmaron que todos los casos de prueba fueron exitosos, lo que valida la efectividad de la aplicación en el contexto institucional. No obstante, es importante continuar monitoreando el uso de la herramienta para garantizar su óptimo desempeño en diferentes entornos y usuarios.

Figura 48

Evaluación de Herramienta Digital por parte personal docente.

Nota: La figura muestra la evaluación de la herramienta digital por parte docente

4.2.3 Pruebas del Funcionamiento.

Para la presente sección se realiza las pruebas del funcionamiento de la aplicación donde se realiza la identificación de la población, en la cual se analiza el contexto y se aplica una metodología de muestreo, posterior a ello se realiza la evaluación de la muestra escogida y se culmina con la evaluación de cada estudiante perteneciente a la muestra.

4.2.3.1 Identificación de la Población

Para la presente sección de pruebas del funcionamiento se realiza en la Unidad Educativa Especializada 3 de diciembre, ubicada en la parroquia de San Antonio de Ibarra que actualmente cuenta con un total de 33 estudiantes matriculados, que corresponden al rango de edad de 5 a 19 años, correspondientes al año lectivo 2024-2025, la educación que aquí se imparte es especializada, en la sección 1.3 podemos encontrar la justificación por la cual se a realizado en esta prestigiosa Institución.

4.2.3.2 Metodología de Muestreo

El llevar a cabo las pruebas de funcionamiento a los niños pertenecientes a la Institución nos ayuda a comprobar el funcionamiento de la herramienta digital en un entorno de educación real, teniendo como resultados de aprendizaje dependiendo de como el niño se familiarice con la aplicación, tomando en cuenta la población universal actual se ha seleccionado realizar un muestreo por conglomerado “ donde se divide a la población en varios grupos de características parecidas (Otzen, et al., 2017)

Para este caso los conglomerados están definidos por el rango de edad, en la que se realiza la formación del primer conglomerado de 5-10 años y el segundo conglomerado de 11-19 años, en la que se escoge al primer conglomerado que tiene el rango de edad para el análisis del estudio, sin embargo, cabe aclarar que la herramienta digital está diseñada para cualquier estudiante que requiera su uso.

En el conglomerado seleccionado se toma en cuenta la variable de la edad de 5 a 10 años a la cual pertenecen 8 estudiantes en el cual en este tipo de muestreo se evalúa a cada estudiante.

4.2.3.3 Evaluación de la muestra

Para esta evaluación se llevó a cabo una prueba de uso durante una semana, con una planificación y adaptación al currículo escolar donde se tomó en cuenta la orientación en el proceso de enseñanza según los lineamientos del Ministerio de Educación del Ecuador, para los primeros años de educación básica.

En la Tabla 19, se presenta el Cronograma a llevarse a cabo durante el tiempo establecido.

Tabla 19 *Cronograma de Actividades para evaluar funcionalidad.*

Cronograma de Actividades						
Día	**Fecha**	**Actividad Principal**	**Objetivo de Aprendizaje**	**Evaluación**	**Observaciones**	**Resultados Esperados**
1	24/01/2025	Introducción y Navegación en la Aplicación.	Aprender cómo ingresar, navegar por las secciones, y usar las funciones básicas.	La evaluación se realiza con la tabla 20.	El docente encargado realiza el apoyo en las pruebas.	El estudiante se familiarice con la aplicación, las partes que tiene, y como la puede usar.
2	25/01/2025	Usar la sección de reconocimiento y práctica.	Reconocer visualmente las señas y relacionarlas con las letras.	La evaluación se realiza con la tabla 20.	El docente encargado realiza el apoyo en las pruebas.	El estudiante use las secciones y botones que incluye, recuerde como manejar la aplicación.
3	26/01/2025	Práctica intensiva de la sección de práctica.	Mejorar la precisión en el reconocimiento y la producción de señas.	La evaluación se realiza con la tabla 20.	El docente encargado realiza el apoyo en las pruebas.	El estudiante tenga conocimiento de la sección práctica y pueda usarla en la producción de señas, las veces que sea necesaria.
4	28/01/2025	Uso de la sección Jugar y completar.	Reforzar lo aprendido mediante actividades lúdicas.	La evaluación se realiza con la tabla 20.	El docente encargado realiza el apoyo en las pruebas.	El estudiante recuerde las letras aprendidas en la sección práctica, poniendo a prueba sus conocimientos en la sección jugar y completar.
5	29/01/2025	Uso de todas las secciones.	Revisar cada componente, la práctica y evaluación con el componente juego en la producción señas.	La evaluación se realiza con la tabla 20.	El docente encargado realiza el apoyo en las pruebas.	El estudiante maneje todas las secciones de la parte estudiante, se verifique en la parte docente los resultados de letras realizadas.

Escala de evaluación considerada en la tabla 20 se realiza con el fin de adaptar a las necesidades de niños con discapacidad auditiva, priorizando lo cualitativo para evitar estrés por calificaciones numéricas. Respetando su estilo visual, fomentando un ambiente inclusivo, obteniendo el progreso sin presión, asegurando un aprendizaje accesible y respetuoso.

Tabla 20

Escala de evaluación.

Porcentaje Final	Puntuación	Descripción	Resultado
76% - 100%	4	Excelente	Aprende/Domina los aprendizajes requeridos.
51% - 75%	3	Muy Bueno	Aprende/Alcanza los aprendizajes requeridos
26%- 50%	2	Bueno	Aprende/Próximo alcanzar aprendizaje requerido
0%-25%	1	Regular	No Aprende/No alcanza los aprendizajes requeridos.

Fuente: Autoría

La escala de evaluación permite interpretar el desempeño de los estudiantes según el porcentaje de logro de los aprendizajes requeridos, esta clasificación facilita la identificación de fortalezas y áreas de mejora, lo que contribuye a la toma de decisiones pedagógicas adecuadas.

En primer lugar, el nivel Excelente (76%-100%), con una puntuación de 4, indica que el estudiante ha adquirido y dominado completamente los aprendizajes esperados. Esto significa que demuestra un alto grado de autonomía y comprensión.

Por otro lado, el nivel Muy Bueno (51%-75%), correspondiente a una puntuación de 3, muestra que el estudiante ha alcanzado los aprendizajes requeridos no obstante, aún puede presentar algunas dificultades en ciertos aspectos, por lo que podría beneficiarse de estrategias de refuerzo para consolidar su dominio.

Asimismo, el nivel Bueno (26%-50%), con una puntuación de 2, refleja que el estudiante está en proceso de alcanzar los aprendizajes. Si bien ha adquirido algunos conocimientos, aún necesita apoyo adicional para lograr un desempeño óptimo. En este caso, es recomendable implementar estrategias de acompañamiento y refuerzo.

Finalmente, el nivel Regular (0%-25%), que recibe una puntuación de 1, evidencia que el estudiante no ha logrado los aprendizajes esperados. Esta situación requiere atención prioritaria.

Tabla 21 *Recopilación de Datos*

Estudiantes	**Día 1**	**Día 2**	**Día 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Puntuación Máxima**	**Puntuación Obtenida**	**Porcentaje desempeño**	**Descripción**	**Resultado**
Estudiante 1	3	3	4	3	4	20	17	85%	Excelente	Aprende/Domina los aprendizajes requeridos.
Estudiante 2	2	4	4	3	4	20	17	85%	Excelente	Aprende/Domina los aprendizajes requeridos.
Estudiante 3	3	4	3	3	4	20	17	85%	Excelente	Aprende/Domina los aprendizajes requeridos.
Estudiante 4	3	3	4	4	4	20	18	90%	Excelente	Aprende/Domina los aprendizajes requeridos.
Estudiante 5	3	4	3	4	4	20	18	90%	Excelente	Aprende/Domina los aprendizajes requeridos.
Estudiante 6	2	4	4	3	4	20	17	85%	Excelente	Aprende/Domina los aprendizajes requeridos.
Estudiante 7	3	3	4	4	4	20	18	90%	Excelente	Aprende/Domina los aprendizajes requeridos.
Estudiante 8	3	4	4	3	4	20	18	90%	Excelente	Aprende/Domina los aprendizajes requeridos.

La evaluación del desempeño de los estudiantes a lo largo de cinco días permite identificar su nivel de dominio de los aprendizajes requeridos. En este caso, todos los estudiantes han obtenido puntuaciones dentro del rango de excelencia, lo que indica un alto nivel de comprensión y aplicación de los conocimientos.

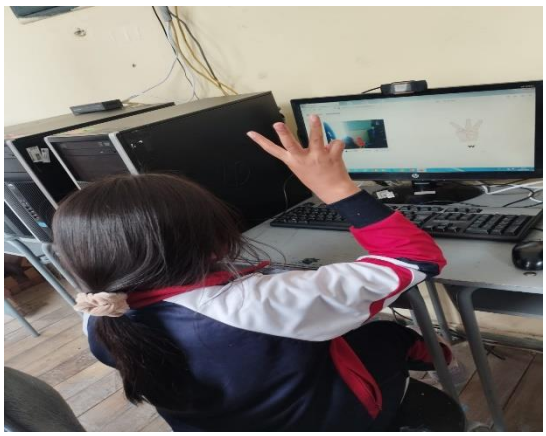
En primer lugar, la puntuación máxima posible era de 20 puntos, y las puntuaciones obtenidas por los estudiantes oscilan entre 17 y 18 puntos. Esto se traduce en porcentajes de desempeño del 85% y 90%, lo que ubica a todos los participantes en la categoría de Excelente. En consecuencia, se concluye que los estudiantes han aprendido y dominado los aprendizajes esperados de manera efectiva.

Por otro lado, al analizar la distribución de las calificaciones diarias, se observa que la mayoría de los estudiantes mantuvieron un rendimiento constante, con ligeras variaciones entre los días. Esto sugiere que el grupo ha desarrollado una comprensión sólida de los contenidos, aunque en algunos casos podrían requerir pequeños refuerzos para optimizar su desempeño.

Los resultados reflejan un proceso de aprendizaje exitoso, donde todos los estudiantes han demostrado un dominio significativo de los conocimientos evaluados. Este alto nivel de desempeño sugiere que las estrategias de enseñanza implementadas han sido efectivas.

Figura 49

Estudiante realizando uso de la aplicación.



Fuente: Autoría

La siguiente información presentada a continuación se tiene la evaluación y descripción de lo realizado durante los cinco días, de los 8 estudiantes, de donde se evaluó para los datos de la tabla 22 correspondiente a un resumen de la recopilación de los resultados obtenidos.

El primer día de uso de la aplicación en el laboratorio se centró en la introducción y navegación dentro de la plataforma como se indica en la tabla 23, durante esta sesión, los estudiantes fueron evaluados en función de su capacidad para familiarizarse con la aplicación y desplazarse por sus funciones básicas.

En términos de puntuación, la mayoría de los estudiantes (seis de ocho) obtuvieron un puntaje de 3, lo que sugiere un buen nivel de comprensión y manejo inicial de la aplicación. Sin embargo, dos estudiantes recibieron una puntuación de 2, lo que indica que pueden haber encontrado ciertas dificultades en la navegación o comprensión de las funciones básicas.

Este resultado refleja que, en general, los estudiantes lograron adaptarse adecuadamente a la aplicación, aunque algunos podrían necesitar apoyo adicional para mejorar su desempeño.

El desempeño en este primer día fue mayormente positivo, con un buen nivel de adaptación a la aplicación. No obstante, es importante continuar monitoreando el progreso de los estudiantes que presentaron dificultades para garantizar que logren desenvolverse con confianza en su uso.

Tabla 22

Día 1 del uso de la aplicación en el laboratorio.

Actividad	Estudiante	Puntuación
Introducción y Navegación en la Aplicación.	Estudiante 1	3
	Estudiante 2	2
	Estudiante 3	3
	Estudiante 4	3
	Estudiante 5	3
	Estudiante 6	2
	Estudiante 7	3
	Estudiante 8	3

Fuente: Autoría

Figura 50
Uso de la Aplicación en el laboratorio

Fuente: Autoría

Durante el segundo día de uso de la aplicación, los estudiantes trabajaron en la sección de reconocimiento y práctica indicada en la tabla 24, lo que les permitió interactuar de manera más activa con la herramienta digital, en esta sesión, la puntuación obtenida varió entre 3 y 4, reflejando un desempeño positivo en general.

Cuatro estudiantes alcanzaron la puntuación máxima de 4, lo que indica que lograron utilizar la sección de reconocimiento y práctica con eficacia, demostrando una buena comprensión y aplicación de las funciones, por otro lado, los demás estudiantes obtuvieron una puntuación de 3, lo que sugiere que, si bien lograron desenvolverse en la actividad, pueden requerir más práctica para optimizar su desempeño.

En comparación con el primer día, se observa mejora en el rendimiento de los estudiantes, lo que sugiere un proceso de adaptación progresivo a la aplicación, el desempeño en esta segunda sesión fue positivo, con una mayoría de estudiantes mostrando un buen nivel de manejo de la aplicación.

Tabla 23

Día 2 del uso de la aplicación en el laboratorio.

Actividad	Estudiante	Puntuación
Usar la sección de reconocimiento y práctica.	Estudiante 1	3
	Estudiante 2	4
	Estudiante 3	4
	Estudiante 4	3
	Estudiante 5	4
	Estudiante 6	4
	Estudiante 7	3
	Estudiante 8	4

Fuente: Autoría

Durante el tercer día de uso de la aplicación, los estudiantes participaron en una práctica intensiva de la sección de reconocimiento, en la cual se practica la identificación del abecedario dactilológico, con los resultados especificados en la tabla 25, en esta jornada, la mayoría de los estudiantes logró una puntuación de 4, lo que indica un alto nivel de desempeño en el manejo de la herramienta. Sin embargo, dos estudiantes obtuvieron una puntuación de 3, lo que sugiere que aún necesitan reforzar ciertos aspectos de la actividad.

En comparación con los días anteriores, se mantiene una tendencia positiva en la adaptación y uso de la aplicación. La práctica intensiva parece haber favorecido el fortalecimiento de habilidades, ya que la mayoría de los participantes demostró un manejo eficiente de la sección trabajada.

El tercer día de práctica mostró avances significativos en el uso de la aplicación, con una mayoría de estudiantes alcanzando el nivel esperado, observando que el progreso general sugiere que la metodología utilizada ha sido efectiva.

Tabla 24

Día 3 del uso de la aplicación en el laboratorio.

Actividad	Estudiante	Puntuación
Practica intensiva de la sección de reconocimiento.	Estudiante 1	4
	Estudiante 2	4
	Estudiante 3	3
	Estudiante 4	4
	Estudiante 5	3
	Estudiante 6	4
	Estudiante 7	4

	Estudiante 8	4

Fuente: Autoría

En la cuarta jornada de uso de la aplicación, los estudiantes trabajaron en la sección "Jugar y completar", una actividad que combina lo aprendido en la sección práctica reforzando los conocimientos adquiridos. Los resultados obtenidos el rendimiento general en comparación con días anteriores, ya que cinco estudiantes obtuvieron una puntuación de 3, mientras que tres alcanzaron una puntuación de 4, usando los componentes de verificación de aprendizajes.

Este resultado sugiere que algunos estudiantes encontraron desafíos en la dinámica de la actividad, que se logró superar a la siguiente sesión debido a que ya tienen conocimiento de cómo funciona toda la aplicación, sin embargo, aquellos que lograron la puntuación máxima evidencian un buen nivel de adaptación y comprensión.

En esta actividad igualmente se incorporó la verificación del componente docente en el cual observaron los resultados obtenidos del componente jugar viendo el desempeño de los estudiantes.

Tabla 25

Día 4 del uso de la aplicación en el laboratorio.

Actividad	**Estudiante**	**Puntuación**
Uso de la sección Jugar y completar.	Estudiante 1	3
	Estudiante 2	3
	Estudiante 3	3
	Estudiante 4	4
	Estudiante 5	4
	Estudiante 6	3
	Estudiante 7	4
	Estudiante 8	3

Fuente: Autoría

Figura 51

Verificación de la aplicación y desempeño del estudiante usando la aplicación.

Fuente: Autoría

En la quinta jornada de uso de la aplicación, los estudiantes participaron en una actividad integral que involucró la revisión de cada componente, el manejo de la práctica y la evaluación a través del juego en la producción de señas. Los resultados fueron altamente satisfactorios, ya que todos los estudiantes lograron la puntuación máxima de 4, lo que indica un dominio completo de la actividad .

Tabla 26

Día 5 del uso de la aplicación en el laboratorio.

Actividad	Estudiante	Puntuación
Revisar cada componente como maneja, y revisar la práctica y evaluación con el componente juego en la producción señas.	Estudiante 1	4
	Estudiante 2	4
	Estudiante 3	4
	Estudiante 4	4
	Estudiante 5	4
	Estudiante 6	4
	Estudiante 7	4
	Estudiante 8	4

Fuente: Autoría

En conclusión, el desempeño en el quinto día fue excelente, consolidando el aprendizaje logrado a lo largo de las sesiones anteriores. La integración de diversas

estrategias en una sola actividad demostró ser una herramienta efectiva para reforzar los conocimientos adquiridos y garantizar una comprensión integral de la aplicación, revisar.

4.2.3.4 Validación

El desempeño en cuanto al uso de los estudiantes sugiere que la aplicación y sus estrategias didácticas han sido efectivas, permitiendo a los estudiantes fortalecer sus habilidades en el reconocimiento y producción de señas. La combinación de revisión, práctica y evaluación con elementos lúdicos facilita una mayor comprensión y retención del contenido. Además, la consistencia en las puntuaciones refleja que los estudiantes han alcanzado un nivel uniforme de competencia, lo que indica que la metodología empleada ha sido inclusiva y accesible para todos. Para la validación de la aplicación se realiza el Cálculo del Porcentaje de Aprendizaje (CPA) que han obtenido los estudiantes durante el transcurso de las sesiones, analizando como fue el avance y poniendo en conocimiento de tutores.

$$CPA = \frac{Puntaje\ Obtenido}{Puntaje\ Maximo} x100$$

Estudiante 1:

$$CPA = \frac{17}{20} x100 = 85\%$$

Estudiante 2:

$$CPA = \frac{17}{20} x100 = 85\%$$

Estudiante 3:

$$CPA = \frac{17}{20} x100 = 85\%$$

Estudiante 4:

$$CPA = \frac{18}{20} x100 = 9$$

Estudiante 5:

$$CPA = \frac{18}{20} x100 = 90\%$$

Estudiante 6:

$$CPA = \frac{17}{20} x100 = 85\%$$

Estudiante 7:

$$CPA = \frac{18}{20} x100 = 90\%$$

Estudiante 8:

$$CPA = \frac{18}{20} x100 = 90\%$$

Los resultados del Cálculo del Porcentaje de Aprendizaje (CPA) reflejan un desempeño en general positivo entre los estudiantes, con la mayoría logrando una buena comprensión de los contenidos evaluados. En primer lugar, se observa que seis estudiantes alcanzaron un 85% de rendimiento, lo que corresponde a un puntaje de 17 sobre 20. Este resultado indica que estos estudiantes comprendieron adecuadamente los aprendizajes requeridos.

Por otro lado, dos estudiantes lograron un 90% de rendimiento, obteniendo un puntaje de 18 sobre 20. Este grupo destacó por su excelente desempeño, lo que evidencia un dominio más completo de los aprendizajes y el uso en cuanto a la aplicación.

En conclusión, los resultados generales del CPA son bastante favorables, con la mayoría de los estudiantes mostrando una comprensión satisfactoria de los contenidos, validando la herramienta digital indicada en el Anexo B.

4.3 Resultados Y Análisis

En este análisis, se interpretan los resultados derivados de las métricas de evaluación de un modelo de clasificación. Las métricas clave analizadas incluyen precisión, exactitud, sensibilidad y especificidad, las cuales proporcionan una visión integral del desempeño del modelo.

En primer lugar, la precisión del modelo es 0.9956, lo que indica que el 99.56% de las predicciones positivas realizadas por el modelo fueron correctas. Este alto valor sugiere que el modelo es efectivo al clasificar correctamente las instancias positivas, minimizando el riesgo de falsos positivos. La precisión es una métrica crucial en situaciones en las que las consecuencias de clasificar erróneamente una instancia positiva pueden ser significativas.

Por otro lado, la exactitud, con un valor de 0.9955, refleja que el modelo logró realizar predicciones correctas en el 99.55% de los casos, considerando tanto las instancias positivas como las negativas. Este resultado demuestra que el modelo tiene un desempeño bueno a nivel general, ya que casi todas las predicciones realizadas fueron acertadas.

La sensibilidad del modelo, que también es de 0.9955, muestra que el modelo detectó correctamente el 99.55% de las instancias positivas. Este alto valor sugiere que el modelo es muy eficaz en la identificación de los casos positivos, lo cual es crucial en tareas donde la correcta identificación de la clase positiva es fundamental.

Finalmente, la especificidad, con un valor de 0.9955, indica que el modelo fue capaz de identificar correctamente el 99.55% de las instancias negativas. Una alta especificidad asegura que las instancias que realmente no pertenecen a la clase positiva sean clasificadas correctamente como negativas, evitando consecuencias negativas de una clasificación errónea.

Los resultados obtenidos en todas las métricas sugieren que el modelo tiene un rendimiento excelente, con altos valores en precisión, exactitud, sensibilidad y especificidad.

En esta sección se presentan los resultados obtenidos por los estudiantes durante los cinco días de uso de la aplicación en el laboratorio. Estos resultados se analizan detalladamente para comprender mejor el impacto de la herramienta en el aprendizaje de los estudiantes. Se observan tendencias positivas en la mayoría de los casos, lo que refleja un desempeño exitoso a lo largo del proceso.

Los resultados generales muestran un desempeño notablemente positivo en todos los estudiantes. En términos de puntuaciones, la mayoría de los estudiantes alcanzó entre un 85% y 90% de rendimiento, lo que sugiere que comprendieron y dominaron los aprendizajes requeridos por la aplicación. Un porcentaje significativo de estudiantes logró obtener el puntaje máximo o cercano a él, con la mayoría obteniendo una puntuación de 17 sobre 20 (85%) o 18 sobre 20 (90%), lo que refleja un avance consistente en su comprensión de los contenidos. Este alto rendimiento es un indicio claro de que la aplicación cumplió con su propósito de mejorar la comprensión y el dominio tanto de la aplicación como de el contenido de las señas del abecedario.

En el Día 1, durante la actividad de introducción y navegación en la aplicación, los estudiantes mostraron una variedad de resultados, pero todos lograron puntajes positivos, este resultado inicial sugiere que la mayoría de los estudiantes, aunque no todos, tuvieron una adaptación rápida a la herramienta, lo que permitió que el proceso de aprendizaje fuera relativamente fluido.

El Día 2 marcó una mejora significativa, con todos los estudiantes participando en la actividad de "reconocimiento y práctica" de la aplicación. La mayoría de los estudiantes alcanzó puntuaciones de 3 y 4, lo que refleja una mayor familiaridad y destreza en el uso de la plataforma.

En el Día 3, en la actividad de práctica intensiva de la sección de reconocimiento, la mayoría de los estudiantes continuó mostrando un avance positivo. De hecho, los estudiantes alcanzaron casi en su totalidad el puntaje de 4, lo que significa que las actividades de práctica fueron altamente efectivas para reforzar su comprensión. Este desempeño elevado sugiere que las actividades intensivas de práctica tuvieron un impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes.

En el Día 4, durante la actividad de "Jugar y completar", el resultado demuestra que los estudiantes no solo habían logrado comprender los contenidos, sino que también pudieron aplicar de manera efectiva lo aprendido en un entorno de juego interactivo. La

participación activa y la capacidad de los estudiantes para completar las tareas fueron factores clave para alcanzar estos buenos resultados.

Finalmente, en el Día 5, la actividad de revisión y evaluación con el componente de juego mostró un desempeño sobresaliente, ya que todos los estudiantes lograron obtener el puntaje máximo de 4. Este resultado final indica que, al concluir el ciclo de actividades, los estudiantes habían alcanzado un dominio de los contenidos, y la aplicación logró consolidar sus aprendizajes de manera efectiva.

El Cálculo del Porcentaje de Aprendizaje (CPA) para cada estudiante refuerza los resultados observados durante los días de uso de la aplicación. Como se mencionó previamente, la mayoría de los estudiantes logró un CPA entre 85% y 90%, lo que indica un excelente rendimiento en relación con el puntaje máximo posible.

Los estudiantes que alcanzaron un 85% (Estudiantes 1, 2, 3, 6) muestran un dominio considerable de los aprendizajes, aunque algunos de ellos presentaron pequeñas variaciones en su rendimiento durante las primeras actividades.

Los estudiantes con un 90% (Estudiantes 4, 5, 7, 8) lograron un nivel más alto de rendimiento, lo que sugiere que estos estudiantes no solo dominaron las actividades, sino que también las completaron con mayor precisión y rapidez.

Este rango de porcentajes de CPA es una indicación clara de que la aplicación logró involucrar a los estudiantes y ayudó a consolidar sus aprendizajes de manera efectiva. Los estudiantes con un rendimiento de 85% probablemente requieren un refuerzo adicional en ciertas áreas, mientras que aquellos con un 90% de rendimiento están mejor preparados para aplicar de manera independiente los conocimientos adquiridos.

Los resultados obtenidos a lo largo de los cinco días de uso de la aplicación en el laboratorio son altamente positivos. Un porcentaje significativo de estudiantes alcanzó puntuaciones cercanas al puntaje máximo, lo que refleja un dominio exitoso de los contenidos. Estos resultados sugieren que la aplicación fue efectiva en mejorar la comprensión y el desempeño de los estudiantes en las actividades propuestas.

Los resultados también indican que los estudiantes no solo mejoraron sus habilidades en el uso de la aplicación, sino que también adquirieron un conocimiento diferente al usar una herramienta diferente a la convencional, como se observa en el aumento constante de sus puntuaciones a lo largo de los días. Este desempeño positivo resalta la efectividad de

la aplicación en términos de aprendizaje activo e interactivo, proporcionando una herramienta educativa útil y atractiva.

Por lo tanto, se puede concluir que el uso de la aplicación en el laboratorio fue un éxito, contribuyendo significativamente al aprendizaje de los estudiantes. En resumen, los resultados obtenidos demuestran que la aplicación fue una herramienta educativa eficaz, que contribuyó de manera positiva al proceso de enseñanza-aprendizaje logrando que los niños se involucren y tengan mas atención en este tipo de herramientas.

4.4 Conclusiones y Recomendaciones

4.4.1 Conclusiones

El desarrollo de un sistema detector automático de señas para la enseñanza del léxico dactilológico utilizando tecnología de visión artificial ha demostrado ser una herramienta prometedora para fomentar la comunicación inclusiva y la alfabetización temprana en niños con discapacidad auditiva, así como en niños en general. A lo largo de este proyecto, se lograron los objetivos específicos planteados, y los resultados obtenidos revelaron avances significativos tanto en el campo de la educación inclusiva como en el uso de tecnologías innovadoras.

A través de una revisión exhaustiva de la literatura, se logró consolidar un marco teórico robusto que sustentó el proyecto. Se comprendieron y se analizaron los aspectos clave de la educación inclusiva, especialmente en contextos educativos como la Unidad Educativa Especializada 3 de diciembre. Además, se exploraron diversas técnicas de visión artificial y se estudiaron los diferentes softwares y hardwares que permiten el desarrollo de sistemas inteligentes y eficientes para el reconocimiento de señas. Este análisis inicial proporcionó una base sólida para las siguientes etapas del desarrollo del sistema.

La metodología de enseñanza aplicada en la Institución fue fundamental para la definición de los requerimientos del diseño del sistema detector de señas. Al comprender las necesidades educativas y metodológicas de la Unidad Educativa, se pudo establecer un sistema alineado con los objetivos pedagógicos de la institución, garantizando que el diseño fuera no solo funcional, sino también pertinente para los niños con discapacidad auditiva. Además, se aseguró que el sistema pudiera adaptarse a las necesidades de

aprendizaje de niños en general, mejorando la accesibilidad al contenido y promoviendo un enfoque inclusivo.

El desarrollo del modelo de visión artificial fue un desafío técnico que implicó la integración de diversos algoritmos y tecnologías, la aplicación fue diseñada para reconocer las señas del abecedario dactilológico con alta precisión. A través de este modelo, se logró crear una interfaz intuitiva que facilitó la interacción de los niños con la herramienta, asegurando que tanto los niños con discapacidad auditiva como aquellos sin dicha condición pudieran beneficiarse de la aplicación de la tecnología de manera efectiva. La interfaz visual y el diseño intuitivo fueron esenciales para asegurar una experiencia de aprendizaje fluida y accesible.

La fase de pruebas e implementación del sistema con los niños de la institución permitió evaluar la efectividad del proyecto en un entorno real. Las pruebas indicaron que los niños respondieron positivamente a la herramienta, mostrando una participación activa y entusiasmo por interactuar con la aplicación. El sistema fue funcional, logrando su propósito de detectar y enseñar las señas del abecedario dactilológico, lo que contribuyó al proceso de alfabetización de los niños. Además, las pruebas revelaron áreas de mejora, como la optimización de la precisión del reconocimiento de algunas señas, lo que sugiere la necesidad de ajustes adicionales en futuras versiones del sistema.

La aplicación desarrollada ha demostrado ser una herramienta eficaz para fomentar la comunicación inclusiva, permitiendo a los niños con discapacidad auditiva mejorar su expresión y comprensión, a través de esta herramienta, los niños pueden aprender el léxico dactilológico de forma autónoma, favoreciendo su inclusión en el entorno educativo y social.

En conclusión, el sistema detector automático de señas basado en visión artificial representa una innovación tecnológica con un gran potencial para transformar la educación inclusiva. A pesar de los desafíos técnicos, el proyecto ha logrado avances significativos que no solo mejoran la enseñanza del lenguaje de señas, sino que también promueven la integración de niños con discapacidad auditiva en el ámbito educativo. Se recomienda continuar con la mejora del sistema y su implementación en otras instituciones educativas, ampliando su alcance y beneficios.

4.4.2 Recomendaciones

Ampliar la base de datos de señas para incluir no solo el abecedario dactilológico, sino también frases comunes y palabras de uso frecuente. Esto permitiría a los estudiantes adquirir un vocabulario más amplio, lo que enriquecería su capacidad de comunicación. Además, la inclusión de más signos permitiría una educación más integral, facilitando la inclusión de estudiantes que necesiten aprender un lenguaje de señas más avanzado para interactuar en situaciones cotidianas fuera del aula.

Capacitar a los docentes de manera continua sobre el uso y la integración del sistema dentro de sus planes de estudio. Esto debe incluir tanto formación técnica en el manejo del software como en la metodología pedagógica específica para enseñar el lenguaje de señas a los estudiantes. Además, los docentes deben estar equipados con estrategias para personalizar la enseñanza según las necesidades de cada alumno, asegurando una experiencia educativa inclusiva que fomente el aprendizaje de todos los niños.

Establecer un sistema de evaluación y retroalimentación continua tanto para los estudiantes como para los docentes. Esto implicaría la recopilación regular de datos sobre el desempeño de los estudiantes con el sistema, permitiendo ajustes y mejoras en tiempo real. Las evaluaciones también deben considerar la percepción de los docentes sobre la facilidad de uso y la efectividad pedagógica del sistema, asegurando que se hagan cambios pertinentes para optimizar su rendimiento.

4.5 Referencias Bibliográficas

Alarcon, N. (2023). Traductor de lenguaje de señas basado en visión artificial para personas con discapacidad auditiva. *Universidad de Guayaquil*. https://repositorio.ug.edu.ec/items/46c4ef39-9f46-4ed2-997e-b8e6a923f51d

Arevalo, V., & Gonzalez, J. (2021). La libreria de visión artificial. *Universidad de Málaga. España*. https://mapir.isa.uma.es/varevalo/drafts/arevalo2004lva1.pdf

Bazarevsky, V. (2021). MediaPipe Hands: Seguimiento de manos en tiempo real en el dispositivo. *Universidad Conerlly*. Obtenido de https://arxiv.org/abs/2006.10214

Bracamote, J., & Novoa, S. (2020). Material didáctico para la lectoescritura en estudiantes con discapacidad auditiva. *Inclusión Y Desarrollo,*. https://revistas.uniminuto.edu/index.php/IYD/article/view/2461

Bresan, L., Torres, L., & Rodrigez, D. (2023). Educación inclusiva e identidad en estudiantes de secundaria con discapacidad auditiva. *Universidad de La Sabana*. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-42582023000200204&script=sci_arttext

Carrascosa, J. (2021). La discapacidad auditiva. Principales modelos y ayudas técnicas para la intervención. *Revista Internacional De Apoyo a La inclusión, Logopedia, Sociedad Y Multiculturalidad,*. https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/riai/article/view/4141

Chary, L., Torres, L., & Rodriguez, D. (2023). Educación inclusiva e identidad en estudiantes de secundaria con discapacidad auditiva. *Revista Electrónica Educare*. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-42582023000200204&script=sci_arttext

Concordi, W., & Peceros, E. (2021). Habilidades sociales y formas de comunicación en la atención de pacientes con discapacidad auditiva del personal de salud en el hospital de Ventanilla, Callao 2021. *Universidad Nacional del Callo*. https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6616

Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. (2023). https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/

Constitución de la Republica del Ecuador. (2008). https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-06/CONSTITUCION%202008.pdf

Hernandez, F., Aburto, J., & Aguirre, S. (2022). Sordera neurosensorial congénita con malformación de oído interno ligada al X en una familia mexicana. *Revista de investigación e innovación en ciencias de la salud*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2665-20562022000100043&script=sci_arttext

Hernandez, F., Aburto, J., & Tello, S. (2021). Sordera neurosensorial congénita con malformación de oído interno ligada al X en una familia mexicana. *Revista de Investigación e Innovación en Ciencias de la Salud:*. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8326705

Jimenez, M. (2021). Cuestionario sobre percepciones de docentes e intérpretes sobre la educación de alumnado con discapacidad auditiva. *Red de Información educativa* https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/221832

Lengua de señas de Ecuador. (2021). https://www.turismoaccesibleec.org/2019/10/16/comparativa-iberoamericana-de-las-lenguas-de-senas-signos/lengua-de-senas-ecuatoriana-lsec-sign-language-alfabeto-dactilologico-manual-alphabet/

Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI). (2017). https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/02/Ley_Organica_de_Educacion_Intercultural_LOEI_codificado.pdf

Ministerio de Educación. (2022). Inclusión Universal del aprendizaje. https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/02/Proyecto-Inclusion-Universal-para-el-Aprendizaje.pdf

Ministerio de Educación. (2022). Nuevo Marco Curricular: Potenciando competencias para un futuro sostenible. https://educacion.gob.ec/nuevo-marco-curricular-potenciando-competencias-para-un-futuro-sostenible/

Molina, A. (2021). Metodología para el seguimiento y evaluación de las políticas públicas de Medellín. *Revista de control fiscal*. http://controlvisible.auditoria.gov.co/index.php/rcf/article/view/8

Montoya, J., & Quiroga, A. (2021). Publicación: Diseño e implementación de una herramienta mediada por visión artificial para el apoyo de la enseñanza de fenómenos físicos básicos para estudiantes de media y primer semestre afines con la asignatura de física. *Universidad Cooperativa de Colombia*. https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/3381982c-ba61-4cd5-af4f-734c76f9a19c

Muñoz, A. (2023). Propuesta educativa para favorecer la inclusión de alumnado con hipoacusia bilateral neurosensorial. *Universidad de Valladolid*.¿https://uvadoc.uva.es/handle/10324/62274

Open Cv. (2021). Obtenido de https://www.opencv-srf.com/p/opencv-lessons.html?spref=pi

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). Sordera y pérdida de la audición. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss#:~:text=M%C3%A1s%20del%205%25%20de%20la,una%20de%20cada%20diez%20personas).

Parra, J. (2021). Intérprete de lenguaje de signos para la comunicación de personas con discapacidad auditiva empleando procesamiento de imágenes. *Universidad Del Quindío, .*

Plan Nacional de Desarrollo 2023-2027. (2023). https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2023/06/PDOT-ACUERDO-Nro.-SNP-SNP-2023-0049-A.pdf

Python Icon. (2021). https://iconduck.com/icons/101706/python

Quijala, J. (2021). Participación de las partes interesadas: pasado, presente y futuro. *Sage Journals*. https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/00076503211066595

Salcedo, R., & Salgero, N. (2021). Mejora continua en las organizaciones a partir de la satisfacción de los stakeholders internos. *Revista de investigación enfoques*. https://revistaenfoques.org/index.php/revistaenfoques/article/view/113

Salinas, C., & Mellano, P. (2020). Análisis de la efectividad de las evaluaciones subjetivas de sospecha de pérdida auditiva en preescolares y escolares, revisión

sistemática año 2020. *Universidad Andres Bello*. https://repositorio.unab.cl/items/9a8c1284-4a02-481a-a8b7-1bdea3e1198f

Sanchez, A., & Moreno, I. (2023). Sistema de reconocimiento del alfabeto dactilológico colombiano completo por medio de visión artificial. *Universidad de Caldas*. https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/30223

Santacruz, C., Espinoza, V., & Hohlberg, E. (2021). Problemas Socioemocionales en Niños con Discapacidad Auditiva, Discapacidad Visual y Desarrollo Típico. *Revista latinoamericana de educación inclusiva*. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-73782021000100095&script=sci_arttext

Silva, C. (2021). Experiencia académica en desarrollo rápido de sistemas de información web con Python y Django. *Formación universitaria*. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50062021000500085&script=sci_arttext

Vaca, M. (2023). Modelo de diseño instruccional accesible en sistemas e-learning para personas con discapacidad auditiva. *Universidad Nacional*. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/85115

Vargas, K. (2020). Iniciación en el aprendizaje de la lengua de señas en la Educación Inicial. *Dominio de las Ciencias*. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7562486

Woles, J. (2021). Aplicaciones a gran escala de la Raspberry Pi: una revisión y guía para biólogos. https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/2041-210X.13652

Yerrén, R. H. (2022). El sistema de control interno y la gestión pública: Una revisión sistemática. *Revista de investigación educativa*. https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/2030

Zamora, M. (2021). Cuestionario sobre percepciones de docentes e intérpretes sobre la educación de alumnado con discapacidad auditiva. *Revista de educación inclusiva*. https://revistaeducacioninclusiva.es/index.php/REI/article/view/636

ANEXOS

ANEXO A.- CARTA DE ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA 3 DE DICIEMBRE.

UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA "3 DE DICIEMBRE"
Calle Laura López 2- 36 Sector Tanguarín
uee3diciembre@gmail.com

REPÚBLICA DEL ECUADOR
Ministerio de Educación

Oficio Nº 052- UEE 3D-M
FECHA: 12 de Julio del 2024
ASUNTO: Aceptación

A Quien corresponda
De mi consideración:

En calidad de Rectora de la Unidad Educativa Especializada "3 de Diciembre", en respuesta a la solicitud presentada el 06 de noviembre del 2023 en donde se solicita la autorización para realizar el Detector Automático de señas para la Enseñanza del Abecedario Dactilológico, por la Señorita: Evelyn Shakira Quishpe Flores, estudiante de la universidad Técnica del Norte de la Facultad de Ingeniería Ciencias Aplicadas, se autoriza que la señorita antes mencionada realice el respectivo trabajo presentado.

Atentamente

Mgs. Alicia Mina Minda
RECTORA DE LA UEE 3 DE DICIEMBRE
CI. 1001591955
TELEF: 0997233637
CORREO: minalis04@yahoo.es

EL NUEVO ECUADOR

ANEXO B. CERTIFICADO DE PRUEBAS Y RESULTADOS.

UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA "3 DE DICIEMBRE"
Calle Laura López 2- 36 Sector Tanguarín
uec3diciembre@gmail.com

REPUBLICA DEL ECUADOR
Ministerio de Educación

ANEXO: CERTIFICADO DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Tanguarin, 12 de julio del 2024

CERTIFICADO

A quien corresponda:

Yo Alicia Dolores Mina Minda con cedula de identidad 1001591955, en mi calidad de Rectora de la Unidad Educativa Especializada "3 de Diciembre" Certifico que la señorita : Evelyn Shakira Quishpe Flores, con cedula de identidad 1050356045, realizo las pruebas de funcionamiento de su Proyecto de Investigación titulado: "DETECTOR AUTOMÁTICO DE SEÑAS ENFOCADO A LA ENSEÑANZA DEL LÉXICO DACTILOLÓGICO EN LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA 3 DE DICIEMBRE"cuyo resultado fue satisfactorio para el uso en la Institución.

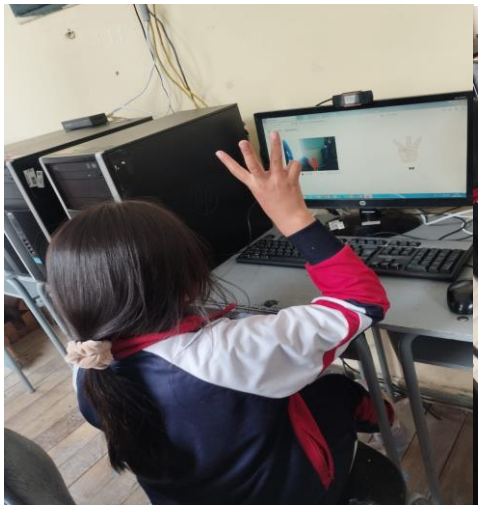
Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, la señorita Evelyn Shakira Quishpe Flores, puede hacer uso del siguiente certificado como estime conveniente.

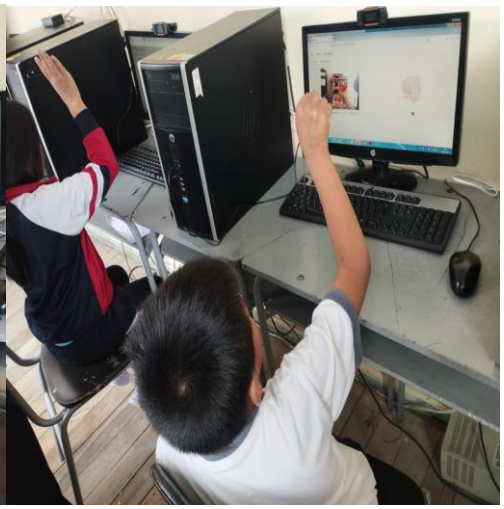
Atentamente

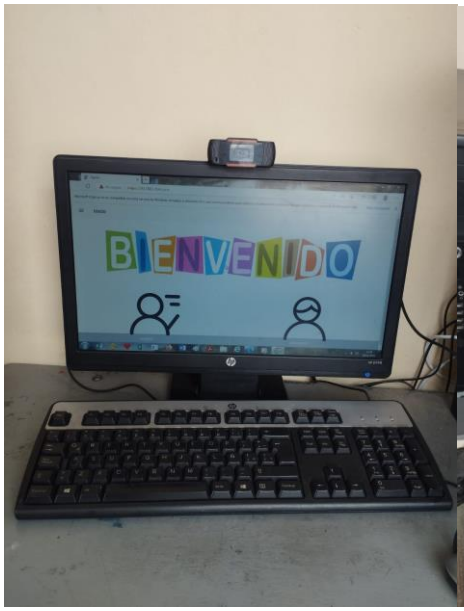
Mgs. Alicia Mina Minda
RECTORA DE LA UEE 3 DE DICIEMBRE
CI. 1001591955
TELEF: 0997233637
CORREO: minalis04@yahoo.es
Informe de resultados sobre :

EL NUEVO ECUADOR

ANEXO C. REALIZACION DE PRUEBAS EN LA INSTITUCIÓN







ANEXO D. ENCUESTA

Universidad Técnica del Norte
Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Ingeniería en Telecomunicaciones

Encuesta

1. **¿Cuál es la metodología o técnica empleada en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la Escuela Especializada 3 de Diciembre para el lenguaje de señas?**

   Se trata de un método llamado tripleta, en el que se usa la imagen, la seña y la palabra, la otra es el método silábico. Los estudiantes requieren aprender a formar sílabas empleando todas las consonantes y partiendo de ello se van estructurando palabras completas.

2. **¿Cuáles son las dificultades al aplicar dicha metodología en el proceso de aprendizaje de los estudiantes?**

   El mayor desafío viene en la discapacidad auditiva. Un aprendizaje más óptimo viene a través de la audición de los estudiantes gracias al fácil reconocimiento grafemo-fonema, sin embargo, los estudiantes al carecer de ésta, se deben realizar diferentes adaptaciones con diferentes métodos.

3. **¿La escuela especializada cuenta con material didáctico que apoye el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes que incluya tecnología?**

   Sí [X] No []

   Aunque este apoyo didáctico es limitado. Se usan algunos recursos como celulares y laptops que sirven para la consulta de las señas, así como también darles una mejor explicación sobre un tema a través de ayudas visuales como lo son las imágenes y vídeos.

4. **Con el avance de la tecnología que tenemos actualmente, ¿considera usted que una herramienta digital podría apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje en la unidad educativa especializada?**

   Sí, podría apoyar el proceso, pero también harían falta programas o aplicaciones que se vinculen con la lengua de señas ecuatoriana, pues el uso de la tecnología tendría que facilitar las adaptaciones curriculares para sus aprendizajes, pero también relacionados al contexto ecuatoriano.

5. **En base a la pregunta anterior, si se realiza el diseño y desarrollo de una herramienta didáctica digital, ¿qué parámetros debería tener?**

   Si es en un aula de cómputo, tendría que constar herramientas accesibles para los estudiantes, de fácil uso y los suficientes para cada estudiante de cada aula.

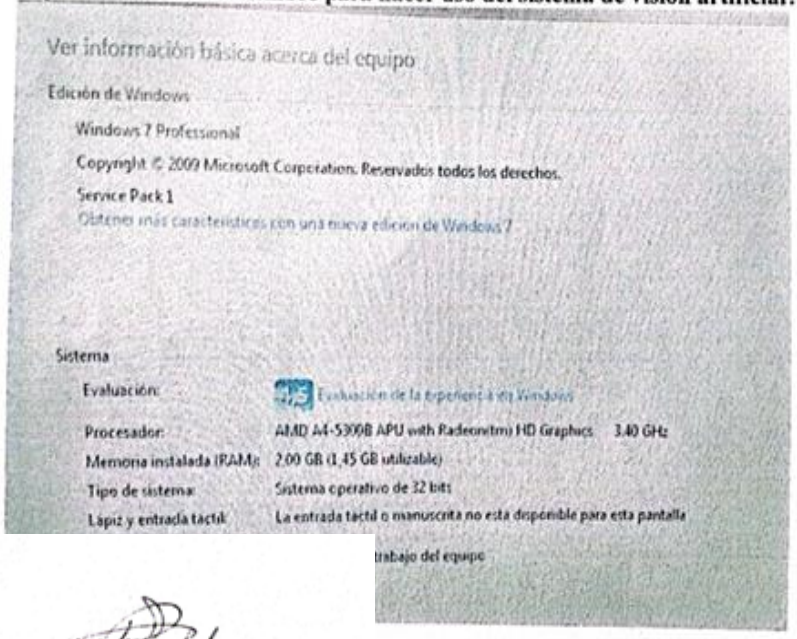
6. **¿Cuál es el alfabeto que se utiliza para la enseñanza en la educación de lengua de señas?**

   Lengua de señas ecuatoriana.

7. **Para la educación del alfabeto, ¿es necesario el uso de ambas manos?**

   No, no es necesario. Todas las letras, tanto vocales como consonantes, se usa únicamente una mano. Cuando se tratan de palabras (sustantivos, verbos, adjetivos, etc) ahí sí se usarían las dos manos.

¿Cuáles son los equipos tecnológicos disponibles en la Unidad Educativa Especializada 3 de Diciembre para hacer uso del sistema de visión artificial?



Firma

ANEXO E. CÓDIGO PARA LA REALIZACION DEL MODELO

Código Colector de datos

```
import os
import cv2 #open cv para preprocesamiento de imagenes

DATA_DIR = './data'
if not os.path.exists(DATA_DIR):
    os.makedirs(DATA_DIR)

number_of_classes = 25   #cambia este valor para el numero de
letras necesarias
offset = 0
dataset_size = 400 + offset

cap = cv2.VideoCapture(0)
for j in range(number_of_classes):
    if not os.path.exists(os.path.join(DATA_DIR, str(j))):
        os.makedirs(os.path.join(DATA_DIR, str(j)))

    print('Collecting data for class {}'.format(j))

    done = False
    while True:
        ret, frame = cap.read()
        cv2.putText(frame, 'Para tomar? Presiona "Q" o "ESC" para
salir.', (0, 50), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (0, 255, 0), 3,
                    cv2.LINE_AA)
        cv2.imshow('frame', frame)

        key = cv2.waitKey(25)
        if key == ord('q'):
            break
        elif key == 27:  # ESC key
            print("Exit requested.")
            cap.release()
            cv2.destroyAllWindows()
            exit()  # Close the program

    counter = 0 + offset
    while counter < dataset_size:
        ret, frame = cap.read()
        cv2.imshow('frame', frame)
        cv2.waitKey(30)
        cv2.imwrite(os.path.join(DATA_DIR, str(j),
'{}.jpg'.format(counter)), frame)

        counter += 1

cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Código Creador de Datos

```python
import os
import pickle

import mediapipe as mp
import cv2


mp_hands = mp.solutions.hands
mp_drawing = mp.solutions.drawing_utils
mp_drawing_styles = mp.solutions.drawing_styles

hands = mp_hands.Hands(static_image_mode=True,
min_detection_confidence=0.3)

DATA_DIR = './data'

data = []
labels = []
for dir_ in os.listdir(DATA_DIR):
    for img_path in os.listdir(os.path.join(DATA_DIR, dir_)):
        data_aux = []
        x_ = []
        y_ = []

        img = cv2.imread(os.path.join(DATA_DIR, dir_, img_path))
        img_rgb = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2RGB)

        results = hands.process(img_rgb)
        if results.multi_hand_landmarks:
            for hand_landmarks in results.multi_hand_landmarks:

                for i in range(len(hand_landmarks.landmark)):
                    x = hand_landmarks.landmark[i].x
                    y = hand_landmarks.landmark[i].y
                    data_aux.append(x)
                    data_aux.append(y)

            data.append(data_aux)
            labels.append(dir_)

f = open('data.pickle', 'wb')
pickle.dump({'data': data, 'labels': labels}, f)
f.close()
```

Código del Entrenamiento

```python
from matplotlib import pyplot as plt
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import confusion_matrix, accuracy_score,
recall_score, precision_score
import tensorflow as tf
import numpy as np
import pickle

# Carga los datos del archivo pickle (data.pickle)
data_dict = pickle.load(open('./data.pickle', 'rb'))

```

```
data = np.asarray(data_dict['data'])
labels = np.asarray(data_dict['labels'])

x_train, x_test, y_train, y_test = train_test_split(data, labels,
test_size=0.20, shuffle=True, stratify=labels)

# Convierte los datos a tensores
input_tensor = tf.convert_to_tensor(x_train, dtype=tf.float32)
output_tensor = tf.convert_to_tensor(y_train, dtype=tf.float32)

x_test_tensor = tf.convert_to_tensor(x_test, dtype=tf.float32)
y_test_tensor = tf.convert_to_tensor(y_test, dtype=tf.float32)

# Define y compila el modelo
model = tf.keras.Sequential([
    tf.keras.layers.Dense(42, activation='relu',
input_shape=(data.shape[1],)),
    tf.keras.layers.Dense(30, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dense(25, activation='softmax')
])

# Compilar el modelo
model.compile(optimizer='adam',
loss='sparse_categorical_crossentropy', metrics=['accuracy'])

# Entrena el modelo
historial = model.fit(input_tensor, output_tensor, epochs=150)

# Muestra el porcentaje de error
plt.figure()
plt.xlabel("# Epoca")
plt.ylabel("Magnitud de pérdida")
plt.plot(historial.history["loss"], label='Pérdida')
plt.scatter(range(len(historial.history["loss"])),
historial.history["loss"], color='red')
plt.title("Gráfica de Pérdida")
plt.legend()
plt.show()

# Realiza predicciones en el conjunto de prueba
y_pred = model.predict(x_test_tensor)
y_pred_classes = np.argmax(y_pred, axis=1)

# Asegura que y_test y y_pred_classes sean del mismo tipo
y_test_int = y_test.astype(int)  # Convierte y_test a enteros si
es necesario
y_pred_classes_int = y_pred_classes.astype(int)  # Asegura que las
predicciones también sean enteras

# Calcula la matriz de confusión
conf_matrix = confusion_matrix(y_test_int, y_pred_classes_int)

# Calcula las métricas
accuracy = accuracy_score(y_test_int, y_pred_classes_int)
recall = recall_score(y_test_int, y_pred_classes_int,
average='macro')

```

```
precision = precision_score(y_test_int, y_pred_classes_int,
average='macro')

# Calcula la especificida
specificity_per_class = []
for i in range(conf_matrix.shape[0]):
    tn = conf_matrix[i, i]
    fp = conf_matrix[i, :].sum() - tn
    fn = conf_matrix[:, i].sum() - tn
    tp = conf_matrix.sum() - (tn + fp + fn)
    specificity_per_class.append(tn / (tn + fp))

specificity = np.mean(specificity_per_class)

# Pérdida final del modelo
final_loss = historial.history["loss"][-1]

# Muestra la matriz de confusión sin valores en las celdas
plt.figure()
plt.imshow(conf_matrix, interpolation='nearest',
cmap=plt.cm.Blues)
plt.title("Matriz de Confusión")
plt.colorbar()

tick_marks = np.arange(len(np.unique(y_test_int)))
plt.xticks(tick_marks, np.unique(y_test_int))
plt.yticks(tick_marks, np.unique(y_test_int))

# Agrega etiquetas de ejes y un título
plt.xlabel('Etiqueta Predicha')
plt.ylabel('Etiqueta Verdadera')

plt.show()

# Grafica las métricas
metrics = ['Precisión', 'Exactitud', 'Sensibilidad',
'Especificidad', 'Pérdida']
values = [precision, accuracy, recall, specificity, final_loss]

plt.figure(figsize=(10, 6))
bars = plt.bar(metrics, values, color=['blue', 'green', 'red',
'purple', 'orange'])
plt.ylim(0, 1)
plt.title('Métricas del Modelo')
plt.ylabel('Valor')

# Agrega los valores en las barras
for bar, value in zip(bars, values):
    yval = round(value, 4)
    plt.text(bar.get_x() + bar.get_width()/2, bar.get_height()/2,
yval, ha='center', va='center', color='white')

plt.show()
```

```
print(f'Precisión: {precision}')
print(f'Exactitud: {accuracy}')
print(f'Sensibilidad: {recall}')
```

```
print(f'Especificidad: {specificity}')
print(f'Pérdida: {final_loss}')

# model.save('modelo2.h5')

# estas lineas son de prueba para el modelo de python comentar la
seccion y activar h5 para modelo js

# f = open('model.p', 'wb')
# pickle.dump({'model': model}, f)
# f.close()
```

Código Clasificador de signos

```
import pickle
import cv2
import mediapipe as mp
import numpy as np
from tensorflow.keras.models import load_model

# Cargar el modelo
model = load_model('./modelo2.h5')

cap = cv2.VideoCapture(0)

mp_hands = mp.solutions.hands
mp_drawing = mp.solutions.drawing_utils
mp_drawing_styles = mp.solutions.drawing_styles

hands = mp_hands.Hands(static_image_mode=True,
min_detection_confidence=0.3)

labels_dict = {0: 'A', 1: 'B', 2: 'C', 3: 'Ch', 4: 'D', 5: 'E', 6:
'F', 7: 'G', 8: 'H', 9: 'I', 10: 'K', 11: 'L', 12: 'M', 13: 'N',
14: 'O',
               15: 'P', 16: 'Q', 17: 'R', 18: 'S', 19: 'T', 20:
'U', 21: 'V', 22: 'W', 23: 'X', 24: 'Y'}

while True:
    data_aux = []
    x_ = []
    y_ = []

    ret, frame = cap.read()

    H, W, _ = frame.shape

    frame_rgb = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)

    results = hands.process(frame_rgb)
    if results.multi_hand_landmarks:
        for hand_landmarks in results.multi_hand_landmarks:
            mp_drawing.draw_landmarks(
                frame,  # image to draw
                hand_landmarks,  # model output
                mp_hands.HAND_CONNECTIONS,  # hand connections
```

```
44
45 mp_drawing_styles.get_default_hand_landmarks_style(),
46
47 mp_drawing_styles.get_default_hand_connections_style())
48
49         for hand_landmarks in results.multi_hand_landmarks:
50             for i in range(len(hand_landmarks.landmark)):
51                 x = hand_landmarks.landmark[i].x
52                 y = hand_landmarks.landmark[i].y
53
54                 x_.append(x)
55                 y_.append(y)
56
57             for i in range(len(hand_landmarks.landmark)):
58                 x = hand_landmarks.landmark[i].x
59                 y = hand_landmarks.landmark[i].y
60                 data_aux.append(x - min(x_))
61                 data_aux.append(y - min(y_))
62
63         x1 = int(min(x_) * W) - 10
64         y1 = int(min(y_) * H) - 10
65
66         x2 = int(max(x_) * W) - 10
67         y2 = int(max(y_) * H) - 10
68
69         try:
70             data_aux = np.asarray(data_aux)  # Convierte a un array
71 de NumPy si aún no lo es
72             data_aux = data_aux.reshape(1, -1)
73             prediction = model.predict(data_aux)
74             prediction = np.round(prediction)
75             print(prediction)
76             #predicted_character = labels_dict[int(prediction[0])]
77         except Exception as err:
78             print(err)
79
80         try:
81             cv2.rectangle(frame, (x1, y1), (x2, y2), (0, 0, 0), 4)
82             #cv2.putText(frame, predicted_character, (x1, y1 - 10),
83 cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1.3, (0, 0, 0), 3,
84             #       cv2.LINE_AA)
85         except Exception as err:
86             print(err)
87
88     cv2.imshow('frame', frame)


      key = cv2.waitKey(1) & 0xFF
      if key == 27:  # El código ASCII de ESC es 27
          print("Saliendo...")
          break

  cap.release()
  cv2.destroyAllWindows()
```