



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**

Implementación de un sistema electrónico convertidor de texto a lenguaje
braille dirigido a personas con discapacidad visual

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero en
Telecomunicaciones**

Autor:

Orna Carguacundo, Danilo Alexander

Tutor:

PhD. Leonardo Fabián Rentería Bustamante.

Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Danilo Alexander Orna Carguacundo**, con cédula de ciudadanía **060452493-4**, autor del trabajo de investigación titulado: **“Implementación de un sistema electrónico convertidor de texto a lenguaje braille dirigido a personas con discapacidad visual”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 04 de marzo de 2024.



Danilo Alexander Orna Carguacundo

C.I: 060452493-4

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Leonardo Fabián Rentería Bustamante** catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **“Implementación de un sistema electrónico convertidor de texto a lenguaje braille dirigido a personas con discapacidad visual”**, bajo la autoría de **Danilo Alexander Orna Carguacundo**; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 20 días del mes de febrero de 2024



Leonardo Fabián Rentería Bustamante

C.I: 110406413-2

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

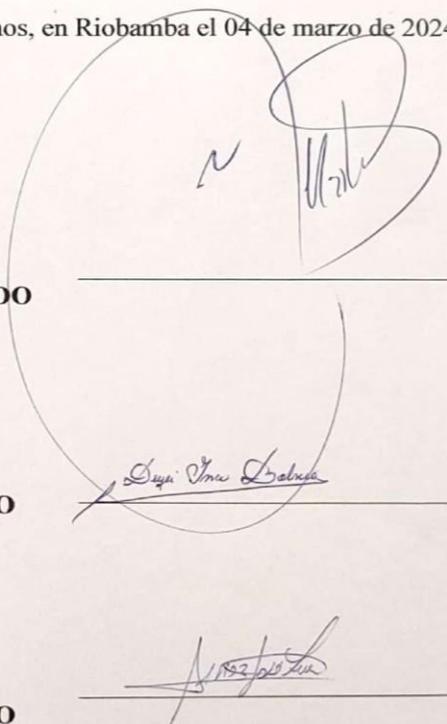
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación "**Implementación de un sistema electrónico convertidor de texto a lenguaje braille dirigido a personas con discapacidad visual**", presentado por **Danilo Alexander Orna Carguacundo**, con cédula de identidad número **060452493-4**, bajo la tutoría de PhD. Leonardo Fabian Rentería Bustamante; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba el 04 de marzo de 2024.

PhD. Marlon Danilo Basantes Valverde
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

Msc. Deysi Inca Balseca
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Msc. José Luis Jínez Tapia
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



The image shows three handwritten signatures in black ink, each written over a horizontal line. The top signature is the most complex and stylized. The middle signature is more legible and appears to read 'Deysi Inca Balseca'. The bottom signature is also legible and appears to read 'José Luis Jínez Tapia'.

CERTIFICADO ANTIPLAGIO



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-08.15
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **ORNA CARGUACUNDO DANILO ALEXANDER** con CC: **060452493-4**, estudiante de la Carrera **TELECOMUNICACIONES**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"Implementación de un sistema electrónico convertidor de texto a lenguaje braille dirigido a personas con discapacidad visual"**, cumple con el **3 %**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 26 de febrero de 2024



LEONARDO FABIAN
RENERIA BUSTAMANTE

PhD. Leonardo Fabián Rentería Bustamante
TUTOR

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado a mis padres Juan Orna y Fanny Carguacundo por todo el esfuerzo y apoyo incondicional que me han dado en todo este proceso, sin ellos no hubiera sido posible lograr esta meta tan importante en mi vida. A mi hermana Nataly Orna por llenar de alegría mis días y siempre estar para mí.

- Danilo Alexander Orna Carguacundo.

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios, por darme salud y sabiduría durante toda mi carrera, logrando culminar una meta importante.

A mis padres, hermana y abuelitos por ser un pilar en mi vida y darme fortalezas para continuar. También, quiero agradecer a mi tutor Ing. Leonardo Rentería, por su apoyo y guía en este trabajo de investigación, quien con su conocimiento ha sido de suma importancia para lograr culminar este proyecto.

Agradecerles a mis amigos que han formado parte de este proceso, con su apoyo y amistad. Y, por último, a Nazareth Baloa por su apoyo y consejos que me han ayudado a crecer.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

1. CAPÍTULO I	14
1.1 INTRODUCCIÓN	14
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	16
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.1 Objetivo General	17
1.3.2 Objetivos Específicos	17
2. CAPÍTULO II	18
2.1 MARCO TEÓRICO	18
2.1.1 Estado del Arte	18
2.1.2 Términos y Definiciones	20
3. CAPÍTULO III	28
3.1 METODOLOGÍA	28
3.1.1 Tipo de investigación	36
3.1.2 Población y muestra	36
3.1.3 Técnica de recolección de datos	37
3.1.4 Operaciones de las variables	37
4. CAPÍTULO IV	39
4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1.1 Pruebas según el tamaño de las celdillas	39

4.1.2	Prueba según nivel de conocimiento del lenguaje braille.	41
5.	CAPÍTULO V.....	44
5.1	CONCLUSIONES	44
5.2	RECOMENDACIONES.....	45
6.	BIBLIOGRAFÍA	46
7.	ANEXOS	49
7.1	Anexo 1.....	49
7.1.1	Formato de información recogida	49
7.2	Anexo 2.....	51
7.2.1	Código de Arduino	51
7.3	Anexo 3.....	52
7.3.1	Código de la aplicación	52
7.4	Anexo 4.....	52
7.4.1	Interfaz de la aplicación	52
7.5	Anexo 5.....	53
7.5.1	Evidencias de las pruebas realizadas.....	53
7.6	Anexo 6.....	54
7.6.1	Permiso para realizar el proyecto de investigación.....	54

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Características del Arduino Nano.....	25
Tabla 2: Características técnicas del módulo Bluetooth HC05	26
Tabla 3: Características técnicas del Servomotor pico.....	27
Tabla 4. Variable Dependiente	37
Tabla 5. Variable Independiente.....	38
Tabla 6: Información de los sujetos.....	39
Tabla 7: Prueba de Normalidad según tamaño de celdilla.	39
Tabla 8: Anova no paramétrica según tamaño de celdilla.....	40
Tabla 9: Prueba de normalidad según nivel de conocimiento	41
Tabla 10: Prueba Anova según nivel de conocimiento.	42
Tabla 11: Comparaciones Tukey según nivel de conocimiento.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Funcionamiento general del tablero. Fuente: [8]	18
Figura 2: Modelado del prototipo de línea Braille. Fuente: [6].....	19
Figura 3: Funcionamiento del dispositivo. Fuente: [1]	20
Figura 4: Dimensiones de la celdilla.	22
Figura 5: Numeración de puntos en la celdilla.	22
Figura 6: Primer Serie Braille.....	23
Figura 7: Segunda serie Braille.	23
Figura 8:Tercera Serie Braille.	23
Figura 9:Cuarta Serie Braille.....	24
Figura 10: Modelo de la celdilla en modo lectura braille.....	24
Figura 11: Modelo de la celdilla en modo escritura braille.....	24
Figura 12: Imagen Referencial de Arduino Nano. Fuente: [18].....	25
Figura 13: Imagen Referencial Módulo Bluetooth HC05. Fuente: [19]	26
Figura 14: Imagen Referencial Servomotor Pico. Fuente: [20]	26
Figura 15: Diagrama de flujo de la metodología de la metodología del proyecto.	28
Figura 16: Esquemático en Proteus de componentes electrónicos.....	29
Figura 17: Diseño PCB de los componentes electrónicos.....	29
Figura 18: Botón y Dimensiones de celdilla pequeña.	30
Figura 19: Botón y Dimensiones de celdilla mediana.....	30
Figura 20: Botón y Dimensiones de celdilla grande.....	31
Figura 21: Interfaz gráfica de uso.....	31
Figura 22: Placa con componentes electrónicos.....	32
Figura 23:Estructura de la celdilla con los servos ubicados.....	33
Figura 24: Prototipos armados en parte electrónica y mecánica.	33
Figura 25: Prototipos finales.....	34
Figura 26: Evidencia de Pruebas de funcionamiento.	34
Figura 27: Pruebas con el Sujeto 3	35
Figura 28: Pruebas con el Sujeto 2	35
Figura 29: Pruebas con el Sujeto 1.	36
Figura 30: Diagrama de cajas. Número de palabras no leídas por tamaño de celdilla.	41
Figura 31: Número de palabras no leídas según el nivel de conocimiento y tamaño de la celdilla.	43

RESUMEN

La discapacidad visual es un tema de mucho interés en la sociedad actual puesto que, es una de las discapacidades más frecuentes que sufren niños y adultos. Por esta razón, grandes organizaciones mundiales realizan investigaciones constantemente de cómo mejorar y ayudar a que estas personas se sientan más integradas en la sociedad. Es por ello, que en la actualidad existen equipos electrónicos capaz de convertir el texto a lenguaje braille y es ahí donde nace este proyecto.

El objetivo de esta investigación es la construcción de un equipo electromecánico capaz de convertir texto a lenguaje braille para uso de personas con discapacidad visual y se llevó a cabo en cinco fases; empezando por un estudio previo al lenguaje Braille y diferentes tecnologías existentes, luego se determinó el proceso de diseño del prototipo con softwares de simulación y diseño tanto para la parte mecánica, electrónica y lógica. Posteriormente siguiendo la misma estructura convencional de la celdilla braille se realizaron 3 prototipos de celdillas; pequeña, mediana y grande.

Una vez ensamblado los prototipos, se efectuaron las respectivas pruebas de campo con un grupo de personas pertenecientes a la Unidad Educativa Especializada Dr. Luis Benavides. Por último, se realizó un análisis estadístico donde, se determinó que el tamaño de las celdillas no afecta la correcta funcionalidad de estos, sin embargo, el nivel de conocimiento del lenguaje si influye significativamente puesto que, se evidenció que una persona experta en el lenguaje braille tuvo 0% de error, una persona nivel medio 12% y un estudiante novato en braille 38,53%.

Palabras claves: Lenguaje braille, discapacidad visual, celdilla Braille, convertidor de texto.

ABSTRACT

Visual disability is a topic of great interest in today's society since it is one of the most frequent disabilities suffered by children and adults. For this reason, large global organizations constantly carry out research on how to improve and help these people feel more integrated into society. That is why electronic equipment can convert text to Braille language, and this project was born. This research aims to construct electromechanical equipment capable of converting text to braille language for people with visual disabilities. It was carried out in five phases, starting with a prior study of the Braille language and the existing technologies. The prototype design process was then determined with simulation and design software for the mechanical, electronic, and logical parts. Subsequently, following the same conventional structure of the braille cell, three cell prototypes were made: small, medium, and large. Once the prototypes were assembled, the respective field tests were carried out with a group of people belonging to the *Dr. Luis Benavides* Specialized Educational Unit. Finally, a statistical analysis was carried out where it was determined that the size of the cells does not affect their correct functionality; however, the level of knowledge of the language does significantly infer since it was evident that a person who is an expert in the language braille had 0% error, an average level person 12% and a novice student in braille 38.53%.

Keywords: Braille language, visual disability, Braille cell, text converter.



Reviewed by:
Lic. Jenny Freire Rivera
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 0604235036

1. CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

Desde hace muchos años las personas con discapacidad visual se vienen enfrentando a muchas limitaciones a la hora de poder comunicarse. Por ello, hoy en día se busca incluir el sistema de lenguaje braille en muchos entornos sociales, para así facilitar la comunicación de personas no videntes.

La discapacidad visual se define por los niveles de deterioro de la función visual, que se establece mediante la medición de la agudeza visual y del campo visual de cada uno de los ojos por separado. Ahora bien, las personas con esta discapacidad poseen deficiencias funcionales en el órgano de la visión, de las estructuras y funciones asociadas, incluido los párpados [1].

La Organización Mundial de la Salud en sus siglas OMS realizó en el año 2015 una encuesta, donde nos menciona que existen alrededor de 217 millones de personas con problemas de baja visión y 36 millones son ciegas. Además, estima un crecimiento para el 2020 de 237,1 millones y para 2050 de 587,6 millones de personas con problemas de baja visión. Mientras que, para las personas ciegas dice que en el 2020 será de 38,5 millones y para el 2050 existirán alrededor de 114,6 millones de personas con este problema [2].

Asimismo, el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades en Ecuador, desarrolla un registro de manera continua a las personas con discapacidad, en el cual podemos evidenciar mediante los datos que existe un total de 480,776 personas con algún tipo de discapacidad, donde, el 11,54% equivale a personas con discapacidad visual [3].

Por otro lado, el lenguaje braille es un sistema de puntos en relieve el cual ayuda a las personas no videntes a leer y escribir mediante el sentido del tacto. Este sistema utiliza una distribución de 6 puntos que se conoce como celdilla braille, que dependiendo de la ubicación de estos (incluidos los espacios en blanco) significaran un signo específico del sistema [4].

Con todo lo mencionado anteriormente, en este proyecto se presenta el diseño e implementación de un sistema electrónico convertidor de texto a lenguaje braille de bajo

costo el mismo que fue probado y validado con docentes y estudiantes de la Unidad Educativa Especializada Dr. Luis Benavides.

Este trabajo se encuentra estructurado de la siguiente manera: En el capítulo uno se plantea el problema y justificación de la investigación. Y también, se describen los objetivos. En el capítulo dos se definen los antecedentes y las definiciones o términos que se requieren para mejor entendimiento de esta investigación.

En el capítulo tres se describe la metodología utilizada y las fases a cumplir para el desarrollo del proyecto. También, en el capítulo cuatro se presentan los resultados obtenidos de la investigación. Y finalmente las conclusiones y recomendaciones.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Según el Informe Mundial sobre la Discapacidad 2023 [5], el 15% de la población mundial tiene alguna discapacidad física o mental. Ahora bien, en la provincia de Chimborazo-Ecuador, existen 14,688 personas con algún tipo de discapacidad, en donde el 11,72% equivale a personas con discapacidad visual y, en el catón Riobamba existe un total de 7,192 personas con algún tipo de discapacidad y el 13,52% de estas personas poseen discapacidad visual [3].

Es por ello, que en la actualidad existen muchos equipos comerciales para el aprendizaje de escritura y lectura del lenguaje braille, estos equipos utilizan una tecnología muy avanzada, compleja y compacta que logra mostrar 14, 20, 32, 40 y hasta 80 caracteres en un tiempo sumamente corto. Ahora bien, el problema de estos equipos radica en su alto valor comercial, puesto que va entre 1,400.00\$ a 7,000.00\$ [6], y teniendo en cuenta que en Ecuador el salario básico unificado es de 460.00\$ [7] y una familia estándar de cuatro miembros con 1,6 ingresos obtiene al mes alrededor de 858.67\$ [7] y la canasta familiar básica esta alrededor de los 802.66\$ [7]. Obtener un equipo de estos es prácticamente inalcanzables en el medio local. Adicional a esto, el lenguaje Braille es un sistema muy complejo, en consecuencia, no existen gran variedad de equipos que logren la correcta interpretación de este.

En este contexto, se ha planteado la implementación de un sistema electrónico convertidor de texto a lenguaje braille dirigido a personas con discapacidad visual. Con el desarrollo de este proyecto se realizarán 3 prototipos de convertidor de texto a lenguaje braille que integren sistemas electrónicos, mecánicos y lógicos. Además, que sea de fácil uso, bajo costo y compacto para manipularlo de manera sencilla, cuyo objetivo no solo es ayudar a las personas con discapacidad visual, sino también, a las personas que enseñan este lenguaje y así mismo motivar a más investigadores para que realicen futuros estudios sobre este tema.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar y fabricar un sistema electrónico capaz de convertir texto a lenguaje braille dirigido a personas con discapacidad visual.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudiar las características que conforman el lenguaje braille en relación a lectura y escritura mediante consultas de textos bibliográficos, papers, sitios web y consulta con expertos.
- Diseñar el sistema electrónico, mecánico, lógico y la interfaz gráfica del prototipo mediante herramientas de simulación y softwares de programación.
- Fabricar, implementar e integrar los sistemas electrónicos, mecánicos y lógicos del prototipo que convierta texto a lenguaje braille.
- Verificar la funcionalidad del prototipo realizando pruebas de campo con un docente especializado en lenguaje braille.

2. CAPÍTULO II

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Estado del Arte

Para lograr el correcto diseño y fabricación del convertidor de texto a lenguaje braille se realizó una investigación previa, donde se buscó en tesis, artículos o revistas científicas información relacionada al proyecto de investigación, con el fin de tener un panorama más amplio de lo que se desea realizar. A continuación, se presentan algunas de las investigaciones encontradas.

El trabajo titulado “Diseño y construcción de un prototipo de tablero electrónico interactivo para la lectura y escritura del lenguaje braille orientado a niños con discapacidad visual” [8], permite enseñar el alfabeto utilizando símbolos o caracteres del Sistema Braille. Ahora bien, se divide en dos secciones. En la sección de lectura, se examinará una matriz de tres por dos que identifica una letra en el sistema Braille, donde, mediante el reconocimiento de voz las personas con discapacidad visual podrán pronunciar una letra, generando así el código que representa la letra solicitada mediante relieve. En la sección de escritura, se incluirán 11 palabras de aprendizaje básicas que estarán pregrabadas. Estas palabras se reproducirán de manera aleatoria. Además, las palabras serán ingresadas en matrices para verificar si la escritura es correcta o incorrecta mediante una señal audible. El objetivo final del tablero es ayudar a que el aprendizaje del Lenguaje Braille sea más interactivo en niños de 5 a 7 años.

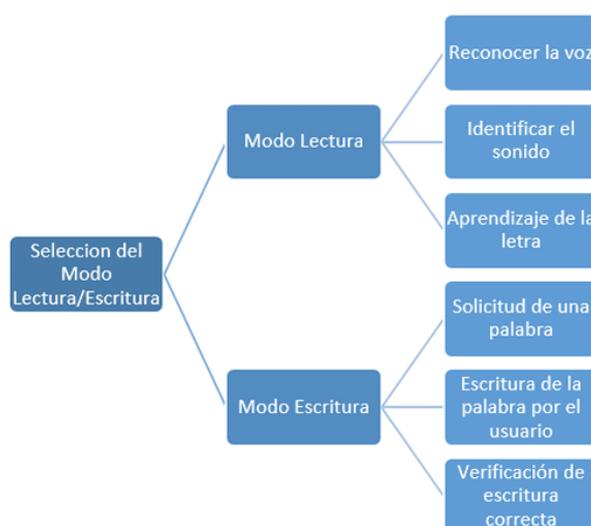


Figura 1: Funcionamiento general del tablero. Fuente: [8]

Otro trabajo importante que mencionar es “Diseño y desarrollo de un prototipo de línea Braille de bajo costo para personas no videntes en el marco de Cátedra UNESCO” [6], Esta investigación fue desarrollada en 2018 en la Universidad Politécnica Salesiana. Ahora bien, en el contexto de este proyecto, se ha ejecutado el diseño y desarrollo de un prototipo de línea Braille de bajo costo destinado a personas no videntes con edades comprendidas entre los 18 y 65 años. Se han considerado todos los conceptos fundamentales para la concepción y elaboración del prototipo. Las capacidades inherentes a este prototipo abarcan la habilidad de leer correos electrónicos en la web, así como la lectura de documentos en formato PDF, con la facultad de transformar el texto tanto a Braille como a voz.



Figura 2: Modelado del prototipo de línea Braille. Fuente: [6]

Por otro lado, el trabajo titulado “Diseño e implementación de un sistema electrónico de lectura para estudiantes de educación general básica con discapacidad visual” [1], propone el desarrollo de un sistema electrónico de lectura destinado a mejorar la accesibilidad de los estudiantes de educación general básica que presentan discapacidad visual o baja visión. La operación general del dispositivo se basa en un módulo ESP32-CAM que captura información textual a través de su cámara, convirtiéndola en una imagen. Esta imagen es procesada por el software diseñado, encargado de llevar a cabo funciones como filtrado, binarización, segmentación y reconocimiento de palabras. Al finalizar el trabajo se demuestra que la tasa de reconocimiento alcanzada es del 76,53% indicando un resultado exitoso de la investigación.

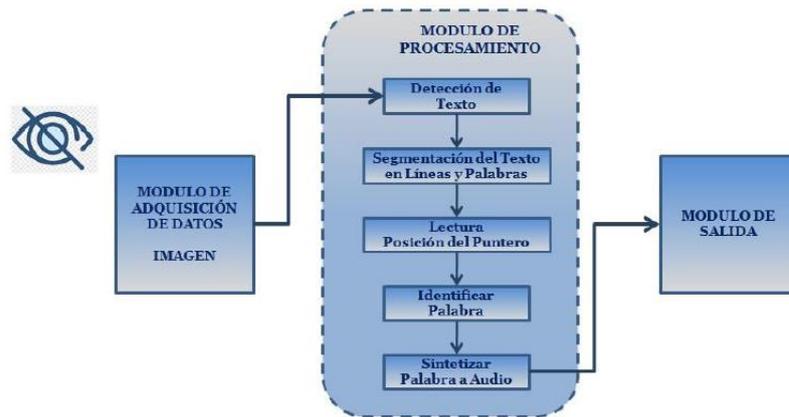


Figura 3: Funcionamiento del dispositivo. Fuente: [1]

2.1.2 Términos y Definiciones

2.1.2.1 Discapacidad

Una discapacidad se define como una condición que limita en cuerpo o mente a un individuo, donde, a este se le dificulta la realización de ciertas actividades, movimientos o acciones. Así mismo, una discapacidad puede evitar que un individuo se relacione de manera normal con la sociedad [9]. Además, existe muchos tipos de discapacidades como son: discapacidad física, discapacidad mental, discapacidad sensorial, discapacidad auditiva, discapacidad visual, entre otras.

2.1.2.1.1 Discapacidad Física

La discapacidad física involucra una serie de condiciones o limitaciones que afectan la capacidad corporal de una persona, limitando su actividad física y su participación en situaciones relacionadas con la realización de acciones o tareas esenciales [10].

2.1.2.1.2 Discapacidad Intelectual o Mental

Se emplea para describir la condición en la que una persona presenta dificultades para alcanzar los niveles de aprendizaje esperados y para desenvolverse de manera habitual en la vida diaria [11].

2.1.2.1.3 Discapacidad Auditiva

La discapacidad auditiva se define como la disminución total o parcial en la capacidad de percepción auditiva, la cual se evalúa según el grado de pérdida auditiva en cada oído. Es una condición invisible, ya que no presenta signos físicos evidentes, y suele ser detectada principalmente a través del uso de audífonos. Esta discapacidad es más notable en personas

que han nacido con sordera o que han experimentado la pérdida de audición desde una edad muy temprana [12].

2.1.2.1.4 Discapacidad Visual

La discapacidad visual se refiere a una disminución o pérdida de la capacidad de ver. Puede ser causado por una variedad de factores, como enfermedades oculares, lesiones, defectos congénitos o envejecimiento. Los grados de discapacidad visual varían desde la baja visión hasta la ceguera total. La discapacidad visual puede afectar significativamente la calidad de vida de una persona, y hay varios recursos y tecnologías disponibles para ayudar a las personas a vivir con discapacidad visual [2].

2.1.2.2 Sistema Braille

El Braille es un sistema para personas con discapacidad visual, este se utiliza en procesos de escritura y lectura. Este sistema está formado por varios puntos elevados ubicados en diferentes posiciones con el objetivo de que puedan ser interpretados con la ayuda de sus manos, es decir, mediante el sentido del tacto. Con las diferentes ubicaciones de los puntos se representan letras del alfabeto, símbolos y números [13].

2.1.2.3 Estructura del sistema braille

La estructura del sistema braille está constituida por una matriz de dos columnas y tres filas que posee puntos en relieve que se ajusta a la sensibilidad de las yemas de los dedos. De esta manera se logra que las personas con discapacidad visual puedan distinguir cada letra como una imagen táctil. El código braille está compuesto por 6 puntos en relieve, sobre un espacio o celdilla o también conocido como “cajetín”, estas celdillas tienen unas dimensiones que va de 6,2 y 7,1 mm de alto, mientras que para el ancho es de 3,7 y 4,5 mm [14].

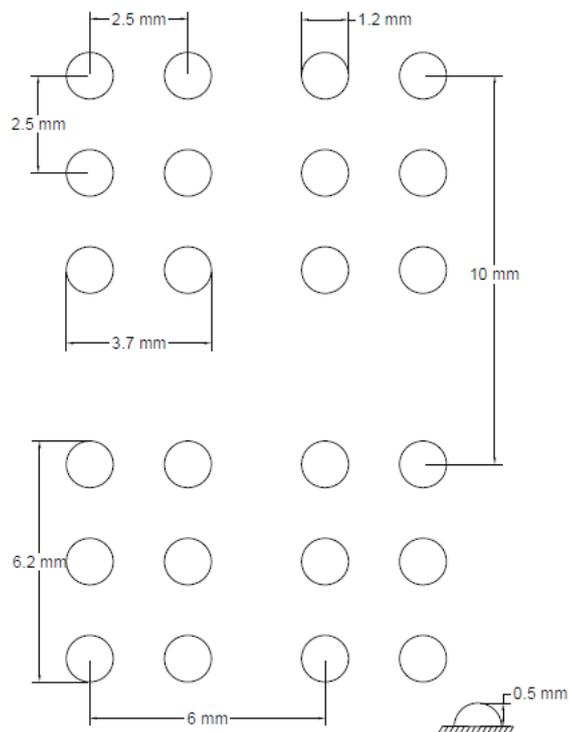


Figura 4: Dimensiones de la celdilla.

Además, los seis puntos tienen una numeración específica, la columna de la izquierda esta enumerada del 1 al 3, mientras que la numeración de la columna derecha va del 4 al 6. Permitiendo así que se formen 64 matrices diferentes con las que se simboliza letras números o signos [14], [15].

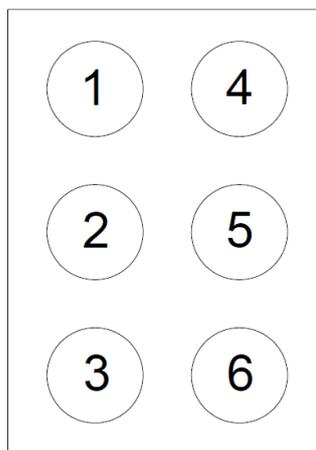


Figura 5: Numeración de puntos en la celdilla.

2.1.2.4 Series del sistema Braille

El sistema Braille contiene varios tipos de series, las cuales especifican la estructura de cada carácter mediante una composición de puntos en relieve.

- **Primera serie:** En esta serie se forman las diez primeras letras del abecedario, en el cual solo se utilizan cuatro puntos de la celdilla de Braille que son los números: uno, dos, cuatro y cinco [8]. En la figura 6 se observa la primera serie.

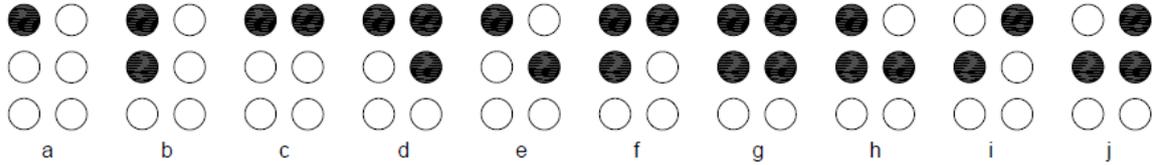


Figura 6: Primer Serie Braille.

- **Segunda serie:** En esta serie está conformado por las siguientes diez letras del abecedario excepto la letra ñ, el cual está compuesto por los puntos mencionados anteriormente adicionalmente del punto tres [16]. En la figura 7 se observa la segunda serie.

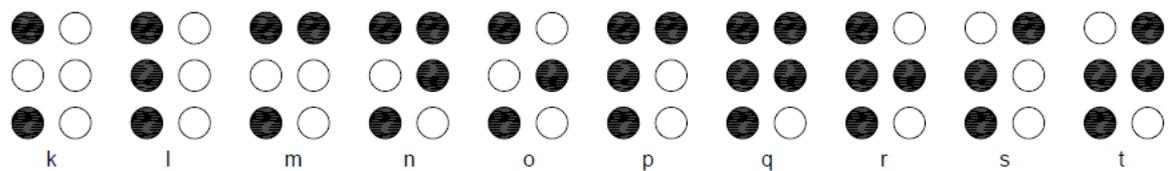


Figura 7: Segunda serie Braille.

- **Tercera Serie:** En esta serie las letras faltantes están conformadas por lo puntos de la segunda serie adicionalmente el punto seis [16]. En la figura 8 se observa la tercera serie.

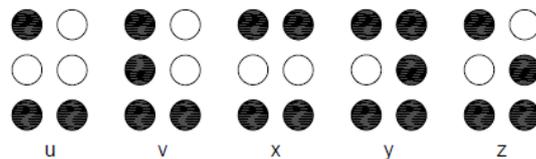


Figura 8: Tercera Serie Braille.

- **Cuarta Serie:** En esta serie se muestran las letras que son utilizadas en el idioma español, el cual está compuesta por los puntos de la primera serie adicionalmente del punto cuatro [16]. En la figura 9 se observa la cuarta serie.

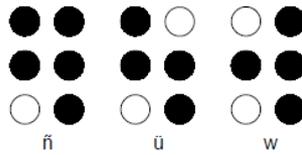


Figura 9: Cuarta Serie Braille.

2.1.2.5 Modo lectura y modo escritura

En la lectura del sistema Braille se inicia de izquierda a derecha mientras que para la escritura se comienza de derecha a izquierda en la celdilla [17]. Observar la figura 10 y 11.

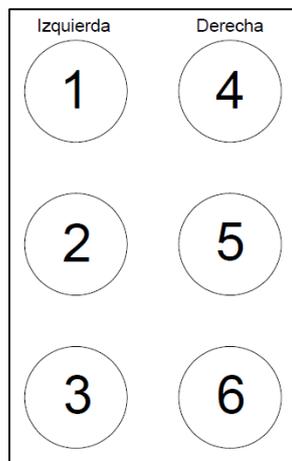


Figura 10: Modelo de la celdilla en modo lectura braille.

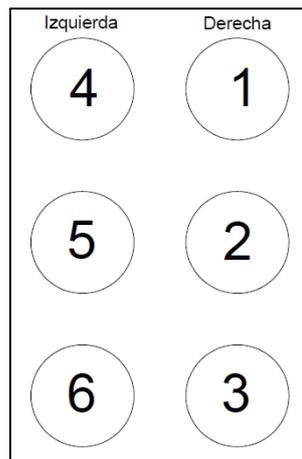


Figura 11: Modelo de la celdilla en modo escritura braille.

2.1.2.6 Arduino Nano

Su función principal es actuar como una placa microcontroladora fácil de usar, que cuenta con una memoria flash cuya capacidad puede variar entre 16 y 32 KB. Es liviana y presenta un consumo de energía de 19 mA, con un puerto mini USB destinado como conexión al PC [18].

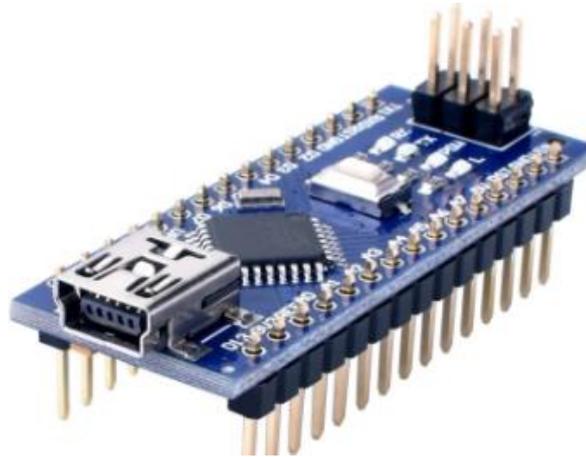


Figura 12: Imagen Referencial de Arduino Nano. Fuente: [18]

Tabla 1: Características del Arduino Nano.

CARACTERÍSTICAS	DETALLES
Microcontrolador	ATMega328P
Velocidad de reloj	16 Mhz
Voltaje de funcionamiento	5 V
Voltaje de entrada	7,5 a 12 V
Pinout	14 pines digitales (6 PWM) y 8 pines analógicos
Memoria	32 KB Flash (2 KB para bootloader), 2KB RAM y 1KB Eeprom

2.1.2.7 Modulo Bluetooth HC05

El módulo Bluetooth HC-05 posibilita la conexión inalámbrica de nuestros proyectos con Arduino a un smartphone, teléfono celular o PC, ofreciendo la sencillez de operación de un puerto serial. La transmisión se lleva a cabo de manera completamente transparente al

programador, lo que implica una conexión directa a los pines seriales de nuestro microcontrolador favorito [19]. Este se alimenta con 3.6V.



Figura 13: Imagen Referencial Módulo Bluetooth HC05. Fuente: [19]

Tabla 2: Características técnicas del módulo Bluetooth HC05

CARACTERÍSTICAS	DETALLES
Voltaje de funcionamiento	3,6 V – 6.0 V.
Corriente de Funcionamiento	50 mA.
Frecuencia	Banda ISM 2.4GHz.
Velocidad	1Mbps.
Potencia de transmisión	4dBm, Class2.

2.1.2.8 Servomotor Pico

Es un motor eléctrico que permite el control tanto de la velocidad como de la posición del eje en rotación [20].



Figura 14: Imagen Referencial Servomotor Pico. Fuente: [20]

Tabla 3: Características técnicas del Servomotor pico

CARACTERÍSTICAS	DETALLES
Voltaje de funcionamiento	3,7 V – 6.0 V
Corriente de Funcionamiento	35 mA
Corriente de ralentí	4 mA
Velocidad	0,08 seg/60 @ 4,8 V
Peso	2g
Tamaño	16,2*8,2*16,5mm

3. CAPÍTULO III

3.1 METODOLOGÍA

En esta sección vamos a describir la metodología de esta investigación. En la figura 15 se muestran las fases realizadas.

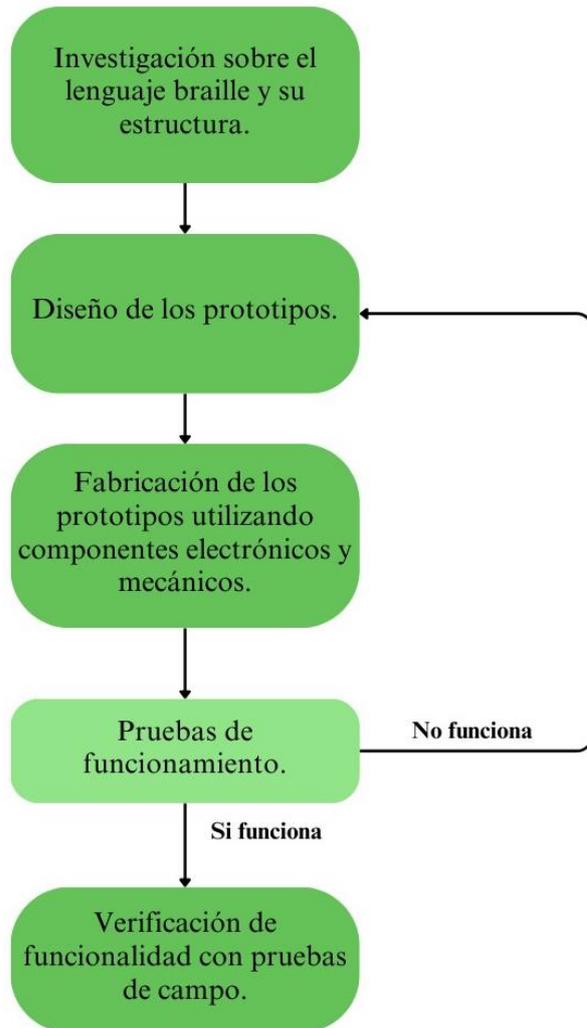


Figura 15: Diagrama de flujo de la metodología de la metodología del proyecto.

Fase 1

En esta fase se realizó una investigación bibliográfica en libros, artículos científicos, revistas científicas, sitios web o trabajos de pregrado relacionados al sistema braille, sus características y sistemas electrónicos existentes relacionados al proyecto. Esto con el fin de familiarizarse con el tema y tener una idea más clara de lo que se busca desarrollar.

Fase 2

En esta fase se diseñaron los prototipos usando varios softwares de diseño y simulación tanto para la parte electrónica como para la lógica y también, para el diseño de la estructura mecánica, con estos softwares se logró diseñar cada una de las celdillas, teniendo en cuenta que son idénticas en funcionamiento, pero varían en dimensiones una de la otra. En la figura 16 y 17 se observa el esquemático de la placa con los componentes electrónicos.

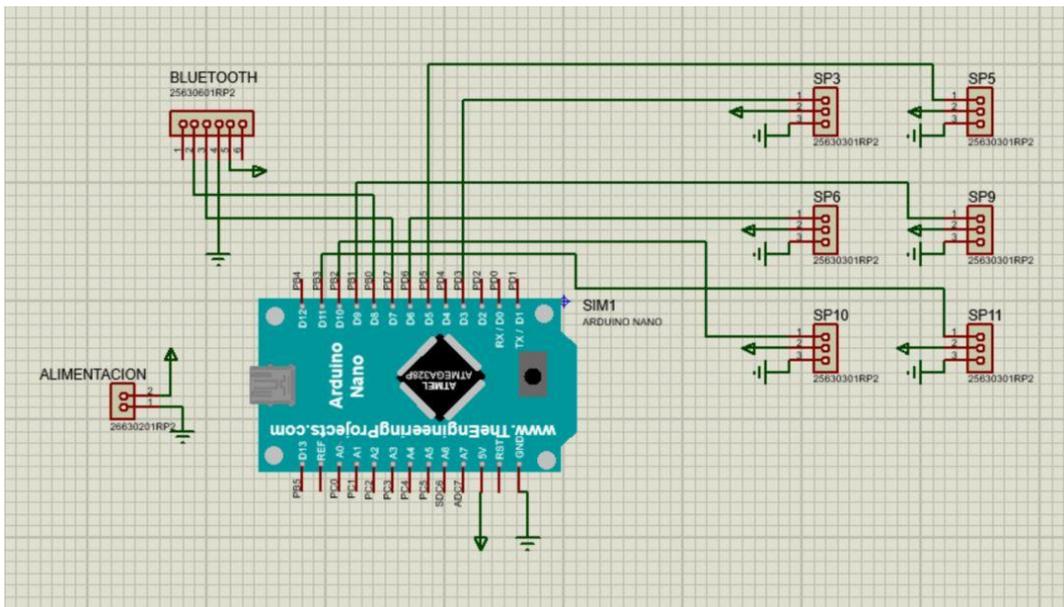


Figura 16: Esquemático en Proteus de componentes electrónicos.

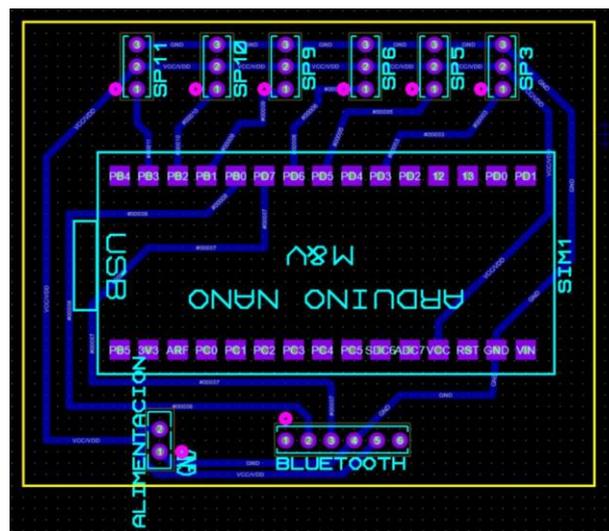


Figura 17: Diseño PCB de los componentes electrónicos

En las figuras 18-19 y 20, se observan los diseños de las celdillas y botones para cada prototipo, en donde su forma es idéntica una de la otra, pero varían en los tamaños de celdilla pequeña, celdilla mediana y celdilla grande respectivamente.

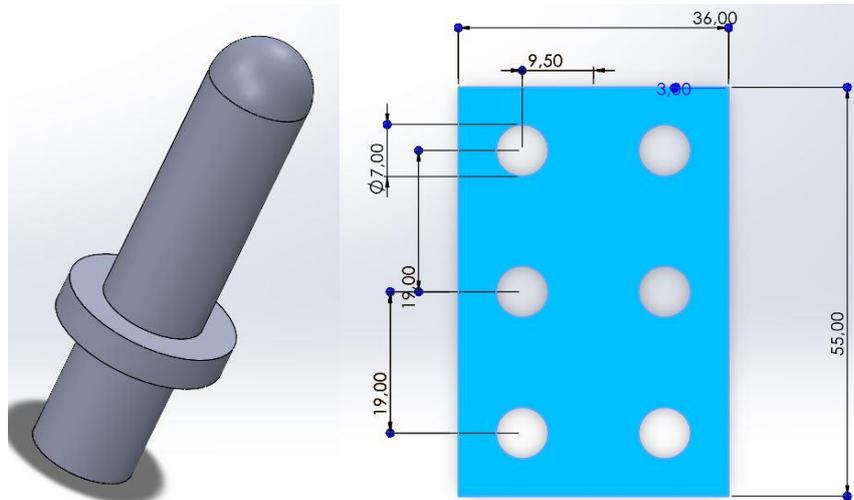


Figura 18: Botón y Dimensiones de celdilla pequeña.

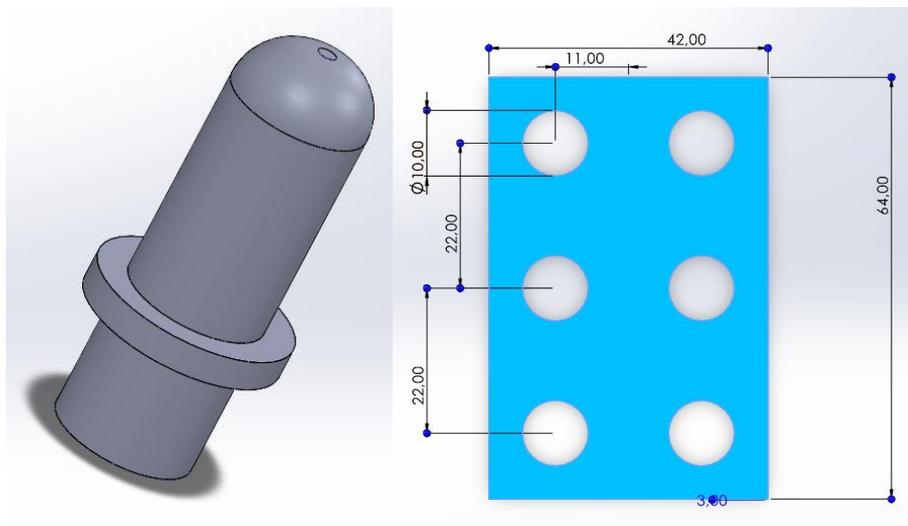


Figura 19: Botón y Dimensiones de celdilla mediana.

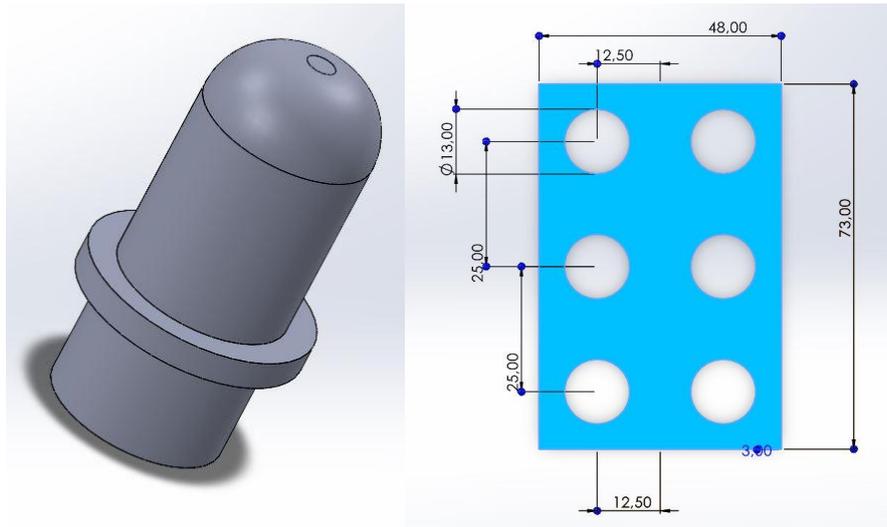


Figura 20: Botón y Dimensiones de celda grande.

Ahora bien, en esta fase 2 de igual manera se desarrolló la aplicación con la cual se controlan los tres prototipos, esta fue creada en app inventor. La interfaz cuenta con secciones específicas que describiremos a continuación, figura 21.



Figura 21: Interfaz gráfica de uso.

1. Se muestra el estado del Bluetooth (Conectado o Desconectado).
2. Botón para conectar la aplicación a los prototipos.
3. Botón para desconectar la aplicación a los prototipos.
4. Espacio donde se ingresa el texto que se desea traducir.
5. Botón para enviar el texto y reciba el prototipo.
6. Botón para borrar el texto ingresado.
7. Nota de indicaciones para uso.

Fase 3

En esta fase se realizó el ensamblado de las diferentes partes que conforman cada prototipo. Los componentes electrónicos se ensamblan según el diseño realizado en la fase 2 y el resultado se puede observar en la figura 20. Además, al ensamblar todas las piezas de la estructura de la celdilla y ubicarlas alineadas a los servos, se obtiene una pieza final que se observa en la figura 22.



Figura 22: Placa con componentes electrónicos.

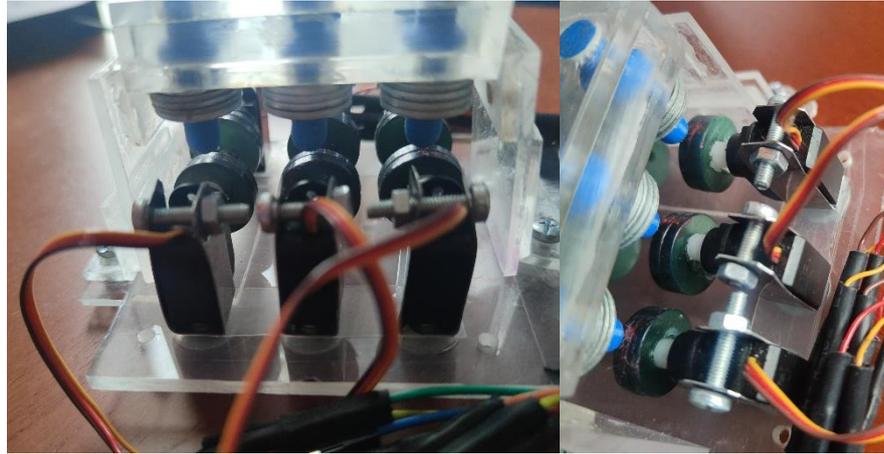


Figura 23: Estructura de la celdilla con los servos ubicados.

Así mismo, se realizó el ensamblado de la parte electrónica y la parte mecánica de cada prototipo. En la figura 24, se observa el esqueleto de cada prototipo.



Figura 24: Prototipos armados en parte electrónica y mecánica.

Al final, para cada prototipo se fabricó una caja acrílica para lograr un acabado final más estético, compacto y cómodo para los usuarios.

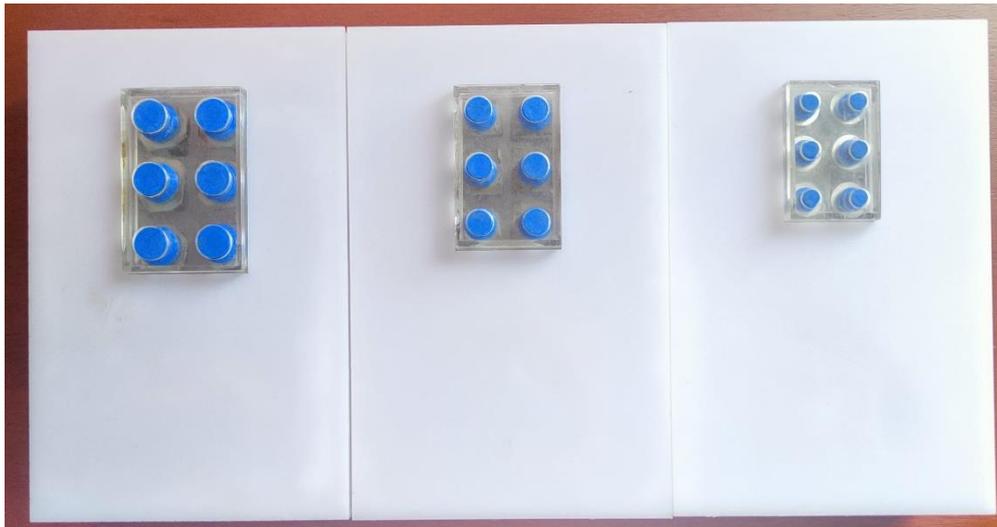


Figura 25: Prototipos finales.

Fase 4

En esta etapa se realizaron las pruebas técnicas para comprobar la funcionalidad del equipo fabricado, en donde, se ingresó texto mediante la aplicación del celular y se verificó la correcta conversión a la celdilla Braille fabricada.



Figura 26: Evidencia de Pruebas de funcionamiento.

Fase 5

En esta fase se verificó la funcionalidad del prototipo con pruebas de campo realizadas en la Unidad Educativa Especializada Dr. Luis Benavides. En donde, se ingresó el texto por la aplicación, luego el prototipo convirtió en lenguaje braille y por último el usuario leyó en la celdilla, este proceso se realizó 10 veces por cada sujeto durante 5 días. Es importante mencionar que existieron tres sujetos a prueba. A continuación, en las imágenes 27,28 y 29 se evidencian las pruebas realizadas.



Figura 27: Pruebas con el Sujeto 3



Figura 28: Pruebas con el Sujeto 2



Figura 29: Pruebas con el Sujeto 1.

3.1.1 Tipo de investigación

La metodología de este proyecto se basa en dos tipos de investigaciones que son, descriptiva porque se llevara a cabo un análisis de los datos recolectados del prototipo, y experimental debido a que se realizarán pruebas de campo, en donde, se manipulara el dispositivo para así comprobar mediante datos estadísticos el porcentaje de error que existe.

3.1.2 Población y muestra

3.1.2.1 Población

La población en esta investigación está conformada por los datos del error que corresponden al número de las palabras leídas de manera incorrecta. El experimento se llevó a cabo durante de 5 días con dos docentes y un estudiante de la Unidad Educativa Especializada Dr. Luis Benavides. Se evaluaron 30 frases por celdilla cada día y se obtuvieron un total de 150 datos por celdilla grande, mediana y pequeña respectivamente.

3.1.2.2 Muestra

La muestra, al ser una población finita se calcula de la siguiente manera:

$$n = \frac{N * Z^2 * P * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * P * q}$$

En donde:

n: Tamaño de la muestra.

N²: Tamaño de la población.

Z: Nivel de confianza.

e²: Error de estimación máximo aceptador

P: Probabilidad de que ocurra el evento estudiado.

q: (1-p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

En este proyecto la población está compuesto por 150 datos, con un nivel de confianza del 95% Z=1,96, una probabilidad de que ocurra el evento de P= 0,5, una probabilidad de que no ocurra el evento de q= 0,5 y con un margen de error de 5%.

$$n = \frac{150 \times 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,05^2 \times (150 - 1) + 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5} = 108,08$$

3.1.3 Técnica de recolección de datos

Para la primera parte de esta investigación se realizó una búsqueda de información en artículos científicos, tesis, sitios web, etc; donde se recopiló toda la información más importante del tema en cuestión. Además, para obtener los resultados se utilizaron dos técnicas más de recolección de datos que son las pruebas de campo y observación, debido a que se trabajó cada prototipo directamente con usuarios no videntes. En el Anexo 1, se muestra el formulario de información que se llenó mientras se desarrollaron las pruebas de campo.

3.1.4 Operaciones de las variables

3.1.4.1 Variable Dependiente

Tabla 4. Variable Dependiente

VARIABLES	CONCEPTO	INDICADORES
Error	El error viene definido por el número de palabras leídas de manera incorrecta.	Porcentaje

3.1.4.2 Variable Independiente

Tabla 5. Variable Independiente

VARIABLES	CONCEPTO	INDICADORES
Tamaño de la celdilla	El sistema braille está conformado por 6 puntos en relieve. Se trabajará en cm, en donde, la celdilla pequeña tendrá una dimensión de 5,5 x 3,6 cm, mientras que para la mediana será de 6,4 x 4,2 cm, y para la grande será de 7,3 x 4,8 cm.	Cp: Tamaño de celdilla pequeña. Cm: Tamaño de celdilla mediana. Cg: Tamaño de celdilla grande.

4. CAPÍTULO IV

4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para comprobar el correcto funcionamiento del prototipo de convertidor de texto a lenguaje braille se escogieron 2 docentes y 1 estudiante de la Unidad Educativa Fiscal Dr. Luis Benavides, cada uno con un nivel distinto de conocimiento del lenguaje braille, tabla 6.

Tabla 6: Información de los sujetos

Sujetos	Cargo	Edad	Nivel y Años de manejo del lenguaje braille	Observaciones
Sujeto 1	Docente	44	37 años-Nivel Experto	Nació Ciego
Sujeto 2	Docente	54	26 años-Nivel Medio	Perdió la visión a los 28 años
Sujeto 3	Estudiante	15	7 años-Nivel Bajo	Nació ciego

4.1.1 Pruebas según el tamaño de las celdillas

Para conocer si los datos se distribuyen normalmente o no, se realizó una prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov debido a que se tienen 150 datos. La hipótesis planteada es la siguiente:

Ho: Los datos se distribuyen normalmente.

Ha: Los datos no se distribuyen normalmente.

Tabla 7: Prueba de Normalidad según tamaño de celdilla.

Pruebas de normalidad							
	Tamaño	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	G1	Sig.
error	Grande	0.321	150	0,001	0.759	150	0,001
	Mediana	0.330	150	0,001	0.745	150	0,001
	pequeña	0.322	150	0,001	0.748	150	0,001

En la tabla 7, se muestran los resultados de la prueba de normalidad realizada. El p-valor (Sig.) de los tres tamaños de celdilla es menor a 0.05 por tanto se rechaza la Ho (Hipótesis

nula) y se determina que los datos no se distribuyen normalmente. Es decir, en este caso se debe aplicar una prueba de hipótesis no paramétrica.

Ahora bien, para determinar si existe una diferencia significativa en las medianas del número de las palabras no leídas de cada uno de los tamaños de celdilla se realiza una prueba Anova no paramétrica y los resultados se muestran en la tabla 8. La hipótesis en este caso es:

Ho: Las medianas del número de las palabras no leídas son iguales con diferentes tamaños de celdillas.

Ha: Las medianas del número de las palabras no leídas no son iguales con diferentes tamaños de celdillas.

Tabla 8: Anova no paramétrica según tamaño de celdilla.

	Error
H de Kruskal-Wallis	0.540
gl	2
Sing. asin.	0.763

En este caso, el p-valor es de 0.763 y al ser mayor a 0.05 se acepta la Ho, es decir las medianas son iguales con relación a los diferentes tamaños de celdillas. En la figura 30 se muestra un diagrama de cajas correspondiente al número de palabras no leídas con relación al tamaño de celdilla.

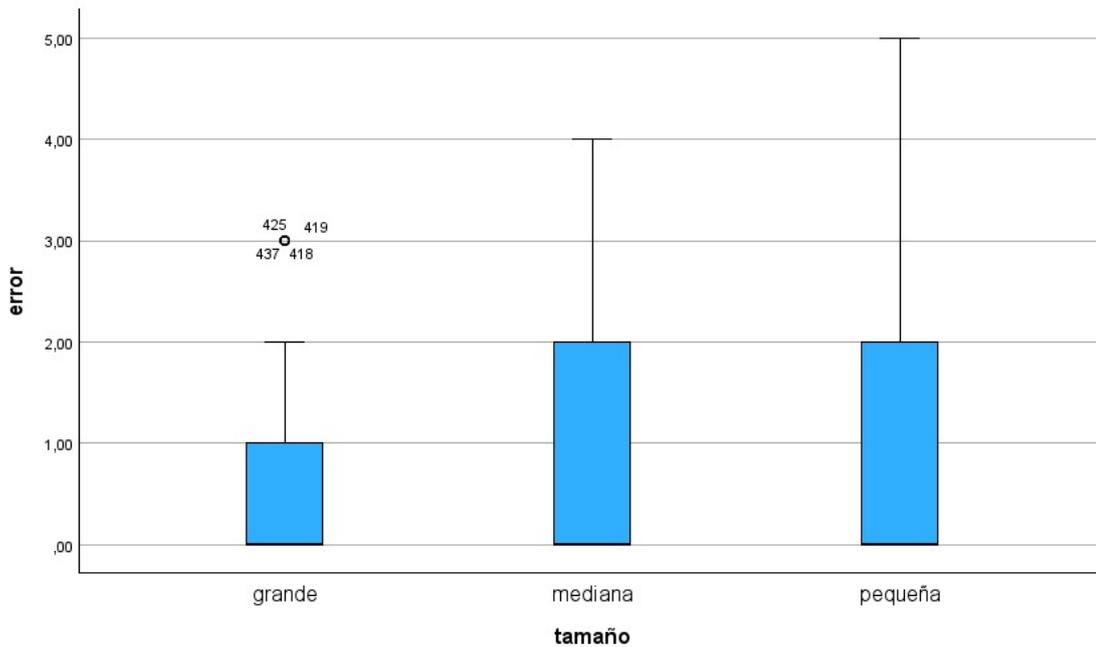


Figura 30: Diagrama de cajas. Número de palabras no leídas por tamaño de celda.

4.1.2 Prueba según nivel de conocimiento del lenguaje braille.

En esta investigación se llevó a cabo adicionalmente una prueba del dispositivo para determinar el efecto del nivel de conocimiento en el funcionamiento del mismo. Así mismo, se realizó la prueba de normalidad para ver si los datos se distribuyen normalmente. En la tabla 9, se muestra el resultado de la prueba y la hipótesis planteada fue:

Ho: Los datos se distribuyen normalmente.

Ha: Los datos no se distribuyen normalmente.

Tabla 9: Prueba de normalidad según nivel de conocimiento

Pruebas de normalidad							
	Nivel	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Error	Experto	.	150	.	.	150	.
	Medio	0.340	150	0,001	0.738	150	0,001
	Novato	0.201	150	0,001	0.961	150	0,001

Como se observa, el p-valor es mayor a 0.05 por ende, se rechaza la hipótesis nula los datos no se distribuyen normalmente.

De igual manera, se realizó una prueba de Anova para determinar si existe una diferencia significativa según el nivel de conocimiento y los resultados se muestran en la tabla 10. La hipótesis en este caso fue:

Ho: Las medias del número de las palabras no leídas son iguales con relación al nivel de conocimiento del lenguaje braille.

Ha: Las medias del número de las palabras no leídas no son iguales con relación al nivel de conocimiento del lenguaje braille.

Tabla 10: Prueba Anova según nivel de conocimiento.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	291.604	2	145.802	229.328	0.001
Dentro de grupos	284.193	447	0.636		
Total	575.798	449			

En este caso, el p-valor es menor a 0.05 rechazando el Ho, es decir, al menos una de las medias con relación al nivel de conocimiento es diferente. Para comprobar cuál es la diferente se aplicó una prueba de comparaciones múltiples de Tukey y los resultados se muestran en la tabla 11.

Tabla 11: Comparaciones Tukey según nivel de conocimiento.

Nivel	N	Subconjunto para alfa=0.05		
		1	2	3
Experto	150	0,000		
Medio	150		0,6000	
Novato	150			1,9267
Sig.		1,000	1,000	1,000

En la tabla 11, se muestra que según la prueba de Tukey el nivel de conocimiento si tiene una diferencia significativa estadísticamente, es decir cada una de las medias es diferente y es por ello por lo que pertenecen a un grupo diferente cada una. En la figura 31, se muestra de una manera grafica lo mencionado anteriormente, en esta podemos observar el número de palabras no leídas por cada uno de los sujetos.

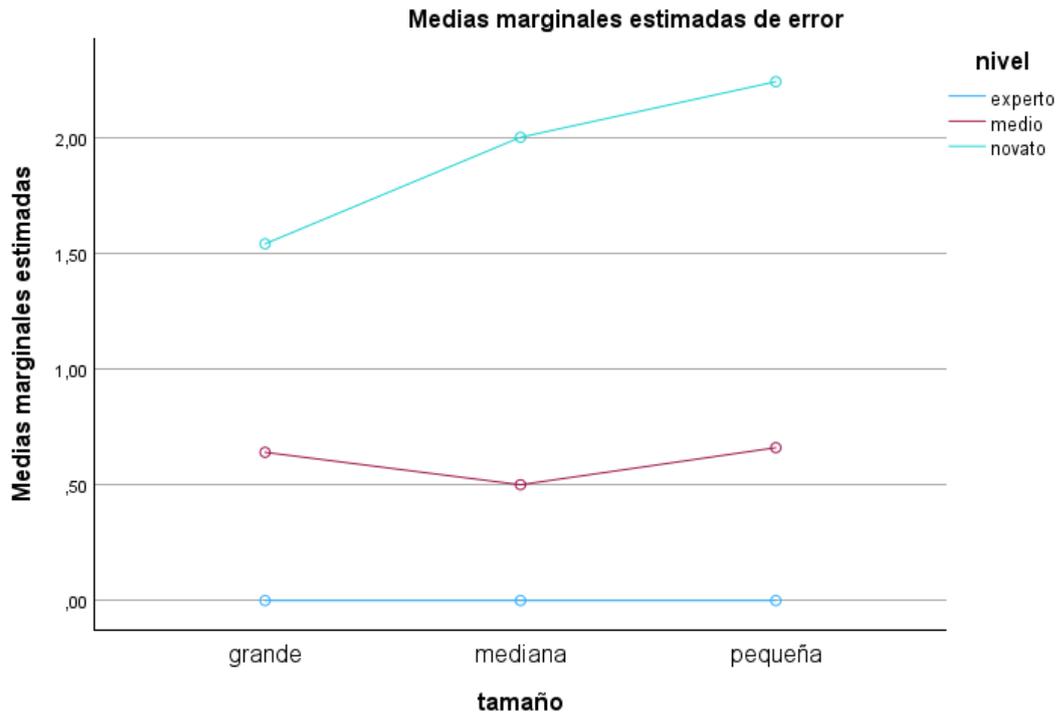


Figura 31: Número de palabras no leídas según el nivel de conocimiento y tamaño de la celdilla.

5. CAPÍTULO V.

5.1 CONCLUSIONES

En este proyecto se fabricó un dispositivo capaz de convertir texto en lenguaje braille con tres tamaños de celdillas diferentes, que serán utilizados por personas con discapacidad visual pertenecientes a la Unidad Educativa Especializada Dr. Luis Benavides.

Con el análisis estadístico se demostró que el tamaño de la celda no afecta en el funcionamiento del dispositivo puesto que solo se obtuvo un 16,84% de error. Sin embargo, se pudo determinar que el nivel de conocimiento del lenguaje braille si influye de manera significativa en el funcionamiento del equipo puesto que, el nivel experto tuvo un porcentaje de error de 0%, el nivel medio 12% y el nivel novato 38.53%.

Finalmente, en comparación con otros dispositivos como el tablero electrónico interactivo para lectura y escritura del lenguaje braille realizado en la Universidad Técnica del Norte - 2018, la fabricación de este equipo es más económico, compacto y cómodo para el uso.

5.2 RECOMENDACIONES

Para realizar una futura continuación de la investigación se aconseja agregar otra celdilla, ya que los números y caracteres especiales ameritan al menos dos celdillas juntas.

Se recomienda realizar un prototipo más compacto y pequeño, debido a que así las personas se familiarizan con el tamaño real del braille. Además, considerar que las piezas para la estructura deben ser lo más exactas posibles para mejor movimiento.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Álvarez Daniela, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE LECTURA PARA ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN GENERAL BÁSICA CON DISCAPACIDAD VISUAL,” Repositorio Digital Unach. Accessed: Jan. 30, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8802>.
- [2] Sánchez Mañas, “Incremento de la discapacidad visual a nivel mundial,” MATI. Accessed: Nov. 15, 2023. [Online]. Available: http://www.webmati.es/index.php?option=com_content&view=article&id=182:incremento-de-la-discapacidad-visual-a-nivel-mundial&catid=13&Itemid=160
- [3] CONADIS, “Estadísticas de Discapacidad,” Ministerio de Salud. Accessed: Nov. 15, 2023. [Online]. Available: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- [4] Oscar Peñaloza, “Sistema electrónico braille para la ayuda en el aprendizaje de personas no videntes,” *Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, Quito, pp. 209–225, 2006.
- [5] Organización Mundial de la Salud, “INFORME MUNDIAL LA DISCAPACIDAD SOBRE.” Accessed: Feb. 05, 2024. [Online]. Available: https://www.oas.org/es/sedi/ddse/paginas/documentos/discapacidad/DESTACADO_S/ResumenInformeMundial.pdf
- [6] Julio Cesar Cabrera, “Diseño y desarrollo de un prototipo de línea Braille de bajo costo para personas no videntes en el marco de Cátedra UNESCO ‘Tecnologías de Apoyo para la Inclusión Educativa’ de la Universidad Politécnica Salesiana,” Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2018. Accessed: Nov. 30, 2022. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16647>
- [7] Instituto Nacional de Estadística y Censos, “Informe Ejecutivo de las Canastas Analíticas.” Accessed: Feb. 05, 2024. [Online]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/canasta/>
- [8] Estrada J, “Diseño y construcción de un prototipo de tablero electrónico interactivo para la lectura y escritura del lenguaje braille orientado a niños con discapacidad visual,” Tesis de Grado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2018.

- [9] Organización Panamericana de la Salud, “Discapacidad,” OPS. Accessed: Feb. 05, 2024. [Online]. Available: <https://www.paho.org/es/temas/discapacidad>
- [10] R. H. Roldán, J. Anderson Quiñonez, J. Arenas, Á. María Urrea-Cuéllar, S. Barbosa-Granados, and H. Aguirre-Loaiza, “Características Psicológicas en Deportistas con Discapacidad Física Psychological Characteristics in athletes with physical disability.” [Online]. Available: <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index>
- [11] Centro Nacional de Defectos Congénitos y Discapacidades del Desarrollo de los CDC, “Información sobre Discapacidad Intelectual,” Discapacidades del desarrollo. Accessed: Feb. 05, 2024. [Online]. Available: <https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/developmentaldisabilities/hoja-informativa-sobre-discapacidad-intelectual.html>
- [12] UNICAP, “Discapacidad Auditiva.” Accessed: Feb. 05, 2024. [Online]. Available: <https://www.fundacionunicap.org/discapacidad-auditiva/>
- [13] Asmal Arias, “Prototipo didáctico para la ayuda en el aprendizaje y aplicación del alfabeto braille de niños no videntes,” Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2019.
- [14] Ruiz Ana and Lluch Reyes, *La Didáctica del Braille Más Allá del Código*, Primera Edición., vol. I. Madrid: Organización Nacional de Ciegos Españoles , 2015. Accessed: Jan. 30, 2023. [Online]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biblioteca.fundaciononce.es/system/files/didactica_del_braille_2015.pdf
- [15] Coyago Tutillo, “Diseño de un dispositivo electrónico para el aprendizaje de la lectura y escritura del sistema braille capaz de representar caracteres en símbolos generadores,” Tesis de Grado, Universidad Técnica del norte, Ibarra, 2021.
- [16] Lafuente A, Guil R, and Martinez M, “Educación Inclusiva,” ITE Educacion. Accessed: Jun. 06, 2023. [Online]. Available: http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_5/mo5_introduccion.htm
- [17] Miranda Cristian and Vaca Jonathan, “Desarrollo de un prototipo de lectoescritura asistido por audio para el aprendizaje de personas no videntes mediante el sistema braille,” Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2018. Accessed: Aug. 09, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16164>

- [18] Ardu, "Arduino Nano," El cajon de Ardu. Accessed: Nov. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.elcajondeardu.com/arduino-nano-todo-lo-que-necesitas-saber/#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20funciona%20la%20Placa%20Arduino,Duemilanove%2C%20siendo%20la%20m%C3%A1s%20peque%C3%B1a>.
- [19] Naylamp, "Módulo Bluetooth HC05," Mechatronics. Accessed: Nov. 15, 2023. [Online]. Available: <https://naylampmechatronics.com/inalambrico/43-modulo-bluetooth-hc05.html>
- [20] "SERVOMOTORES," Area Tecnologica. Accessed: Mar. 21, 2023. [Online]. Available: Area Tecnologica

7. ANEXOS

7.1 Anexo 1

7.1.1 Formato de información recogida

F CELDILLA PEQUEÑA

Nombre:		Sujeto 3	
Especialidad o grado de manejo braille:		Estudiante aprendiendo braille	
Edad:		15	Tiempo que maneja braille: Desde los 7 años
Oraciones			Cant. errores
1	Mi gato se llama Memo	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció "To" de la palabra gato No reconoció las vocales de la palabra memo 	2 palabras
2	La casa es muy grande	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció ninguna s No reconoció la palabra "muy" No reconoció la g-r-d de la palabra grande 	4 palabras
3	Sofia es una persona bonita	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció la s-f-i No reconoce la p-s No reconoce bonita 	3 palabras
4	Nazareth es un nombre raro	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció Nazareth No reconoció nombre 	2 palabras
5	Riobamba es una ciudad hermosa	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció la palabra ciudad 	1 palabra
6	Cuenca es una ciudad bonita	<ul style="list-style-type: none"> No entendió u- No entendió -a 	2 palabras
7	Marta es una persona bonita	<ul style="list-style-type: none"> No reconoce la p-n No reconoce bo-ta 	2 palabras
8	Mi loro es de colores	<ul style="list-style-type: none"> No reconoce res 	1 palabra
9	La profesora es muy buena	<ul style="list-style-type: none"> Perfecto 	0 palabras
10	El presidente es de Cuenca	<ul style="list-style-type: none"> Perfecto 	0 palabras

CELDILLA MEDIANA

Nombre:		Sujeto 3	
Especialidad o grado de manejo braille:		Estudiante aprendiendo braille	
Edad:	15	Tiempo que maneja braille:	Desde los 7 años
Oraciones			Cant. errores
1	Mi gato se llama Mem o	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció "lla" No reconoció la "e" de la palabra mem o 	2 palabras
2	La casa es muy grande	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció es No reconoció la g-r-d de la palabra grande 	2 palabras
3	Sofia es una persona bonita	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció la s-f-i No reconoce la p-s 	2 palabras
4	Nazareth es un nombre raro	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció es No reconoció nombre 	2 palabras
5	Riobamba es una ciudad hermosa	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció la palabra ciudad 	1 palabra
6	Cuenca es una ciudad bonita	<ul style="list-style-type: none"> No entendió ciu 	1 palabras
7	Marta es una persona bonita	<ul style="list-style-type: none"> No reconoce la p-n No reconoce bo-ta 	2 palabras
8	Mi loro es de colores	<ul style="list-style-type: none"> No reconoce res 	1 palabra
9	La profesora es muy buena	<ul style="list-style-type: none"> No reconoce muy 	1 palabras
10	El presidente es de Cuenca	<ul style="list-style-type: none"> No reconoce pre 	1 palabras

CELDILLA GRANDE

Nombre:		Sujeto 3	
Especialidad o grado de manejo braille:		Estudiante aprendiendo braille	
Edad:	15	Tiempo que maneja braille:	Desde los 7 años
Oraciones			Cant. errores
1	Mi gato se llama Mem o	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció "M" No reconocí 	2 palabras
2	La casa es muy grande	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció "La" No reconoció la "g" 	2 palabras
3	Sofia es una persona bonita	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció "fia" No reconoce "ta" 	2 palabras
4	Nazareth es un nombre raro	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció "ra" 	1 palabras
5	Riobamba es una ciudad hermosa	<ul style="list-style-type: none"> Perfecto 	0 palabra
6	Cuenca es una ciudad bonita	<ul style="list-style-type: none"> No entendió u- No entendió -a 	2 palabras
7	Marta es una persona bonita	<ul style="list-style-type: none"> No reconoce la "rta" 	1 palabras
8	Mi loro es de colores	<ul style="list-style-type: none"> Perfecto 	0 palabra
9	La profesora es muy buena	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció "prof" No reconoció "bu" 	2 palabras
10	El presidente es de Cuenca	<ul style="list-style-type: none"> No reconoció "Cue" 	0 palabras

Observaciones:

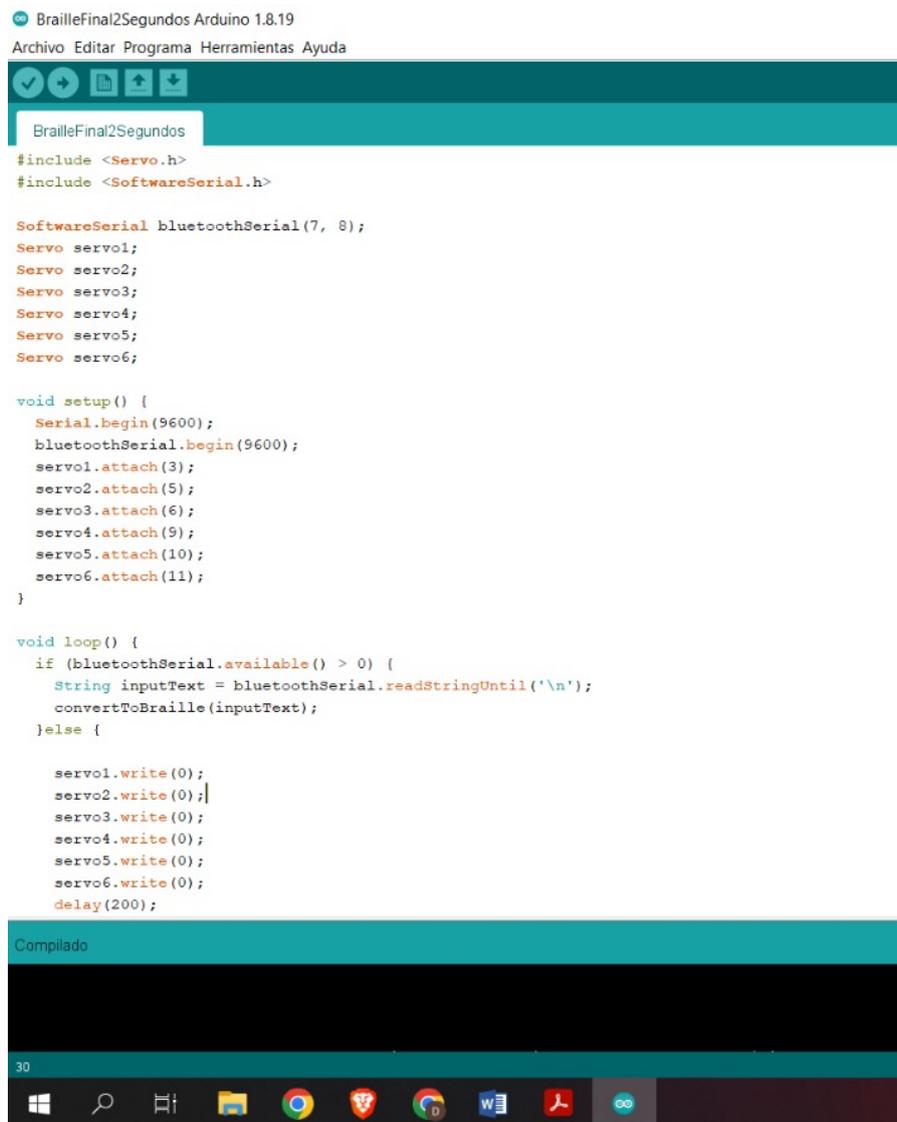
- El ruido afecta mucho la lectura, pues cualquier estimulación externa hace que pierda la concentración.
- La ubicación de las manos en el dispositivo afecta mucho, puesto que una mala posición hace que no lea correctamente.

Observaciones del Sujeto 3:

- Opina que es mejor la celdilla la mediana y la grande porque ubica un dedo por botón
- Dice que la velocidad está muy buena.

7.2 Anexo 2

7.2.1 Código de Arduino



```
BrailleFinal2Segundos Arduino 1.8.19
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

BrailleFinal2Segundos
#include <Servo.h>
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial bluetoothSerial(7, 8);
Servo servo1;
Servo servo2;
Servo servo3;
Servo servo4;
Servo servo5;
Servo servo6;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  bluetoothSerial.begin(9600);
  servo1.attach(3);
  servo2.attach(5);
  servo3.attach(6);
  servo4.attach(9);
  servo5.attach(10);
  servo6.attach(11);
}

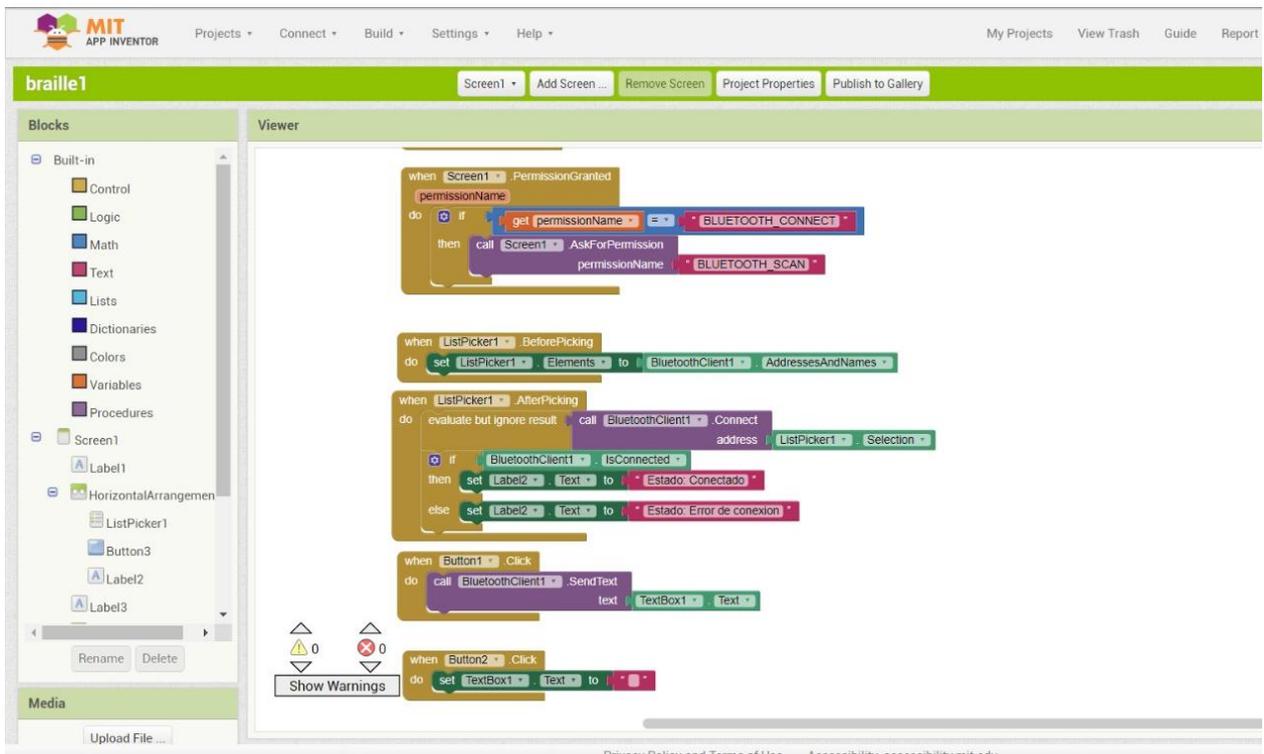
void loop() {
  if (bluetoothSerial.available() > 0) {
    String inputText = bluetoothSerial.readStringUntil('\n');
    convertToBraille(inputText);
  } else {
    servo1.write(0);
    servo2.write(0);
    servo3.write(0);
    servo4.write(0);
    servo5.write(0);
    servo6.write(0);
    delay(200);
  }
}
```

Compilado

30

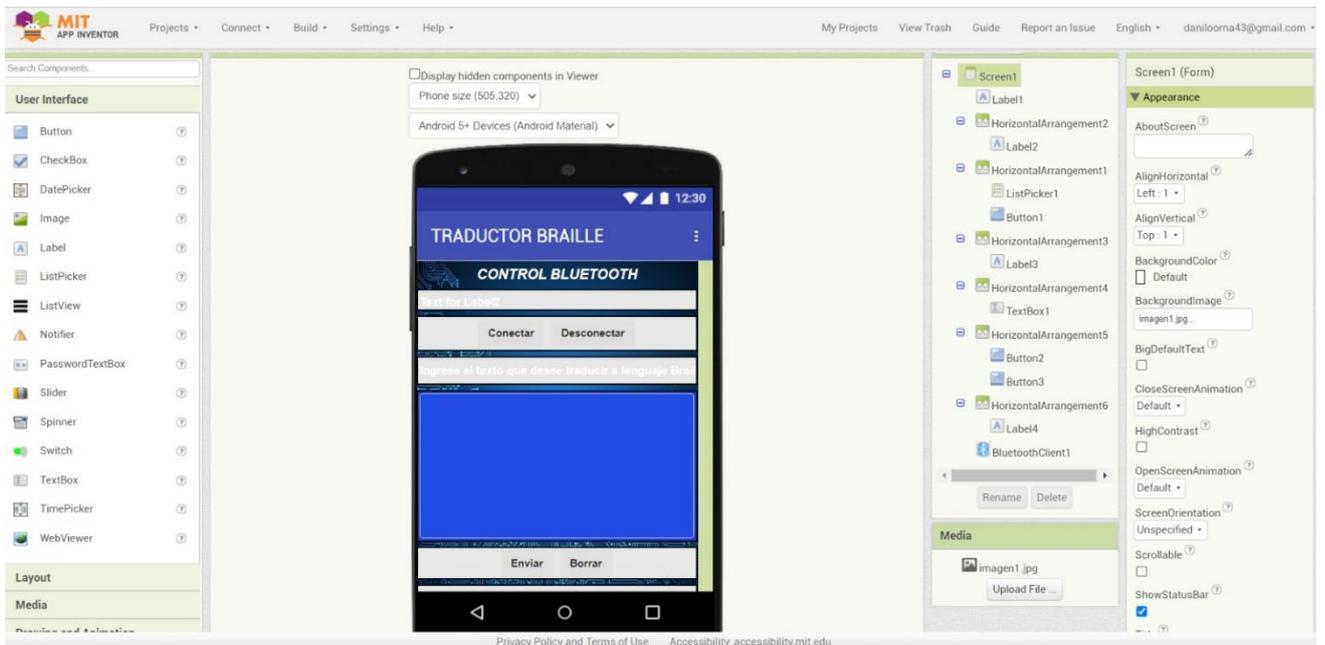
7.3 Anexo 3

7.3.1 Código de la aplicación



7.4 Anexo 4

7.4.1 Interfaz de la aplicación



7.5 Anexo 5

7.5.1 Evidencias de las pruebas realizadas



7.6 Anexo 6

7.6.1 Permiso para realizar el proyecto de investigación.



Ministerio de Educación

Oficio Nro. MINEDUC-CZ3-06D01-2023-7475-O

Riobamba, 06 de diciembre de 2023

Asunto: COMPROMISO CIUDADANO OF SN DEL 06 DE DICIEMBRE DE 2023; INCA DEYSI SOLICITA AUTORIZACIÓN PARA INGRESO DE ESTUDIANTE DE LA UNACH A UEE DR. LUS BENAVIDES - ASRE

Ingeniera
Deysi Vilma Inca Balseca
En su Despacho

De mi consideración:

En respuesta al Documento No. MINEDUC-CZ3-06D01-UDAC-2023-8919-E, COMPROMISO CIUDADANO; Oficio S/N, de fecha, Riobamba, 06 de diciembre de 2023, que en lo pertinente refiere "(...) Yo, Msc. DEYSI INCA BALSECA con número de C.I: 0603810482 DIRECTORA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO le solicito de la manera más comedida se le autorice al estudiante DANILO ALEXANDER ORNA CARGUACUNDO con C.I: 0604524934 a realizar pruebas de funcionamiento de su proyecto de investigación titulado "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LECTURA DE LENGUAJE BRAILLE DIRIGIDO A PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL" en la Unidad Educativa especializada Dr. Luis Benavides. Siendo su tutor de la investigación el PhD. Leonardo Fabián Rentería Bustamante con número de C.I: 1104064132 docente de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones (...)"

Al respecto, este Distrito de Educación 06D01 Chambo-Riobamba; indica que revisado el documento autoriza su solicitud, en consecuencia, deberá realizarse la coordinación adecuada con la autoridad de la institución educativa referida, en función de articular la actividad, considerando siempre que la participación de los estudiantes, así como la información que pudieren proporcionar los mismos, será exclusivamente de carácter académico, y sujeta a la voluntad de cada una de ellas, además deberán precautelar de manera estricta la integridad física de los estudiantes, mientras se desarrolla la actividad.

Con sentimientos de distinguida consideración,

Atentamente,

Dirigido a: Av. Amazonas N31451 y Av. Atahualpa
Código Postal: 170117 - Riobamba, C. S.
Tel: +593 010 2961102

* Documento firmado electrónicamente por Deysi Vilma Inca Balseca

EL NUEVO
ECUADOR

1/2

Oficio Nro. MINEDUC-CZ3-06D01-2023-7475-O

Riobamba, 06 de diciembre de 2023

Documento firmado electrónicamente

Juan Yumisaca Malan
DIRECTOR DISTRITAL 06D01 - CHAMBO-RIOBAMBA á EDUCACIÓN

Referencias:

- MINEDUC-CZ3-06D01-UDAC-2023-8919-E

Anexos:

- inea_deysi_solicita_autorizacion_para_estudiante_20231206_12014659.pdf

Copia:

Señor Magíster
Hílder Geovani Velastegui Mendoza
Analista Distrital de Regulación

lv/jg



JUAN YUMISACA MALAN

Dirección: Av. Amazonas N34-451 y Av. Amazonas
Código Postal: 170703 - Ecuador
Tel.: +593 7 374 2142

Documento firmado electrónicamente por Quesu