



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**TEMA:**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE TABLERO  
ELECTRÓNICO INTERACTIVO PARA LA LECTURA Y ESCRITURA DEL  
LENGUAJE BRAILLE ORIENTADO A NIÑOS CON DISCAPACIDAD  
VISUAL.**

**AUTOR: JONATHAN FERNANDO ESTRADA RAMÍREZ**

**DIRECTOR: MSc. CARLOS HERNÁN PUPIALES YÉPEZ**

**Ibarra-Ecuador  
2018**

## AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### 1. 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 DEL CONTACTO	
Cédula de identidad	040124609-5
Apellidos y Nombres	Jonathan Fernando Estrada Ramírez
Dirección	Atuntaqui. Av. Retorno y Monseñor Leónidas Proaño.
E-mail	jfestrada@utn.edu.ec / <a href="mailto:jnthnestrada6@gmail.com">jnthnestrada6@gmail.com</a>
Teléfono fijo	(06) 2909392
Teléfono móvil	0991187464
DATOS DE LA OBRA	
Título	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE TABLERO ELECTRÓNICO INTERACTIVO PARA LA LECTURA Y ESCRITURA DEL LENGUAJE BRAILLE ORIENTADO A NIÑOS CON DISCAPACIDAD VISUAL.
Autor	Jonathan Fernando Estrada Ramírez

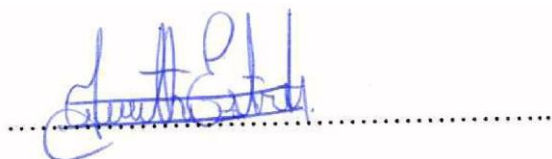
Fecha	Octubre de 2017
Programa	Pregrado
Título	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	Ing. Carlos Pupiales, MSc.

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Jonathan Fernando Estrada Ramírez, con cédula de identidad Nro. 0401246095, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma 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 de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

En la ciudad de Ibarra, julio de 2018.

EL AUTOR



Jonathan Fernando Estrada Ramírez

CC: 040124609-5



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

## **CERTIFICACIÓN**

MAGISTER CARLOS PUPIALES, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente Trabajo de Titulación “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE TABLERO ELECTRÓNICO INTERACTIVO PARA LA LECTURA Y ESCRITURA DEL LENGUAJE BRAILLE ORIENTADO A NIÑOS CON DISCAPACIDAD VISUAL.”. Ha sido desarrollado por el señor Jonathan Fernando Estrada Ramírezbajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Carlos Pupiales", is written over a horizontal dotted line.

Ing. Carlos Pupiales.  
DIRECTOR

## AGRADECIMIENTO.

A Dios.

*Por darme las fuerzas y armas necesarias para poder salir de todas las adversidades que en la vida se me han presentado.*

A mis padres Paúl y Rubiela.

*Quienes con su ejemplo me han enseñado a luchar por mis sueños, sus sabios consejos me han servido para poder enfrentar y superar las adversidades que se me han presentado en este duro camino, gracias por su paciencia y por todo el amor que me brindan.*

A mi hermana Dayana.

*Por siempre estar pendiente de mí, gracias por su confianza y palabras de motivación.*

A mi novia Vanessa.

*Por todo el apoyo recibido para la culminación de este trabajo de grado*

A mi familia en general.

*Gracias por todo su apoyo incondicional y por siempre creer en mí.*

Ing. Carlos Pupiales.

*Gracias por brindarme su apoyo, su tiempo y conocimientos que hicieron posible la elaboración del proyecto.*

*A todos los docentes que hicieron parte de mi formación académica, en especial a los ingenieros Paúl Rosero y Omar Oña quienes me ayudaron a culminar satisfactoriamente este proyecto.*

**DEDICATORIA.**

A Dios.

*Por haberme impulsado a salir adelante y haberme dado salud para cumplir mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

A mis padres Paúl y Rubiela.

Quienes me han brindado su amor y me han apoyado de manera incondicional desde niño, por formarme con buenos hábitos y valores.

*A mi hermana Dayana.*

Por su compañía, su amor, por ser una gran amiga, que junto a sus ideas hemos pasado momentos inolvidables.

A mi novia Vanessa.

Por su apoyo incondicional en el transcurso de la carrera universitaria, por compartir los momentos de alegría y tristezas.

*A mi familia en general.*

En especial a mi abuelo Julio, por todos sus consejos y palabras de aliento en los momentos más difíciles.

## CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	
TÉCNICA DEL NORTE.....	I
CERTIFICACIÓN .....	IV
Agradecimiento.....	V
Dedicatoria.....	VI
CONTENIDO .....	VII
TABLA DE ILUSTRACIONES .....	XIII
INDICE DE TABLAS .....	XVIII
RESUMEN .....	XIX
ABSTRACT.....	XX
1 CAPITULO I: ANTECEDENTES.....	1
1.1 PROBLEMA .....	1
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos .....	3
1.3 ALCANCE .....	3
1.4 JUSTIFICACION.....	4
2 CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Deficiencia Visual .....	7

2.2	Discapacidad Visual .....	9
2.3	Lenguaje Braille .....	10
2.3.1.	Sistema Braille .....	10
2.3.2.	Estructura del Sistema Braille.....	11
2.3.3.	Grados del Sistema Braille .....	13
2.3.4.	Métodos de enseñanza del Sistema Braille.....	14
2.3.4.1.	Método Alborada .....	14
2.3.4.2.	Método el tornillo.....	15
2.3.4.3.	Método Pérgamo .....	15
2.3.4.4.	Método Bliseo .....	16
2.3.4.5.	Método Punto a punto .....	16
2.3.5.	Herramientas de enseñanzas Braille .....	17
2.3.6.	Soporte Informático .....	19
2.3.7.	Tipos de Aprendizaje de un niño con discapacidad visual .....	20
2.3.7.1.	Aprendizaje Táctil.....	20
2.3.7.2.	Aprendizaje y Desarrollo Auditivo .....	24
2.3.7.3.	Aprendizaje y Desarrollo cognitivo .....	25
2.3.6.4.	Aprendizaje y Desarrollo visual.....	25
2.4.	Tiflotecnología .....	26
2.5.	Palabras generadoras .....	27
2.6.	Sistemas Embebidos .....	28



2.6.1.	SERVOMOTORES .....	29
2.6.1.1.	CONTROL DE SERVOS CON PWM .....	29
2.6.2.	Microcontrolador .....	30
2.6.2.1.	CPU (Unidad Central de Proceso) .....	31
2.6.2.2.	Memoria RAM .....	31
2.6.2.3.	Memoria ROM .....	31
2.6.2.4.	Periféricos (patillas) de E/S (entrada/salida .....	32
2.6.3.	Herramientas Open Source .....	32
2.6.3.1.	Arduino .....	33
2.6.3.2.	IDE DE ARDUINO .....	34
2.6.3.3.	Comunicación Serial .....	35
2.7.	Reconocimiento de voz .....	36
3.	CAPITULO III: DISEÑO DEL PROTOTIPO DE TABLERO ELECTRÓNICO	
	38	
3.1.	Situación Actual .....	38
3.2.	Requerimientos para el Diseño del tablero Electrónico .....	39
3.2.1.	Requerimientos Funcionales.....	40
3.2.2.	Requerimientos no funcionales.....	41
3.3.	Descripción general del funcionamiento del tablero electrónico .....	41
3.3.1.	Consideraciones de funcionamiento .....	43
3.3.1.1.	Grado de enseñanza del sistema Braille.....	43

3.3.1.2.	Método de enseñanza .....	44
3.3.1.3.	Usuarios del sistema electrónico .....	45
3.4.	Arquitectura .....	45
3.5.	BLOQUE DE PROCESAMIENTO .....	47
3.5.1.	Elección de placa de programación .....	48
3.5.1.1.	Arduino UNO .....	49
3.6.	BLOQUE DE SELECCIÓN LECTURA/ESCRITURA.....	51
3.7.	BLOQUE DE LECTURA .....	52
3.7.1.	Reconocimiento de voz.....	53
3.7.1.1.	Elección del módulo.....	55
3.7.1.2.	Especificaciones del módulo EasyVR 3.0 .....	56
3.7.1.3.	Conexión del Módulo EasyVR y la placa Arduino UNO .....	57
3.7.1.4.	Configuración del módulo de reconocimiento de voz EasyVR .....	57
3.7.1.4.1.	Creación de pistas de audio.....	58
3.7.1.4.2.	Crear tabla de audio .....	59
3.7.1.4.3.	Subir tabla de audio a EasyVR.....	62
3.7.1.4.4.	Grabar comandos de reconocimiento de voz .....	64
3.7.2.	Matriz de Lectura .....	65
3.7.3.	Mecanismo de movimiento de zona de Lectura .....	65
3.8.	BLOQUE DE ESCRITURA .....	70
3.8.1.	Matrices de escritura .....	71

3.8.1.1.	Diagrama de conexión de zona de Escritura .....	74
3.8.2.	Bloque de Verificación .....	75
3.8.3.	Circuito de conexión .....	80
3.9.	<b>BLOQUE DE ALIMENTACIÓN</b> .....	83
3.9.1.	Consumo de energía de módulo EasyVR .....	83
3.9.2.	Consumo de energía de placa Arduino Uno .....	84
3.9.3.	Consumo de energía de servomotores .....	84
3.9.4.	Fuente de energía .....	84
3.10.	<b>DISEÑO DE SOFTWARE</b> .....	85
3.10.1.	Diagramas de Flujo .....	86
3.10.1.1.	Diagrama de flujo general.....	87
3.10.1.2.	Diagrama de flujo zona de Lectura .....	88
3.10.1.3.	Diagrama de flujo zona de Escritura.....	89
3.11.	Construcción del tablero electrónico .....	90
3.11.1.	Material para el diseño del tablero electrónico .....	90
3.11.2.	Diseño de estructura .....	91
3.11.3.	Construcción de los botones en forma de figuras geométricas .....	95
3.11.4.	Tablero terminado .....	95
3.12.	Costos del tablero electrónico.....	96
3.12.1.	Costos de Hardware .....	96
3.12.2.	Costos de Software.....	97

4.	CAPITULO IV: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....	98
4.1.	Prueba de funcionamiento del tablero electrónico .....	98
4.2.	Pruebas de funcionamiento del área de lectura en Proteus.....	101
4.3.	Pruebas de funcionamiento del área de escritura en Proteus.....	102
4.4.	Prueba de funcionamiento del tablero electrónico .....	104
4.4.1.	Pruebas del área de lectura.....	104
4.5.	Pruebas con niños de 5- 8 años.....	107
4.6.	RESULTADOS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO.....	113
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	116
5.1.	CONCLUSIONES .....	116
5.2.	RECOMENDACIONES .....	117
	Referencias Bibliográficas .....	118
	Glosario de Términos.....	121
	ANEXOS .....	123
	ANEXO 1: Datasheet Arduino UNO.....	123
	ANEXO 2: Datasheet EasyVR 3.0 .....	126
	ANEXO 3: Datasheet modulo Relay .....	132
	ANEXO 4: Datasheet Servo Motor .....	134
	ANEXO 5: Código del Tablero Electrónico.....	135
	ANEXO 6: Manual de usuario.....	149

**TABLA DE ILUSTRACIONES**

Figura 1: Persona con discapacidad visual cruzando la calle .....	8
Figura 2: Signo Generador.....	10
Figura 3: Representación del alfabeto en el Sistema Braille .....	11
Figura 4: Serie 1 del Sistema Braille .....	12
Figura 5: Serie 2 del sistema braille.....	12
Figura 6: Serie 3 del sistema braille.....	13
Figura 7: Serie 4 del sistema braille.....	13
Figura 8: Regleta y punzón.....	17
Figura 9: Máquina de escribir Perkins .....	18
Figura 10: Dispositivo Electrónico .....	18
Figura 11: Maquina de Thermoform .....	19
Figura 12: Niña sintiendo texturas.....	21
Figura 13: Niño sintiendo formas de objetos de diferente tamaño y textura.....	21
Figura 14: Rompecabezas con formas y relieves.....	22
Figura 15: Texturas con relieve y forma.....	23
Figura 16: Letras en sistema Braille .....	23
Figura 17: Aplicación de un sistema embebido.....	28
Figura 18: Estructura interna de un servo-motor .....	29
Figura 19: Movimiento de servomotores.....	30
Figura 20: Arquitectura de un microcontrolador. ....	30

Figura 21: Placas Arduino .....	34
Figura 22: Interfaz gráfica de Arduino .....	35
Figura 23: Ejemplo de una trama de comunicación serial .....	36
Figura 24: Aplicación con reconocimiento de voz .....	37
Figura 25: Funcionamiento general del tablero .....	42
Figura 26: Alfabeto del Sistema Braille .....	44
Figura 27: Diagrama de bloques del tablero electrónico .....	45
Figura 28: Diagrama de pines de Arduino UNO .....	49
Figura 29: Botón encendido/Apagado del tablero .....	51
Figura 30: Símbolo Generador .....	52
Figura 31: Diagrama de bloques de zona de Lectura.....	53
Figura 32: Diagrama de Bloques de Reconocimiento de voz.....	54
Figura 33: Conexión del EasyVR con placa Arduino.....	57
Figura 34: Creación de archivos de audio .....	59
Figura 35: Creación de una tabla de audio .....	59
Figura 36: Archivos a comprimir.....	60
Figura 37: Selección de formato de compresión de audio.....	61
Figura 38: Construcción del archivo de pistas.....	62
Figura 39: Asignación del puerto Com del EasyVr.....	63
Figura 40: Descarga de audios compresos.....	63
Figura 41: Sistema que conforma la matriz de lectura .....	65

Figura 42: Demostración de modo Lectura/Escritura del Sistema Braille .....	66
Figura 43: Diagrama del circuito zona de lectura.....	67
Figura 44: Diagrama esquemático de área de lectura .....	68
Figura 45: Mecanismo de movimiento de zona de lectura .....	69
Figura 46: Placa de Servomotores .....	69
Figura 47: Diseño del circuito de la matriz.....	72
Figura 48: Diseño del circuito de zona de escritura.....	73
Figura 49: Diagrama de conexiones del Teclado resistivo .....	74
Figura 50: Placa bloque de Escritura .....	75
Figura 51: Botones de control.....	76
Figura 52: Diagrama de circuito de Bloque de control.....	76
Figura 53: Diagrama esquemático de conexión de Arduino UNO con botones de control.....	77
Figura 54: Placa bloque de Verificación.....	77
Figura 55: Imagen del botón para acceder al modo Lectura.....	79
Figura 56: Imagen del botón para enviar caracteres .....	79
Figura 57: Imagen del botón para enviar y verificar palabras .....	80
Figura 58: Simulación del sistema en Proteus .....	81
Figura 59: Diagrama de circuito total del tablero .....	82
Figura 60: Diseño de fuente de alimentación de micro-servos.....	85
Figura 61: Diagrama de flujo del Bloque de Procesamiento .....	87

Figura 62: Diagrama de flujo del Bloque de Lectura .....	88
Figura 63: Diagrama de flujo del Bloque de Escritura .....	89
Figura 64: Diseño de estructura externa .....	91
Figura 65: Diseño de ubicación de elementos de la tapa superior.....	92
Figura 66: Elaboración de caja para el sistema electrónico.....	93
Figura 67: Ensamblaje de elementos .....	93
Figura 68: Tapa superior armada .....	94
Figura 69: Ensamblaje de elementos en caja interna.....	94
Figura 70: Botones de figuras geométricas.....	95
Figura 71: Tablero electrónico terminado .....	96
Figura 72: Prueba de simulación área de lectura .....	102
Figura 73: Prueba en Proteus de área de escritura .....	103
Figura 74: Prueba ambiente sin ruido .....	104
Figura 75: Prueba ambiente con poco ruido .....	105
Figura 76: Prueba ambiente ruidoso .....	106
Figura 77: Practica Usuario 1 .....	109
Figura 78: Prueba Usuario 1 .....	109
Figura 79: Practica usuario 2 .....	110
Figura 80: Prueba usuario 2.....	110
Figura 81: Practica usuario 3 .....	111
Figura 82: Resultados de Usuario 3.....	111



Figura 83: Comparativo de tiempo de enseñanza de Lectura.....	114
Figura 84: Comparativo de tiempo de enseñanza de Escritura.....	115
Figura 85: Botón de inicialización del sistema.....	149
Figura 86: Selección de áreas Lectura/Escritura.....	150
Figura 87: Especificaciones de zona de Lectura.....	151
Figura 88: Especificaciones de zona de Escritura .....	152

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Comparativa de elementos programables.....	48
<b>Tabla 2:</b> Características Arduino UNO.....	49
<b>Tabla 3:</b> Comparativa de reconocimiento de voz .....	55
<b>Tabla 4:</b> Pistas de audio cargadas en el módulo de reconocimiento de voz .....	64
<b>Tabla 5:</b> Palabras generadoras del tablero .....	70
<b>Tabla 6:</b> Valores de pines análogos .....	72
<b>Tabla 7:</b> Consumo de corriente del módulo Easyvr.....	83
<b>Tabla 8:</b> Consumo de energía de placa arduino Uno.....	84
Tabla 9: Comparativa de materiales para tablero .....	90
<b>Tabla 10:</b> Costos se Hardware .....	96
<b>Tabla 11:</b> Costos de Software .....	97
<b>Tabla 12:</b> Pruebas de funcionamiento del tablero.....	100
<b>Tabla 13:</b> Prueba área de lectura.....	101
<b>Tabla 14:</b> Funcionamiento área de escritura .....	102
<b>Tabla 15:</b> Prueba en diferentes Ambientes .....	106
<b>Tabla 16:</b> Resultados de pruebas con tres usuarios .....	107
<b>Tabla 17:</b> Prueba de reconocimiento de fonemas .....	112
<b>Tabla 18:</b> Fiabilidad del Tablero.....	113

## RESUMEN

Las personas con discapacidad visual requieren una educación específica, la misma que logre sustentar sus necesidades y permita desarrollar sus habilidades. Con la finalidad de que logren integrarse a la sociedad de forma participativa y en igualdad de condiciones. Por lo cual es necesario la creación de proyectos de enseñanza específicos y definidos de acuerdo con sus necesidades.

Este trabajo tiene como finalidad desarrollar un tablero electrónico de lectura y escritura Braille que cumpla con las necesidades y exigencias especiales de los niños con discapacidad visual, el cual permita enseñar el alfabeto por medio de símbolos o caracteres que se identifican en el Sistema Braille; este sistema no incluye números ni caracteres especiales como letras tildadas.

En el área de lectura se analizará una matriz de tres por dos que identifica a una letra en el sistema Braille, en el cual a través del sistema de reconocimiento de voz las personas con discapacidad visual pronuncien una letra y se genere el código que simboliza a la letra solicitada a través de un relieve, lo cual permita identificar el carácter al tocar la matriz.

El área de escritura tendrá 11 palabras de aprendizaje básicas que son las primeras que los niños aprenden en las instituciones educativas, las cuales se encontrarán pregrabadas; se reproducirán de manera aleatoria y deletrearán cada palabra luego de recibir la instrucción. Además, serán digitadas en las matrices y se procederá a verificar si la escritura es correcta o incorrecta a través de una señal audible.

El tablero desarrollado ayudara a que el aprendizaje del Lenguaje Braille sea más interactivo, dejando atrás la manera tradicional. Los principales beneficiarios de este proyecto serán los niños de 5 a 7 años que presentan discapacidad visual, los mismos que se encuentran iniciando su etapa de escolaridad.

## ABSTRACT

People with visual disabilities require a specific education, one that manages to support their needs and allows them to develop their skills. Therefore, they could integrate into society in a participatory way and under equal conditions. For this reason, it is necessary to create specific teaching projects defined according to their needs.

The purpose of this work is to develop an electronic Braille reading and writing board to meet the special needs and demands of children with visual disabilities, to allow the teaching of the alphabet by means of symbols or characters identified in the Braille System, this system does not include numbers or special characters as acute letters.

In the reading area, a three-by-two matrix will be analyzed to identify a letter in the Braille system, through a voice recognition system, people with visual impairment will pronounce a letter and generate the code that symbolizes the requested letter through a relief, which allows to identify the character when the matrix is touched.

The writing area will have 11 basic learning words that are the first ones that children learn in educational institutions, which will be prerecorded; they will be reproduced randomly and spell each word after receiving the instruction. They will also be typed in the matrixes and will proceed to verify if the writing is correct or incorrect through an audible signal.

This board will help the learning of the Braille language more interactively, leaving behind the traditional way. The main beneficiaries of this project will be children aged from 5 to 7 years who have visual disabilities, or who are starting their education.

## **1 CAPITULO I: ANTECEDENTES**

En este capítulo se hablará sobre el problema que ha llevado a cabo, esta idea para el presente trabajo de grado, donde se ha realizado un análisis de las personas que sufren discapacidad visual, y como es el tipo de educación que requiere una persona con esta invalidez, de igual manera se plantea el diseño de un tablero de lecto-escritura con el sistema braille.

### **1.1 PROBLEMA**

En el país existen alrededor de 450000 personas con discapacidad de los cuales solo en la provincia de Imbabura se encuentran alrededor de 12000 que sería equivalente al 2.67% de la población, de este porcentaje de personas alrededor de 620 de ellas asiste a un centro de educación regular según el Ministerio de Educación y otras 179 asisten a centros de educación especial. (Discapacidades, 2016)

En el Ecuador aproximadamente 50000 personas sufren de discapacidad visual según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS), estas cifras son registros tomados en octubre del 2016, la discapacidad se puede presentar por enfermedades, por herencia genética por problemas ocurridos durante el nacimiento o en el caso de haber tenido algún tipo de accidente (Cazar, 2016).

En los últimos años en el país se ha hecho un énfasis en la educación para personas con discapacidad por lo que en las instituciones educativas se da una atención exclusiva a los niños y jóvenes con capacidades especiales, sin embargo, es necesario

considerar que se requiere capacitaciones de parte de los docentes y también material didáctico exclusivo y original que ayude al desarrollo de las capacidades intelectuales de estos grupos, en especial a los niños con discapacidad visual puesto que tienen que desarrollar más habilidades y destrezas.

Las personas con discapacidad visual necesitan una educación especial que pueda sustentar sus necesidades de desarrollo de sus habilidades y eficacia con el fin de que se puedan integrar a la sociedad de forma participativa y en iguales condiciones, por lo cual es necesario la creación de proyectos de enseñanza específicos y definidos de acuerdo con sus necesidades.

Por otro lado, hay que tomar en cuenta que quienes presentan discapacidad visual manejan el sistema Braille como lenguaje de lecto-escritura, el cual por medio de una regleta y un punzón pueden poner marcas o señales con relieve a las hojas en forma de puntos que simbolizan las letras del abecedario; gracias a este sistema ellos tienen la oportunidad de escribir, comprender textos y tener una comunicación escrita con otras personas.

Actualmente los centros de capacitación pedagógica de personas con discapacidad visual no cuentan con herramientas o material didáctico que les permita realizar una enseñanza más interactiva, debido a que la mayoría de elementos tecnológicos desarrollados, tales como computadoras, impresoras, etc. están enfocados a personas que ya conocen o interpretan el lenguaje Braille, mas no a la enseñanza del mismo.

Por lo tanto, es necesario diseñar programas específicos que ayuden a las personas con discapacidad visual a tener variedad de formas de enseñanza como juegos de aprendizaje, software, aplicaciones, etc., que fortalezcan su desempeño intelectual y sea una motivación para que se no se sientan como un grupo vulnerable y más bien haya una inclusión social y en buenas condiciones.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Construir un prototipo de tablero electrónico interactivo para la lectura y escritura del lenguaje Braille orientado a niños con discapacidad visual.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Analizar información bibliográfica respecto a la lectura y escritura del lenguaje Braille, para establecer los requerimientos de diseño.
- Desarrollar un tablero electrónico para lectura y escritura del lenguaje Braille.
- Realizar pruebas de funcionamiento del tablero electrónico.

## **1.3 ALCANCE**

El presente trabajo tiene como finalidad desarrollar un tablero electrónico de lectura y escritura Braille que cumpla con las necesidades y exigencias especiales de los niños con discapacidad visual, el cual permita enseñar el alfabeto por medio de símbolos o caracteres que se identifican en el Sistema Braille, estará orientado a niños

que inician su etapa de aprendizaje del mismo, este sistema no incluye números ni caracteres especiales como letras tildadas.

El prototipo constará de dos partes, la primera parte será orientada a la lectura; en la misma se analizará una matriz de tres por dos que identifica a una letra en el sistema Braille, para que por medio del sistema de reconocimiento de voz las personas con discapacidad visual pronuncien una letra y se genere el código que representa a la misma, el cual será representado en la matriz del tablero a través de un relieve o textura, lo cual permita identificar la letra cuando toquen la matriz.

En el área de escritura se tendrá entre 10 y 15 palabras de aprendizaje básicas que son las primeras que los niños aprenden en las instituciones educativas, las cuales se encontrarán pregrabadas, se reproducirán de manera aleatoria y deletreada cada palabra luego de recibir la instrucción, para que posteriormente sean digitadas en las matrices y una vez terminado de escribir, se procese la información y se verifique si la escritura es correcta o incorrecta a través de una señal audible.

Se ejecutará pruebas de funcionamiento del prototipo de tablero electrónico, con niños que presenten discapacidad visual con el objetivo de comprobar que se encuentre en buen desempeño.

#### **1.4 JUSTIFICACION**

Dentro de la constitución de la república en los artículos 47, 48 y 49 se hace mención a los derechos de los grupos prioritarios o personas con capacidades



especiales, en especial a la inclusión en la educación que señala que las personas con discapacidad pueden estudiar en instituciones educativas con igualdad de condiciones.

La Agenda Nacional para la igualdad en Discapacidades establece que los planteles regulares incorporen un trato diferenciado y la atención especial a la educación especializada, creación de centros educativos y programas que permitan desarrollar sus potencialidades y destrezas, además; el acceso a medios, mecanismos y formas alternativas de comunicación, entre ellos el lenguaje de señas para personas sordas, el oralismo y el sistema Braille. (CONADIS, 2016)

Hoy en día los diferentes dispositivos electrónicos enfocados a las personas que presentan discapacidad visual han tomado gran importancia e impacto en sus vidas, debido a que contribuyen a mejorar su educación, comunicación y con ello su calidad de vida.

La concientización a la sociedad realizada por parte de organizaciones a nivel mundial sobre las diversas dificultades que las personas con discapacidad visual presentan, ha hecho que la tecnología se enfoque a desarrollar diversos dispositivos que ayuden a mejorar la calidad de vida de las personas que presentan esta dificultad.

El tablero electrónico que se va a desarrollar ayudara a que el aprendizaje del Lenguaje Braille sea más interactivo para los niños, dejando a tras la manera tradicional. Los principales beneficiarios de este proyecto serán los niños que presentan discapacidad visual, que se encuentran iniciando el aprendizaje, la representación e

interpretación de los diferentes símbolos que abarca el código Braille, lo cual conllevará a optimizar su comunicación, mejorando su estilo de vida.

## **2 CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se trataran conceptos principales, se hablara acerca de las personas con discapacidad visual, donde se verá los tipos o grados de discapacidad visual, sistema Braille que es el lenguaje o el medio de comunicación de las personas no videntes, cómo funciona el método de lectura Braille y cómo se maneja el método de escritura del Sistema Braille; para lo cual es importante identificar cuáles son los factores que pueden intervenir en el aprendizaje del Sistema Braille, sabiendo los métodos de enseñanza Braille. Posteriormente se indica conceptos de tflotecnología y dispositivos electrónicos que puedan ayudar a la educación de las personas con discapacidad visual, finalmente se realizara un sistema embebido que reconozca la voz en un prototipo de tablero electrónico y que también permita realizar lecturas de letras enfocadas en el sistema Braille y el alfabeto.

### **2.1 DEFICIENCIA VISUAL**

La deficiencia visual puede ser una baja visión que no puede ser corregida por lentes, tratamientos o inclusive la cirugía; por consiguiente, esto interfiere en el desempeño de actividades cotidianas de las personas que la presentan (News Medical Life Sciences, 2012). En la figura 1 se puede apreciar a una persona con discapacidad visual que tiene dificultades al cruzar la calle.



*Figura 1: Persona con discapacidad visual cruzando la calle*

Fuente: <https://rehabilitat.wordpress.com/tag/discapacidad-visual/>

Este tipo de discapacidad puede presentarse por dos tipos de factores los cuales son:

- **Factores Internos:** esto puede estar vinculado directamente a la herencia que es igual a la transmisión de padres a hijos, por problemas de genética o a su vez puede estar relacionado con el instante de la fecundación.
- **Factores Externos:** Al hablar de factores externos, estos pueden ser los que podemos encontrar en el medio ambiente como radiaciones solares, sustancias químicas o tóxicas, e incluso dificultades que se pudieron presentar en el momento del alumbramiento, también puede ser una causa las enfermedades de transmisión sexual.

## 2.2 DISCAPACIDAD VISUAL

La discapacidad visual se refiere a una disminución de la visión que se clasifica dependiendo el grado de pérdida visual que puede presentar una persona. (ONCE, 2018)

- **Discapacidad Visual Moderada:**

Las personas que sufren de esta discapacidad, pueden alcanzar a distinguir objetos de gran tamaño, pero para lo cual requieren de ayuda especial y de una adecuada iluminación. Por estos motivos pueden aprender a escribir o también optar por el sistema Braille. (De Bode, 2017)

- **Discapacidad Visual severa:**

Las personas con este tipo de discapacidad realizan actividades visuales poco exactas, distinguen la luz, pero es necesario adecuaciones, ayudas y modificaciones para un mejor desempeño de tareas. Requieren aprender el Sistema Braille. (Sánchez Caballero, 2018)

- **Discapacidad Visual profunda:**

Este tipo de individuos tienen bastante dificultad para desempeñar tareas que necesitan visión detallada. Estas personas tienen pérdidas de visión bastantes severas.

- **Ceguera:**

Es la falta de visión o en algunos casos personas que pueden percibir la luz. Pero por esta carencia es imposible realizar labores cotidianas

En el mundo existe alrededor de 285 millones de personas que poseen discapacidad visual, de este grupo al menos 39 millones tienen ceguera y el resto tienen baja visión según cifras de la Organización Mundial de Salud (Medicinas y Salud , 2017)

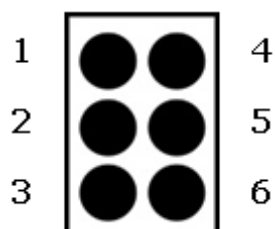
## 2.3 LENGUAJE BRAILLE

Las personas con esta discapacidad necesitan atenciones especiales, es decir en la educación manejan el sistema Braille

### 2.3.1. Sistema Braille

El braille es un sistema de lectura y escritura táctil, el mismo que fue pensado para personas con discapacidad visual o ceguera, basado en la combinación de seis puntos con relieve, dispuesto en dos columnas verticales y paralelas de tres puntos cada una. (Sánchez, y otros, 2015)

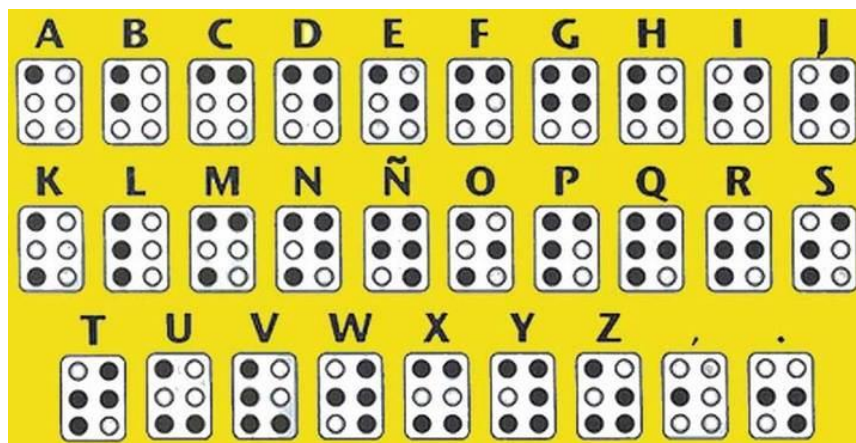
Dicho sistema se encuentra establecido por la combinación de seis puntos, los cuales forman el signo generador, los mismos que se encuentran distribuidos en distintas posiciones dentro de un pequeño espacio rectangular, el cual se denomina celdilla.



*Figura 2: Signo Generador*

**Fuente:**[http://agrega.educacion.es/repositorio/22052014/28/es\\_2014052212\\_9151631/signo\\_generador.html](http://agrega.educacion.es/repositorio/22052014/28/es_2014052212_9151631/signo_generador.html)

Las diferentes combinaciones de estos seis puntos dan lugar a 64 signos, logrando de esta manera representar todas las letras del abecedario, los números y signos de puntuación. En la figura 3 se representa el abecedario en el sistema braille.



*Figura 3: Representación del alfabeto en el Sistema Braille*

**Fuente:** <http://www.guiamarilladeformosa.com/biografia-de-luis-braille.html>

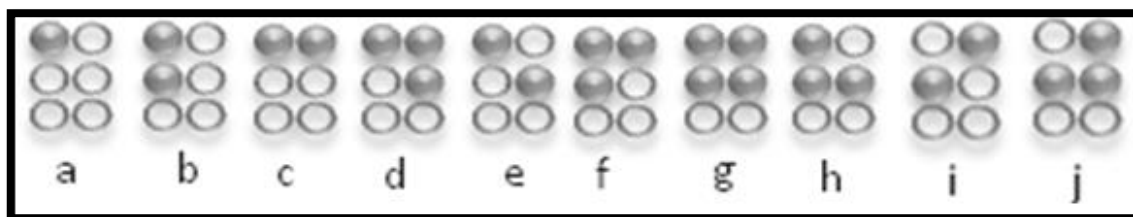
### 2.3.2. Estructura del Sistema Braille

Como se puede observar en la figura 4 a cada uno de los puntos del signo generador se le ha asignado un número, los números 1, 2 y 3 son asignados a los tres primeros puntos de la columna izquierda de arriba abajo, los números 4, 5 y 6 corresponden a los puntos de la columna derecha. (Sánchez, y otros, 2015)

El sistema braille fue diseñado y distribuido por Luis Braille, quien organizó el sistema en siete series, como serán expuestas a continuación.

- **Serie 1**

Las 10 primeras letras del abecedario están representadas por las 10 combinaciones de los 4 primeros puntos de la parte superior (1, 2, 4 y 5). En la figura 4 se muestra la serie 1 del sistema braille, que equivale a las primeras letras del alfabeto.

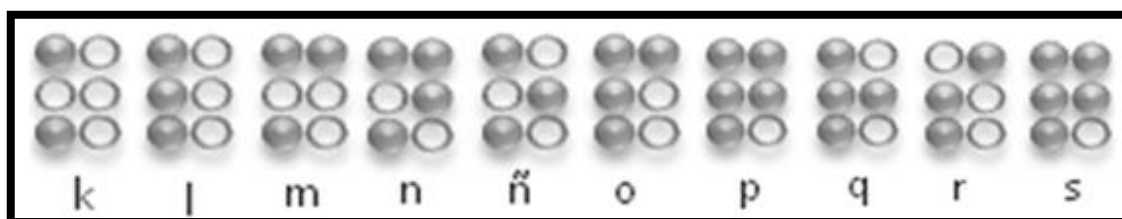


*Figura 4: Serie 1 del Sistema Braille*

**Fuente:** Elaborado por el autor

- **Serie 2**

Las siguientes 10 letras del alfabeto están representadas con la serie anterior más el punto 3, es decir estará representada por los puntos 1, 2, 3, 4 y 5. En esta serie debería estar representada la letra ñ, pero hay que tomar en cuenta que el diseñador del sistema braille era francés y la letra ñ no es parte del alfabeto francés. En la figura 5 se muestran las siguientes 10 letras del alfabeto, representadas en el sistema braille por la serie 2.



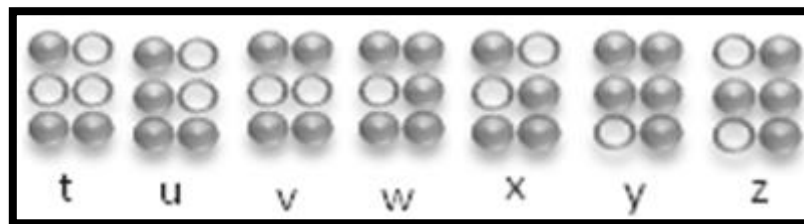
*Figura 5: Serie 2 del sistema braille.*

**Fuente:** Elaborado por el autor

- **Serie 3**

Las siguientes letras del alfabeto están representadas por la combinación de los seis puntos del signo generador. En la figura 6 se encuentran representada la serie 3.



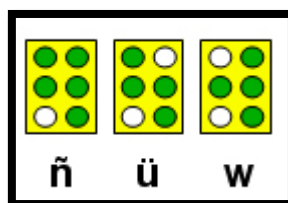


*Figura 6: Serie 3 del sistema braille.*

**Fuente:** Elaborado por el autor

- **Serie 4**

Esta serie está formada por los elementos de la serie 1 y el punto 6, es decir los puntos 1, 2, 4, 5 y 6, en la cual se representa los signos propios del francés. En la figura # se representan las letras que nos interesa en el alfabeto español.



*Figura 7: Serie 4 del sistema braille.*

Fuente: [http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad\\_5/m5\\_estructura\\_sistema.htm](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_5/m5_estructura_sistema.htm)

### 2.3.3. Grados del Sistema Braille

El sistema Braille consta de algunos grados, como se puede ver a continuación:

- **Grado Uno:** Este grado no tomaba en cuenta las contracciones y contaba con 180 reglas, constaba del alfabeto a excepción de la letra “ñ”. Esta es la forma básica de enseñanza para una persona no vidente porque se realiza letra a letra, esto hace que cada símbolo sea fácilmente identificado, este es un proceso muy meticuloso. (Miller & Rash, 2010)

- **Grado Dos:** Es más complicado que el grado uno, se usan palabras completas con todas sus contracciones, cuenta con 450 reglas; aquí se encuentran incluidos prefijos, sufijos y está diseñado para disminuir espacio. Los libros se publican con mayor cantidad en grado 2. (Miller & Rash, 2010)
- **Grado Tres:** Este grado es el más difícil de los demás, puesto que aquí hay palabras abreviadas o inclusive cortas oraciones, lo que hace más difícil la comprensión e identificación de símbolos para una persona no vidente

#### **2.3.4. Métodos de enseñanza del Sistema Braille**

En el medio existen varios métodos que pueden facilitar la enseñanza del sistema Braille, a continuación, se detallaran algunos de ellos.

##### **2.3.4.1. Método Alborada**

Es un método que utiliza una cartilla para la lectura, es bastante motivador para alumnos de edades adultas, desde el primer día que se inicie el método es posible leer palabras e incluso frases con sentido. Esta técnica es muy fácil de usar, presenta en un orden lógico, utiliza las letras del abecedario, signos de admiración e interrogación, algunos signos de puntuación, vocales acentuadas. (Ministerio de Educación de España, 2017)

#### **2.3.4.2. Método el tornillo**

Esta metodología está dirigida para niños, toma en cuenta el sentido del tacto y es posible formar palabras y frases pequeñas. Además, los materiales que se utilizan tienen relieve. Para que haya más claridad o facilidad de entendimiento de los símbolos se dejan dos espacios entre letras y en el cambio de línea también. Es posible representar las letras del alfabeto incluyendo letras dobles, vocales tildadas, símbolo de mayúscula, punto.

Este método cuenta con una secuencia donde se empieza presentando las letras que son más fáciles de distinguir al contacto, de seguido con las letras con las que existen dificultades con la fonética y se procura no unir las letras simétricas.

Como en todo método se puede analizar que nos brindan diferentes medios para incidir en la capacidad lectora de las personas con discapacidad visual e intenta a la vez no perder la motivación de los niños hacia la lectura.

En lo que ha inclusión educativa se refiere, al momento de tomar esta decisión el tutor del niño debe tener el compromiso de realizar ajustes en su planificación y adaptarla de acuerdo a las necesidades del niño. (Ministerio de Educación de España, 2017)

#### **2.3.4.3. Método Pérgamo**

En este método primero se pueden encontrar a las vocales, seguido de algunas letras con símbolo de mayúsculas, signos de puntuación a continuación se puede apreciar las letras que comúnmente no son muy usadas y por último se puede apreciar sílabas dobles. Antes de empezar con el aprendizaje se realiza ejercicios previos donde se

puede ubicar las letras con su respectiva representación y que el cerebro recuerde como representar los símbolos del sistema

#### **2.3.4.4. Método Bliseo**

El método de Bliseo es más usado por personas adultas, donde el modo de uso es teniendo en cuenta el signo generador. Primero se introduce la serie °1 que como ya se analizó previamente esta serie comprende desde la letra “a” hasta “j”, y así se van introduciendo serie por serie.

- Serie 1: letras desde la “a” hasta la “j”
- Serie 2: letras desde la “k” hasta la “t”
- Serie 3: letras desde la “u” hasta la “z”

#### **2.3.4.5. Método Punto a punto**

Este tipo de método solo puede ser usado en dos tipos de idiomas, que son el castellano y el catalán; está dividido en dos series, en la primera serie está el programa de pre-lectura/ pre-escritura y en la segunda serie se dedica netamente a la enseñanza del sistema Braille.

- **Serie 1:**  
Para la lectura la propuesta son varios ejercicios como palpar formas geométricas, objetos con relieve, brindándoles motivación a los niños para que puedan desarrollar la identificación de objetos, y una vez cubiertas estas inquietudes basarse netamente en el signo generador.

- **Serie 2:**

En esta serie se realiza ejercicios de identificación, discriminación, etc. y se empieza a tratar las letras del alfabeto. Se aprende a leer silabas, palabras y se termina con frases, se puede ver el símbolo de las letras mayúsculas, además han sido introducidos los números de 0-9 (Ministerio de Educación de España, 2017)

### 2.3.5. Herramientas de enseñanzas Braille

Aquí se detallan algunas herramientas que facilitan la lectura y escritura del sistema Braille. Que vienen desde la forma manual, o incluso es posible hacer el uso de maquinas

- **Enseñanza manual**

Hace ya varios años la enseñanza se realizaba manualmente, esto equivale a usar un punzón, junto con una pauta, cuando una persona con discapacidad visual ya sabía este método era posible seguir a la máquina del punto.

Para este método se coloca una hoja en pauta y se procede a realizar perforaciones con el punzón.



*Figura 8: Regleta y punzón*

**Fuente:**

<http://www.once.es/otros/sordoceguera/HTML/capitulo12apendicedebraille.htm>

- **Máquina de escribir:**

Esta herramienta es posible encontrarla en la actualidad y facilita la lectura y escritura, como se puede observar en la imagen la maquina tiene palancas que perforan el papel. Una ventaja muy especial es que se puede escribir y leer del mismo lado, de izquierda a derecha.



*Figura 9: Máquina de escribir Perkins*

**Fuente:**

<http://www.once.es/otros/sordoceguera/HTML/capitulo12apendicedebraille.htm>

- **Braille Speak**

Es una herramienta bastante sobresaliente, se puede escuchar y tiene también teclas en alta relieve, también es posible conectarse a una Pc y crear ficheros.



*Figura 10: Dispositivo Electrónico*

**Fuente:** <http://aulatiflolarioja.blogspot.com/2012/07/braille-hablado.html>

### 2.3.6. Soporte Informático

Existen sistemas electrónicos que contribuyen a una favorable adaptación de las personas con discapacidad visual, es el caso de:

- **Thermoform**

Este instrumento hace posible sacar copias en un texto Braille, es decir con relieve, las hojas que se usan para este dispositivo son plásticas se aplica calor y eso es suficiente. A continuación, se puede apreciar el aparato eléctrico. (Blas Sánchez, 2017)



*Figura 11: Maquina de Thermoform*

**Fuente:**

[http://www.once.es/otros/sordoceguera/HTML/capitulo12apendicedebraille.h  
tm](http://www.once.es/otros/sordoceguera/HTML/capitulo12apendicedebraille.htm)

### **2.3.7. Tipos de Aprendizaje de un niño con discapacidad visual**

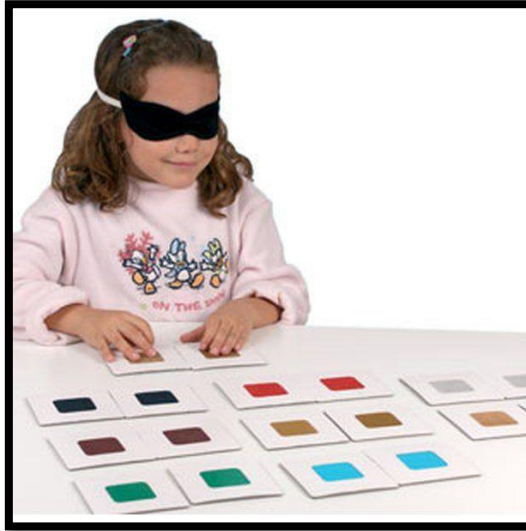
Un punto indispensable es conocer la edad en la que una persona puede comenzar aprender el Sistema Braille, según médicos afirman cualquier edad es propicia para inicializarse en el aprendizaje, tomando en cuenta que hay niños que nacen con discapacidad visual, mientras que otras personas pueden adquirir esta deficiencia.

#### ***2.3.7.1. Aprendizaje Táctil***

En el caso del aprendizaje en niños/as con discapacidad visual es necesario tener mayor atención, siendo más específicos y estableciendo un tipo de aprendizaje puntual. A continuación, se tratará sobre la secuencia del aprendizaje y etapas en niños con ceguera o baja visión. (Valdez V., 2017)

- **Conocimiento y Atención:** Por medio del desarrollo táctil los niños empiezan a interesarse y despiertan su atención, comenzando así a diferenciar entre texturas, formas, temperaturas; diferenciando entre materiales suaves, blandos, ásperos o rígidos con lo que ya es capaz de darse cuenta de la consistencia de cada elemento dándose cuenta que algunos objetos pueden deformarse y otros no.





*Figura 12: Niña sintiendo texturas*

Fuente: <https://www.pinterest.com/lauramonsalvef/discapacidad-visual/>

- **Estructura y Forma:** Cuando un niño con discapacidad visual sostiene un objeto puede relacionar las estructuras o características elementales de un cuerpo, como peso, tamaño y texturas, con esta información el niño interactúa y en esta fase la máxima información se logra de las cosas más comunes y cotidianas como de los zapatos, tazas, botellas, ropa, etc., entonces ya puede relacionar los objetos con un nombre.



*Figura 13: Niño sintiendo formas de objetos de diferente tamaño y textura*

Fuente: <https://www.pinterest.com/lauramonsalvef/discapacidad-visual/>

- **Relación de las partes al todo:** al pasar de la etapa cuando ya pueden identificar un cuerpo con su nombre, es necesario que aprendan las partes de un todo, es decir, que puedan armar y desarmar un objeto como bloques, cerraduras. También se realizan ejercicios de identificación de texturas o que clasifique objetos con formas iguales.



*Figura 14: Rompecabezas con formas y relieves*  
Fuente: <http://www.juguetes.es/comprar/encajable-silueta/>

- **Representaciones gráficas:** los niños deben interactuar con formas en dos dimensiones, con relieve, curvas, como formas geométricas es importante que el conocimiento se realice en porciones que el niño pueda captar, no hay que sobrecargar de información puesto que podemos saturar las ideas que hay captado.

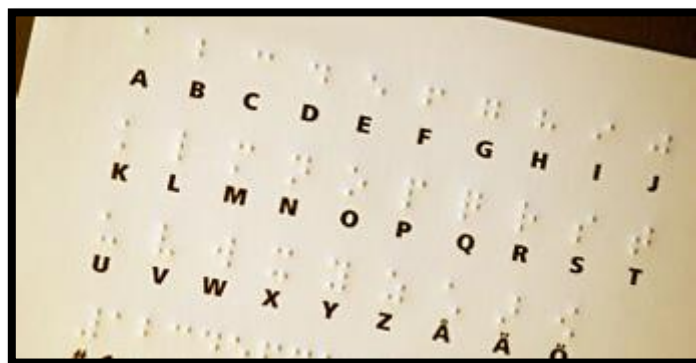


*Figura 15: Texturas con relieve y forma*

Fuente: <http://estrategiasdiscapacidadvisual.blogspot.com/2015/11/blog-de-estrategias-pedagogicas-para-la.html>

- **Símbolos Braille:**

Es la etapa del desarrollo táctil más avanzada puesto que se refiere a la lectura y escritura, donde el niño tiene que identificar y discriminar símbolos, tiene sentir las texturas de los puntos y en base a eso asociar con la letra que tenga identificada en su cerebro, por lo cual tiene asociar memorizar e identificar.



*Figura 16: Letras en sistema Braille*

Fuente: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/b/braille.htm>

### 2.3.7.2. *Aprendizaje y Desarrollo Auditivo*

El ser humano tiene poca capacidad física de controlar el sistema auditivo, ya que hay sonidos que se presentan en la naturaleza a todo momento, lo que es importante diferenciar entre un sonido común o un sonido importante que sea necesario reconocer, por eso tiene que ejercitarse mentalmente y seleccionar los sonidos.

En las personas con discapacidad visual el desarrollo auditivo debe estar directamente ligado con el lenguaje y usar el oído como el medio que va a actuar para aprender; desarrollando habilidades auditivas con el lenguaje y así aumentando el desarrollo del pensamiento. (Valdez V., 2017)

- **Sonidos del Medio:** en este nivel el niño puede sentir asombro e incluso susto por percibir sonidos que no estaba esperando y se le presentaron, algunos pueden sonar perturbadores. El infante debe empezar a escuchar sonidos agradables, que le relajen haciéndole sentir a gusto, como música o la voz de sus familiares y personas de su medio.

El bebé debe tener contacto verbal de sus padres, caso contrario con el paso de los años el niño se aislaría porque no reconocería ni la voz humana

- **Sonidos Específicos:** Estar junto a sus familiares y que ellos le hablen va a lograr que el niño intente imitarlos y también ver si el niño responde a los llamados moviendo la cabeza. Los juguetes con sonidos
- **Discriminación de Sonidos:** En esta etapa el niño puede diferenciar entre la voz de una nota musical y sonidos de algún familiar. El niño puede identificar de donde se genera el sonido, el sistema auditivo va a empezar a reemplazar a la vista, por esta razón son muy importantes los ejercicios sonoros.

- **Interpretar instrucciones verbales:** En este ciclo el niño va a empezar a componer su propio lenguaje, sin embargo, en algunas ocasiones puede confundir el objeto con la palabra con la que él le identifica, los padres deben realizar el mayor tiempo posible ejercicios de identificación de elementos relacionándolos con una fuente sonora.
- **Habilidades Auditivas:** el niño ingresara en el sistema educativo por lo que su sistema auditivo será el encargado de percibir todos los conocimientos que el niño vaya adquiriendo. Logrando esto, el niño puede empezar a desarrollar su desarrollo cognitivo.

#### ***2.3.7.3. Aprendizaje y Desarrollo cognitivo***

Los niños con discapacidad visual y ceguera no tienen un canal estrechamente relacionado entre el pensamiento abstracto y el significado real de la palabra. Es por esto que, si se compara a un niño sin discapacidad a un niño ciego, esta persona tiene más dificultades a la hora de definir una palabra, aunque los dos tengan la misma edad.

Cabe recalcar que es de suma importancia que el niño con ceguera debe identificar los objetos y sonidos con claridad, ya que esto permitirá que el niño se desempeñe mejor en el medio.

#### ***2.3.6.4. Aprendizaje y Desarrollo visual***

En los niños que no tienen ceguera total es decir presentan algún grado de discapacidad visual tienen que ser motivados a usar el porcentaje de visión que tienen, ya que el ojo es un músculo que si no se le da uso puede quedar inservible

- **Habilidades visuales:** Si el niño con discapacidad visual realiza continuamente ejercicios que ayudan al uso de sus ojos, podrá desarrollar más habilidades sobre ellos, sin embargo, tomando en cuenta que el niño tiene algún grado de pérdida visual, hay que seguir trabajando para que desarrolle todos sus sentidos.
- **Desarrollo perceptivo visual:** Si tomamos en cuenta el punto de percepción visual de un niño, hay que decir que tiene que haber un trabajo de formas, donde el niño realice ejercicios enfocando sus ojos en un objeto y pueda seguirle con esto se lograría que el niño pueda concentrarse en la forma.

Como se había mencionado el niño debe manipular diferentes texturas, relieves y formas, puesto que manipulando y palpando, se va a sentir más asociado con ella; con lo que se creará un buen ambiente para el niño y el tendrá más entusiasmo en explorar objetos nuevos y familiarizarse con rapidez.

## 2.4. TIFLOTECNOLOGÍA

La tiflotecnología es la tecnología para personas ciegas o con discapacidad visual están creadas con el objetivo de eliminar barreras y brindar una mejor calidad de vida a estas personas. En el 2008 se creó este término donde “tifo” es ciego en lengua griega. (Doménech Riera, 2010)

Es el conjunto de conocimientos, técnicas y recursos que desean diseñar elementos o software que pueda beneficiar a personas ciegas, por medio del adecuado uso de la tecnología. Estos elementos electrónicos permiten una adaptación e integración de las personas ciegas a sus tareas cotidianas. (Martinez, 2017)

## 2.5. PALABRAS GENERADORAS

El desarrollo de la conciencia lingüística se inicia por medio de fonemas y palabras generadoras, que en la guía docente del Ministerio de Educación se establece por tres momentos en el proceso de enseñanza del alfabeto. Estos momentos son:

✓ Primer momento o Serie:

En esta serie se intenta relacionar las partes del cuerpo con la enseñanza de las palabras y por medio de los fonemas es así que se utiliza las palabras: mano, dedo, uña y pie.

✓ Segundo momento Serie

En esta serie se hace énfasis en el tema de los animales, por eso está representada por tres palabras, que son: lobo, rata, jirafa, gallo, donde se usan los fonemas /j/, /b/, /l/, /g/, /ll/.

✓ Tercer momento

En esta tercera serie se involucran palabras que se relacionan con los alimentos, como es: queso, leche.

Estas son las 9 palabras generadoras, que son la base que los niños tienen para empezar su aprendizaje, esta propuesta curricular, ha sido el resultado de investigaciones en las cuales se dice, que para lograr con éxito el proceso de alfabetización es importante que se inicie desde los sonidos o fonemas. (Ministerio de Educación, Lengua y Literatura 2° Grado Guía del Docente, 2016)

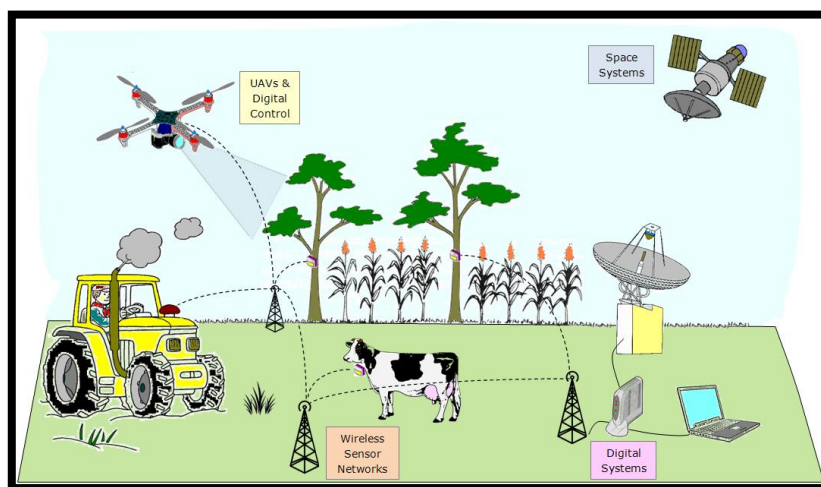
Por medio de estas palabras se incentiva a los niños a que hagan el ejercicio de identificar, reconocer y practicar los sonidos de las consonantes y vocales, es por esto que se eligió este método para implementar en este prototipo. En la zona de lectura se

puede pedir una letra y también escucharla, mientras que en la zona de escritura se va a utilizar las palabras generadoras.

Estas nueve palabras generadoras son la base para la enseñanza, aunque también es importante que las personas que están aprendiendo sepan que hay fonemas que tienen dos representaciones como es el caso de /b/ y /v/, por lo cual también se puede agregar dos palabras más que son: venado y bola, para que puedan notar que las palabras, aunque “ve” de venado y “bo” de bola suenan igual, su escritura se realiza con consonantes diferentes. (Ministerio de Educación, Lengua y Literatura 2° Grado Guía del Docente, 2016)

## 2.6. SISTEMAS EMBEBIDOS

Se denomina sistema embebido cuyo dispositivo se encapsula generalmente en una única tarjeta todo el hardware y software, los cuales están destinados a cumplir propósitos específicos, dichos elementos están encaminados a solucionar problemas de tiempo real. Generalmente estos sistemas se programan utilizando compiladores específicos, basados en lenguaje C o C++. (Dams, 2013)



*Figura 17: Aplicación de un sistema embebido*

Fuente: <http://laboratorios.fi.uba.ar/lse/areas.html#WSN>



### 2.6.1. SERVOMOTORES

Los servomotores son dispositivos electromecánicos, los cuales mediante la aplicación de una corriente permiten establecer un ángulo de desplazamiento y mantener una posición estática del eje, dicha posición puede variar dependiendo de la necesidad; la gran mayoría de estos están diseñados con un ángulo de giro que va de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ . Estos elementos están formados por un motor eléctrico de C.D, un sistema de engranajes, una resistencia variable y una tarjeta de control, todo confinado en una carcasa plástica. En la figura 18 se puede apreciar la estructura interna del servomotor. (Geoffrey & Nicolás, 2016).

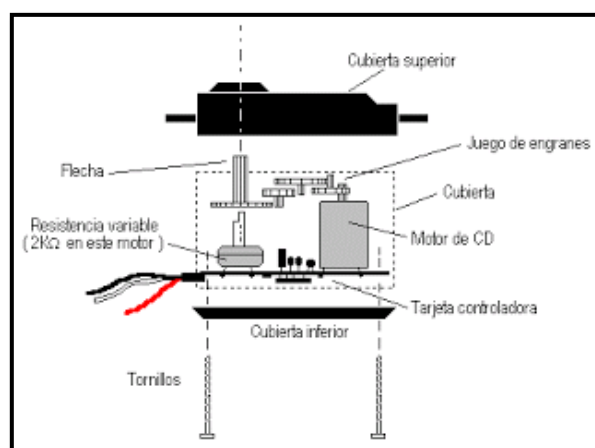


Figura 18: Estructura interna de un servo-motor

Fuente: <http://todoelectrodo.blogspot.com/2013/02/servomotor.html>

#### 2.6.1.1. CONTROL DE SERVOS CON PWM

La modulación por anchura de pulso, PWM (*Pulse Width Modulation*), es la manera por la cual se controlan los servomotores, el mismo que consiste en generar una onda cuadrada en la que variando el ancho del pulso se logra modificar la posición del servomotor. Los valores más comunes con pulsos están entre 1ms y 2ms de ancho, los mismos que dejarían al servomotor en los extremos  $0^\circ$  y  $180^\circ$ ; mientras que la posición

central, es decir los  $90^\circ$  está determinada por un periodo de 1.5ms. Esto se puede apreciar en la figura 19.

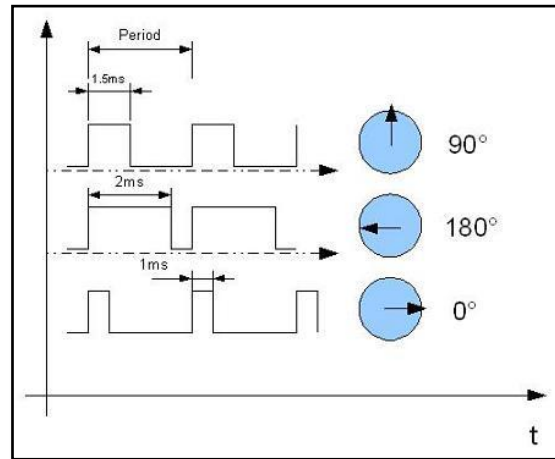


Figura 19: Movimiento de servomotores

Fuente: <https://www.robotshop.com/letsmakerobots/biped-howto-moving-servos>

### 2.6.2. Microcontrolador

La simplificación de un ordenador en un circuito integrado o chip se conoce como microcontrolador, el mismo que está constituido por varios elementos que funcionan de manera conjunta en torno a un elemento central, el procesador. Las cuatro partes principales que lo conforman son: el procesador, una memoria RAM, una memoria ROM y los periféricos (patillas) de entrada/salida. (Goilav & Loi, 2016)

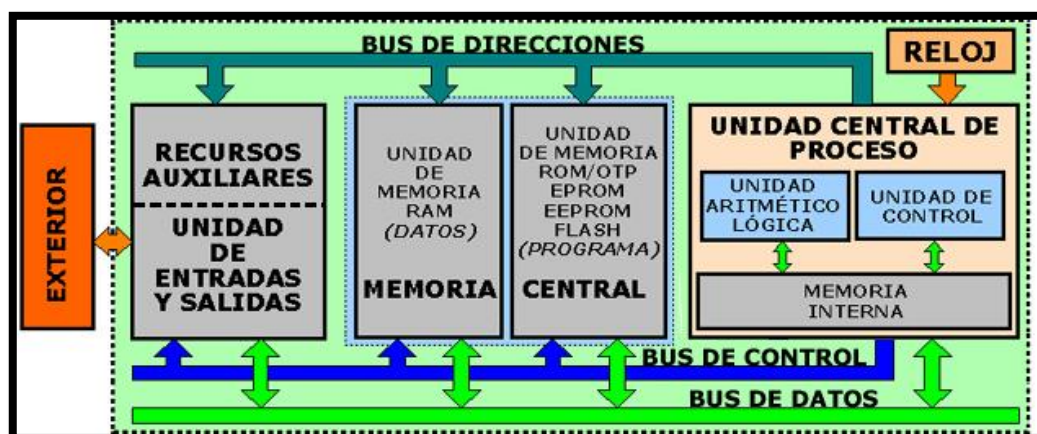


Figura 20: Arquitectura de un microcontrolador.

Fuente: [http://perso.wanadoo.es/pictob/resumen\\_presentacion.htm](http://perso.wanadoo.es/pictob/resumen_presentacion.htm)

### **2.6.2.1. CPU (Unidad Central de Proceso)**

La interpretación, ejecución y control de las instrucciones, que generalmente utilizan datos que provienen de los periféricos de entrada se llevan a cabo en la Unidad Central de Procesos (CPU), cuyo proceso genera como resultado datos diferentes (datos de salida), los mismos que podrán ser utilizados por la siguiente intrusión. (Artero, 2014)

### **2.6.2.2. Memoria RAM**

La memoria RAM o memoria de acceso aleatorio es una memoria de lectura y escritura, que además es volátil, ya que la información almacenada se pierde cuando hay un corte de la energía que la alimenta, en dicha memoria se cargan todas las instrucciones que ejecuta el CPU. (Pérez & Areny, 2007)

### **2.6.2.3. Memoria ROM**

La memoria ROM es usada para almacenar de manera permanente el programa que va a ser ejecutado por el microcontrolador. El espacio de almacenamiento que posee generalmente es muy superior en comparación a la memoria RAM, debido a que la mayoría de aplicaciones requieren el uso de pocos datos, es por eso que una memoria que maneje unas cuantas decenas de datos es suficiente, además la memoria RAM ocupa más espacio físico en el chip que la memoria ROM, por lo q resulta mucho más costosa que esta (Pérez & Areny, 2007)

#### **2.6.2.4. Periféricos (patillas) de E/S (entrada/salida)**

La comunicación del microcontrolador con el exterior se realiza por medio de los periféricos; las patillas de entrada del microcontrolador permiten conectar sensores, cuya finalidad es enviar datos provenientes de su entorno, en las patillas de salida podremos conectar actuadores, con el fin de que el microcontrolador pueda enviarles órdenes y de esa manera interactuar con el medio físico. Las patillas de la gran mayoría de estos dispositivos pueden ser utilizadas tanto como entradas o salidas. (Artero, 2014)

#### **2.6.3. Herramientas Open Source**

Software Open Source o Software de código abierto (OSS) se referencia a software que se distribuye de manera gratuita, el mismo que permite el acceso al código fuente, con lo cual las comunidades de programadores pueden hacer sus contribuciones para solucionar posibles fallas e incrementar su uso. (Rouse, 2010)

El hardware Open Source hace referencia al hardware cuyas especificaciones e información del diseño se hace público, de tal manera que otras personas puedan utilizar, realizar modificaciones y los elementos resultantes pueden ser comercializados indicando la autoría de los creadores, de igual manera los diseños se distribuyan de manera gratuita. (OSHOWA, 2012)

### **2.6.3.1. *Arduino***

Arduino es una placa de hardware libre la cual incorpora un microcontrolador reprogramable con sus respectivos pines hembras, los mismos que permiten conectar de una manera fácil los diferentes sensores y actuadores.

La placa Arduino no es más que un PCB (placa de circuito impreso), en la cual se encuentra implementado un determinado diseño de una circuitería interna, sin embargo, al hablar de placa Arduino, deberíamos detallar el modelo, debido a que existen varias placas oficiales, cada una de ellas con diferentes características, tales como: tamaño físico, número de pines hembras, capacidad de memoria, entre otros; es por eso que es imprescindible conocer estas características para determinar la placa Arduino que nos conviene usar en cada proyecto. (Artero, 2014)



*Figura 21: Placas Arduino*

Fuente: <https://www.xataka.com/makers/empezar-con-arduino-genuino-como-elegir-la-placa-modelos-compatibles-y-kits-de-iniciacion>

### **2.6.3.2. IDE DE ARDUINO**

Las siglas IDE vienen de Integrated Development Environment (Entorno de Desarrollo Integrado), el cual consta de las herramientas de software necesarias que permitan desarrollar diferentes programas de una manera cómoda.

El IDE de Arduino o sketch permite escribir y editar las instrucciones que serán cargadas a la placa Arduino y a su vez comprobar que no haya errores en el programa, además nos brinda la posibilidad para grabar dichas instrucciones en la memoria del

microcontrolador para que este se convierta en el ejecutor autónomo del programa.  
(Artero, 2014)



The image shows the Arduino IDE interface with a C++ program for serial communication. The code is as follows:

```

1
2 int cont=0;
3 void setup() {
4   pinMode(8,OUTPUT);
5   Serial.begin(9600);
6
7
8 void loop() {
9
10  if(cont==0)
11  {
12
13  if(Serial.available()>0) //ENVIO DE DATOS
14  { if(Serial.read()=='A') // LEER CARACTER O DATO
15  {
16    digitalWrite(8,1);

```

The IDE window title is "cx\_serial Arduino 1.8.4". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Programa", "Herramientas", and "Ayuda". The toolbar contains icons for file operations and execution. The status bar at the bottom indicates "Arduino/Genuino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) en COM6".

*Figura 22: Interfaz gráfica de Arduino*

Fuente: Autoría

### 2.6.3.3. Comunicación Serial

La comunicación serial es un protocolo de comunicación entre dispositivos, la misma que permite enviar y recibir bytes de información un bit a la vez. La velocidad de transmisión, los bits de datos, de parada, y la paridad son las características más relevantes.

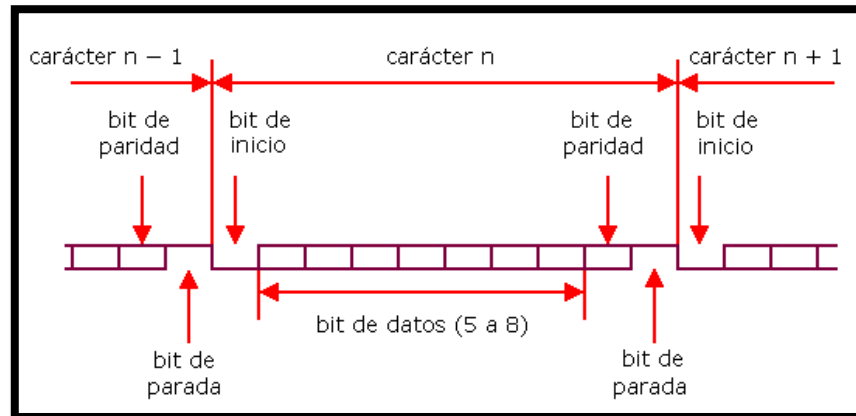


Figura 23: Ejemplo de una trama de comunicación serial

Fuente: [http://perso.wanadoo.es/pictob/comserie.htm#la\\_comunicacion\\_serie](http://perso.wanadoo.es/pictob/comserie.htm#la_comunicacion_serie)

### Características de una trama

- **Velocidad de transmisión (baud rate):** Indica el número de bits por segundo que se transfieren, y se mide en baudios
- **Bits de datos:** indica la cantidad de bits en la transmisión.
- **Bits de parada:** Indica el fin de la comunicación. Los valores típicos son 1, 1.5 o 2.
- **Paridad:** Permite de una manera sencilla comprobar si hubo errores durante la transmisión.

## 2.7. RECONOCIMIENTO DE VOZ

El reconocimiento automático de voz es una disciplina de inteligencia artificial cuya finalidad es establecer una comunicación entre el ser humano y dispositivos inteligentes u ordenadores, a través del lenguaje humano. Estos sistemas tienen la capacidad de reconocer y procesar la información contenida en la señal emitida por la voz humana, posteriormente para emitir órdenes que actúan sobre un proceso específico. (Bustio, 2014)





*Figura 24: Aplicación con reconocimiento de voz*

Fuente: <https://diarioti.com/reconocimiento-de-voz-de-google-funcionara-sin-conexion-a-internet/96365>

### **3. CAPITULO III: DISEÑO DEL PROTOTIPO DE TABLERO ELECTRÓNICO**

En este capítulo se tratarán temas relacionados con el proceso de diseño del tablero electrónico para enseñanza del alfabeto Braille detallándose requerimientos, descripción y arquitectura que se representara por medio de un diagrama de bloques del prototipo, definidos estos parámetros se procederá al desarrollo, en donde se empezara por elegir los componentes que formaran parte del tablero.

#### **3.1. SITUACIÓN ACTUAL**

Como ya se describió en el capítulo 2, hoy en día existen diversos dispositivos enfocados a la enseñanza del alfabeto Braille para las personas con discapacidad visual, cuyas características están destinadas para un determinado lugar o población, así mismos estos aparatos están predestinados para una sola actividad, ya sea escribir o leer en Braille.

En el Ecuador, en los últimos años se ha venido dando mayor atención a la educación para personas con discapacidad, es así que la agenda nacional para la igualdad en discapacidades establece que los planteles regulares incorporen un trato diferenciado y la atención especial a la educación especializada, sin embargo, es preciso reflexionar que se requiere capacitar a docentes y contar con el material didáctico apropiado para que los niños con discapacidad visual puedan desarrollar nuevas habilidades y destrezas. (CONADIS, Agenda Nacional para La Igualdad en Discapacidades, 2013).

Desde el año 2008, según la nueva constitución, toda persona tiene como derecho acceder a la educación, pero en el año 2012 en la Ley Orgánica se garantiza la

permanencia de personas con discapacidad en el Sistema de Educación Regular (Ministerio de Educación & Dirección Nacional de Educación especial/inclusiva, 2012).

En la actualidad, los centros de capacitación pedagógica de personas con discapacidad visual son los encargados de brindar enseñanza a niños y a personas de distintas edades, pero estos centros no cuentan con herramientas tecnológicas que les permita realizar una enseñanza más interactiva, entretenida e interesante, que ayude a los niños a aprender el alfabeto Braille de forma dinámica.

Las personas con discapacidad visual, siguen teniendo una enseñanza de la manera tradicional, es decir, utilizando la regleta y punzón, debido a que la mayoría de los dispositivos tecnológicos están enfocados a personas conocedoras del lenguaje Braille o también por los altos costos, no son de fácil acceso.

### **3.2. REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DEL TABLERO ELECTRÓNICO**

Para lograr cumplir con la enseñanza del alfabeto Braille, que es el sistema por el que se comunican las personas con discapacidad visual, se diseñó un tablero electrónico que permita la manipulación de personas con ceguera o baja visión, para que se ajuste a las necesidades de enseñanza de este sector vulnerable.

El desarrollo del tablero está enfocado a niños con discapacidad visual que estén iniciando su etapa escolar con la finalidad de constituirse en una herramienta de apoyo para el aprendizaje del sistema Braille y de esta manera brindar un aporte al sector educativo.

El diseño del tablero electrónico requiere algunas características que deben cumplirse para lograr el objetivo de la enseñanza del Alfabeto Braille, por lo cual a continuación se detallarán algunas:

### **3.2.1. Requerimientos Funcionales.**

- Que sea capaz de generar e interpretar las letras del abecedario. (Grado de enseñanza 1 del alfabeto Braille)
- Que conste de dos partes: una matriz de lectura y matriz de escritura.
- Seleccionador lectura/Escritura
- En la parte de lectura del alfabeto Braille la letra solicitada por el usuario debe ser escrita en una matriz de 3\*2 por el tablero.
- Que el tablero electrónico reconozca fonemas en idioma español.
- Que el tablero en el modo de escritura genere de manera aleatoria 15 palabras las mismas que se describen en el capítulo 2 apartado 2.5.
- Que el módulo de reconocimiento de voz también sea capaz de reproducir pistas de audio.
- El módulo de reconocimiento de voz sea capaz de reconocer la voz de un niño.
- Que el símbolo generador sea de fácil distinguir ante el tacto.
- Que el tablero electrónico tenga 3 botones de control los cuales permitan seleccionar modo, generar palabra y verificar
- Aviso audible que las palabras fueron escritas correcta o incorrectamente.
- Voltaje de alimentación a 110 voltios.

### **3.2.2. Requerimientos no funcionales**

- Que la caja tenga el tamaño suficiente para albergar a todos los dispositivos que conforman el tablero electrónico.
- Que el tablero en sus botones de control tenga formas conocidas, tales como círculo, triángulo, cuadrado,
- Que los botones de control estén ubicados en la parte superior del tablero.
- Que el material con el que se elabore el tablero sea de baja conductividad eléctrica y bajo potencial de interferencia.
- Que el parlante sea ubicado de manera que cuando emita las señales de audio, se pueda escuchar y la caja no interfiera con el sonido.

### **3.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FUNCIONAMIENTO DEL TABLERO ELECTRÓNICO**

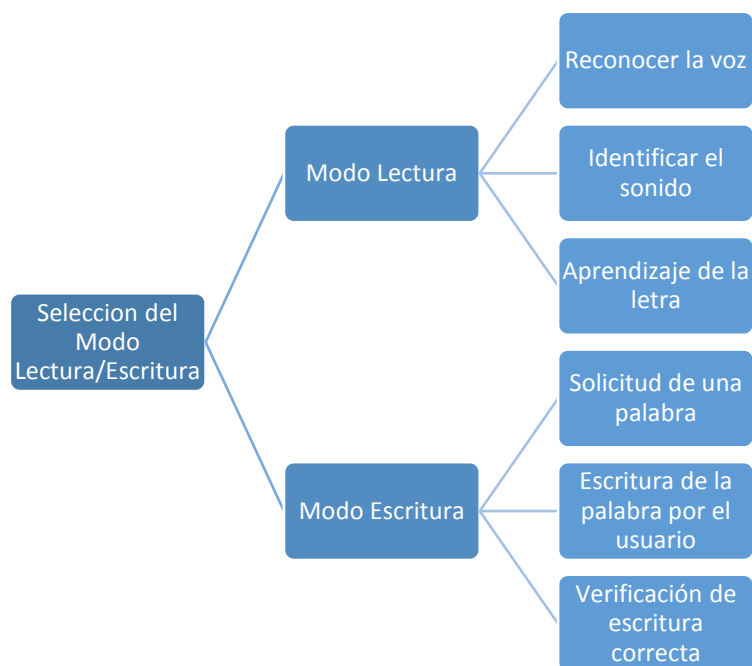
El presente prototipo permite enseñar el alfabeto Braille a niños con discapacidad visual, estimulando el sentido del tacto y auditivo, puesto que son los sentidos que tienen mayor desarrollo en estas personas, todo esto con la finalidad de ayudar a este grupo vulnerable para que pueda tener una etapa de aprendizaje interactivo, e intentar aportar a su desempeño educativo y en la igualdad de condiciones.

A continuación, se hará una descripción acerca del funcionamiento del tablero, mediante un botón se podrá encender o apagar el tablero, una vez encendido por medio de comando de voz el usuario solicitará acceder al sistema, ingresando al modo de lectura, si se desea ingresar al modo de escritura, se deberá presionar un botón.

Al seleccionar el modo de lectura se accederá a una matriz que representa al símbolo generador, que se pudo estudiar en el capítulo 2, allí se puede solicitar mediante comandos de voz que se muestre una letra del Alfabeto, este proceso se podrá palpar en la matriz, donde el usuario con su mano puede sentir el símbolo que se ha generado a partir de la petición solicitada, con un relieve de los puntos que representan a la letra requerida.

En el caso de que la selección se haga por modo de escritura, presionando un botón se pide que el sistema nos brinde de forma audible una palabra, la cual el usuario deberá escribir en las matrices del tablero, las cuales están formadas por pulsadores, una vez logrado este proceso, se realizara la verificación de la escritura, donde el prototipo devolviendo una señal audible hará saber si se escribió correctamente la palabra.

En la figura 25 se puede observar el funcionamiento general del tablero electrónico que requiere, para cumplir con su desempeño



*Figura 25: Funcionamiento general del tablero*

Fuente: Elaborado por el autor

### **3.3.1. Consideraciones de funcionamiento**

En cuanto a los requerimientos relevantes previos al diseño del sistema electrónico se tomaron en cuenta los siguientes ítems:

- Grado de enseñanza del sistema Braille
- Método de enseñanza
- Usuarios del sistema electrónico

Posteriormente se detallan cada uno de los ítems correspondientes a las consideraciones previas al diseño del sistema:

#### ***3.3.1.1. Grado de enseñanza del sistema Braille***

El sistema electrónico destinado a la enseñanza del lenguaje Braille está basado en el Grado Uno, donde el no vidente realiza su aprendizaje de un símbolo a la vez, facilitando su avance, conocimiento y comprensión del código Braille.

Una vez que la persona con discapacidad visual haya adquirido el conocimiento de letras del alfabeto en Sistema Braille mediante el sistema electrónico, un tutor puede intervenir en la enseñanza de sílabas y palabras, utilizando el mismo grado o nivel de enseñanza, el cual se basa en escribir un símbolo a la vez.

Cabe mencionar que el sistema electrónico en la etapa de lectura no reconoce palabras, únicamente las letras del alfabeto; en el área de escritura el tutor deberá tener en cuenta las 15 palabras generadoras como se explicó en el apartado 2.5, ya que estas son las únicas que el tablero permite escribir y reproducir.

### 3.3.1.2. Método de enseñanza

Para enseñar el código Braille mediante el sistema electrónico, se plantea un método de enseñanza versátil e interactiva con el usuario, que consiste en una etapa de iniciación al Braille con el símbolo generador, seguidamente la enseñanza del alfabeto.

Al iniciar el aprendizaje del código Braille, el no vidente asimila la numeración correspondiente a cada uno de los seis puntos del símbolo generador del Braille, tanto en el área de lectura como escritura. Esto permite a la persona no vidente analizar y comprender como funciona el sistema Braille y cada símbolo que se genera

En cuanto al alfabeto, se ha distribuido de la forma que lo indica la Figura 26, donde se puede observar, que solo hay letras minúsculas.

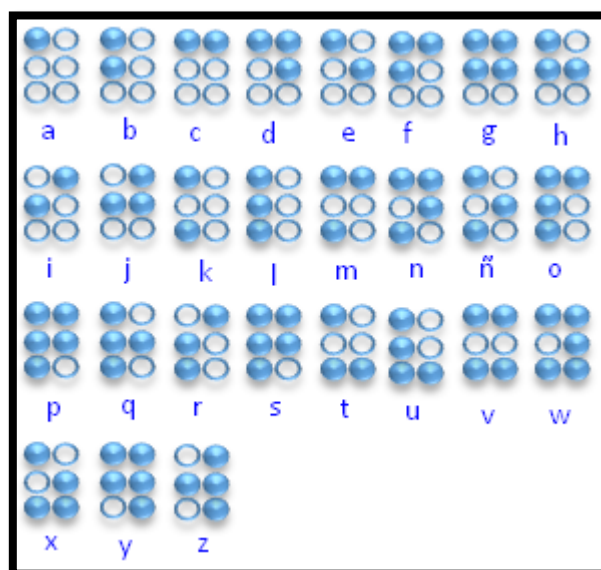


Figura 26: Alfabeto del Sistema Braille

Fuente: Elaborado por el autor



### 3.3.1.3. Usuarios del sistema electrónico

El prototipo de tablero electrónico para personas con discapacidad visual está orientado para niños que inicien su etapa de escolaridad o que estén aprendiendo el alfabeto Braille, es un aprendizaje interactivo y diferente al tradicional. El porcentaje del aprendizaje dependerá de que tan desarrollado tengan el sentido de tacto y audición; así mismo del interés por aprender de cada usuario.

## 3.4. ARQUITECTURA

Para describir como se encuentra formada la arquitectura del sistema, se representará en un diagrama de bloque esta estructura.

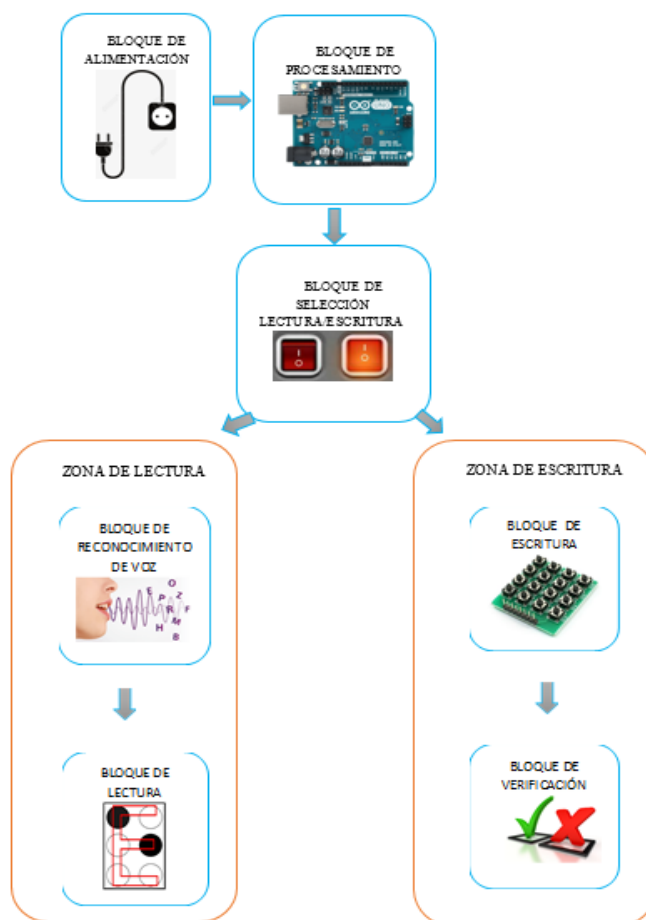


Figura 27: Diagrama de bloques del tablero electrónico  
Fuente: Elaborado por el autor

Para el diseño del prototipo se ha visto conveniente dividir el proyecto en bloques o zonas como se puede observar en la figura 27, donde se puede observar un diagrama de bloques.

- En el bloque de alimentación se hablará de la forma en que se alimentará al tablero electrónico, este será el encargado de indicar el consumo energético de los componentes del sistema.
- En el bloque de procesamiento o control estará funcionando un microcontrolador o una placa programable, la que será encargada de procesar e interpretar la información ingresada por los periféricos de entrada, para posteriormente mostrarle al usuario el resultado de las operaciones realizadas por la misma.
- El prototipo tendrá dos zonas específicas, que, por medio del proceso de selección de zonas, se podrá trabajar en una de ellas.
- En la zona de lectura el usuario podrá aprender las letras del alfabeto, la cual está dividida en dos zonas que son:
  - Bloque de reconocimiento de voz
  - Bloque de lectura
- En la zona de escritura se realiza un ejercicio donde el usuario puede escribir letras dictadas por el tablero. Esta subdividida en dos bloques
  - Bloque escritura
  - Bloque de verificación

### **3.5. BLOQUE DE PROCESAMIENTO**

Es el bloque más importante de todo el sistema, su función es la de trabajar con los procesos que realizan los demás bloques, evaluando datos y llevando a cabo diferentes acciones a partir de éstos. Se comunica directamente con los bloques de selección de modos y se comunica por medio de la interconexión con sus pines digitales y pines de comunicación serial respectivamente.

Este bloque consta de la placa de desarrollo el cual se encarga de manejar todo el prototipo, sus acciones son: controlar, dirigir o regular el funcionamiento correcto de los demás bloques que conforman todo el sistema.

#### **Requerimientos de bloque de procesamiento**

- Voltaje de operación entre 4.5 V y 5V.
- Disponibilidad de por lo menos 6 pines PWM para el control de los servos que formaran parte de la matriz de lectura.
- Poseer por los menos 6 pines análogos.
- Disponibilidad de 4 o más pines digitales.
- Frecuencia de reloj a 16 MHz.
- Memoria Flash mayor a los 20KB
- Lenguaje de programación basado en C.
- Software de programación Libre.
- Compatibilidad con tarjetas Shield

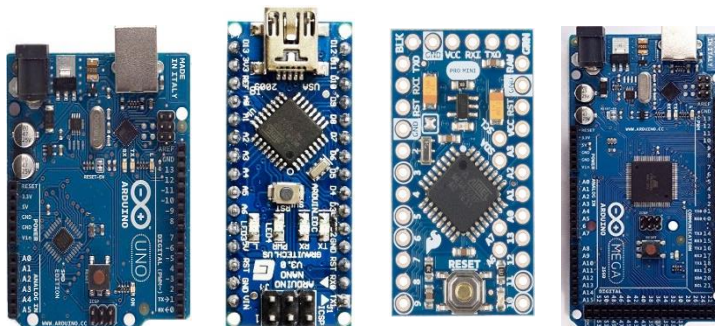
### 3.5.1. Elección de placa de programación

La selección de la placa de desarrollo que conformará el bloque principal de control se lo realiza mediante el análisis exhaustivo de los requerimientos del proyecto, la placa elegida debe tener las características adecuadas para acoplarse de la mejor manera al tipo de proyecto que se tiene.

*Tabla 1:* Comparativa de elementos programables

<b>CONSIDERACIONES</b>	<b>Arduino Uno</b>	<b>Arduino Nano</b>	<b>Arduino Pro Mini</b>	<b>Arduino Mega</b>
<b>Voltaje de operación entre 4.5 V y 5V</b>	Si	Si	Si	Si
<b>Disponibilidad de por lo menos 6 pines PWM para el control de los servos</b>	Si	Si	Si	SI
<b>Poseer por los menos 6 pines análogos</b>	Si	Si	Si	SI
<b>Disponibilidad de 4 o más pines digitales.</b>	Si	Si	Si	Si
<b>Compatibilidad con tarjetas Shield EasyVr</b>	Si	No	No	Si
<b>Lenguaje de programación basado en C/C++</b>	Si	Si	Si	Si

Ilustración



Según la Tabla 1, se puede ver que tanto Arduino UNO como Arduino Mega cumplen con los requerimientos planteados en este bloque, así que cualquiera de los dos puede ser útiles para el tablero, por tanto, se optó por la placa Arduino UNO, porque

está también, aparte de los requerimientos planteados, tiene menos pines que Arduino Mega por lo tanto su dimensión es menor y es más que suficiente para cumplir con la aplicación requerida.

A continuación, en la Tabla 2, se puede ver las características técnicas de la placa Arduino UNO.

### 3.5.1.1. *Arduino UNO*

En la figura 28 se puede observar la imagen de una placa Arduino UNO, con su respectiva distribución de cada pin, y a continuación se encuentra la tabla 2, que contiene sus características principales según la hoja de especificaciones técnicas.

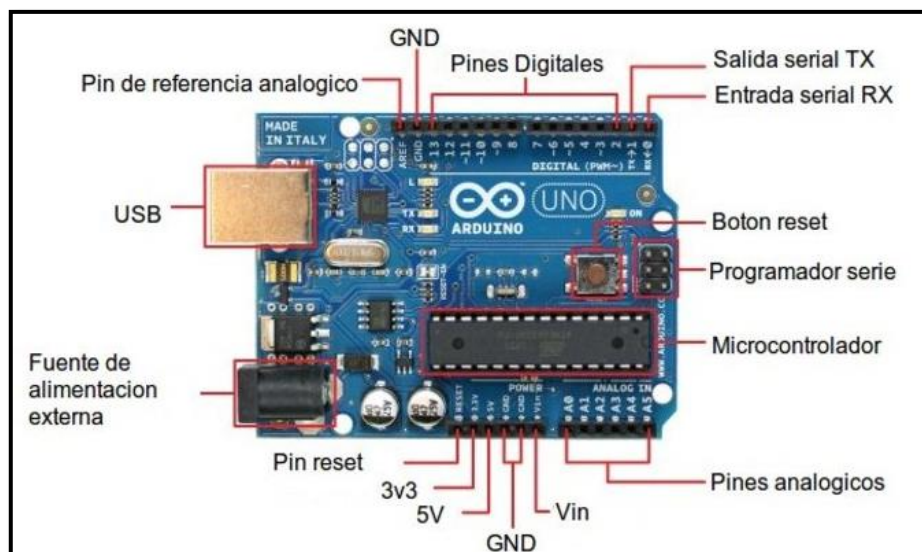


Figura 28: Diagrama de pines de Arduino UNO

Fuente: <https://www.infootec.net/arduino/>

Tabla 2: Características Arduino UNO

<b><i>Función</i></b>	<b><i>Indicador Técnico</i></b>
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V

Pines de E / S digitales	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de E / S digitales de PWM	6
Clavijas de entrada analógica	6
Corriente DC por Pin E / S	20 mA
Corriente DC para 3.3V Pin	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328P) de los cuales 0,5 KB utilizados por el gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidad de reloj	16 MHz
Longitud	68.6 mm
Anchura	53.4 mm
Peso	25 g

**Fuente:** Datasheet

### **Pines de Entrada y Salida**

La alimentación de este dispositivo se encuentra ubicada en los siguientes pines:

- Tiene 6 entradas análogas que están nombradas como A0 hasta A5, Estos pines pueden tomar valores de 0 a 1023
- Los pines 4 y 5 soportan la comunicación I2C.
- Pin13 es un pin digital con LED.
- La comunicación Serial se realiza por los pines de Transmisor (Tx) y Receptor (Rx) que están ubicados en 0 y 1

### **Pines de Alimentación**

- **GND** Este pin se encuentra a 0V, y esta es la toma de tierra
- **AREF** este pin suministra la tensión para el rango máximo de los puertos analógicos, normalmente 5V.

- **Vin** es la entrada de alimentación de la placa Arduino. Se recomienda una alimentación por USB en el periodo de pruebas.
- **5V y 3.3 V** suministra una tensión de 5V y 3.3V respectivamente.
- **RESET** sirve para resetear el Arduino si aplicamos la tensión máxima posible.
- **IOREF** (Input Output Reference) es el pin que suministra la tensión para el estado alto de los pines digitales.

### 3.6. BLOQUE DE SELECCIÓN LECTURA/ESCRITURA

El sistema electrónico cuenta con dos zonas de aprendizaje: Lectura y Escritura. Estas dos zonas se podrán activar una vez se haya encendido el sistema por medio de un switch, de encendido/apagado que se encuentra ubicado en la cara lateral derecha del tablero como se puede ver en la imagen 29.



*Figura 29:* Botón encendido/Apagado del tablero

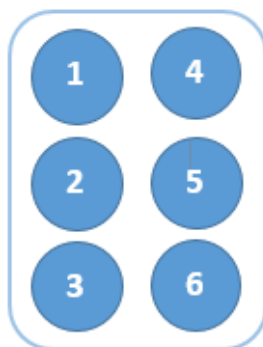
Fuente: Elaborado por el autor

Para seleccionar el modo del tablero electrónico es necesario que, si se desea el modo lectura es necesario presionar un botón en forma de cuadrado, mientras que, si se desea utilizar el modo de escritura, el usuario tiene que decir la palabra “escritura” y por reconocimiento de voz el tablero cambiara a modo escritura.

Una vez se ha presionado el botón para escoger lectura o dicho “escritura”, se emitirá un audio correspondiente a la zona seleccionada, para informar al usuario en qué sección de aprendizaje se encuentra.

### 3.7. BLOQUE DE LECTURA

La zona de lectura está formada por un teclado matricial de 3X2 (tres filas dos columnas), dónde se encuentra distribuido el símbolo generador, como se observa en la figura 30.



*Figura 30: Símbolo Generador*

Fuente: Elaborado por el autor

La zona de lectura cumple con varios procesos, que hacen que el tablero funcione de una forma interactiva, por eso a continuación se detalla el proceso de la zona de Lectura. En la figura 31 se indica el proceso de lectura en donde se puede ver la distribución de dos partes importantes que la conforman como son:

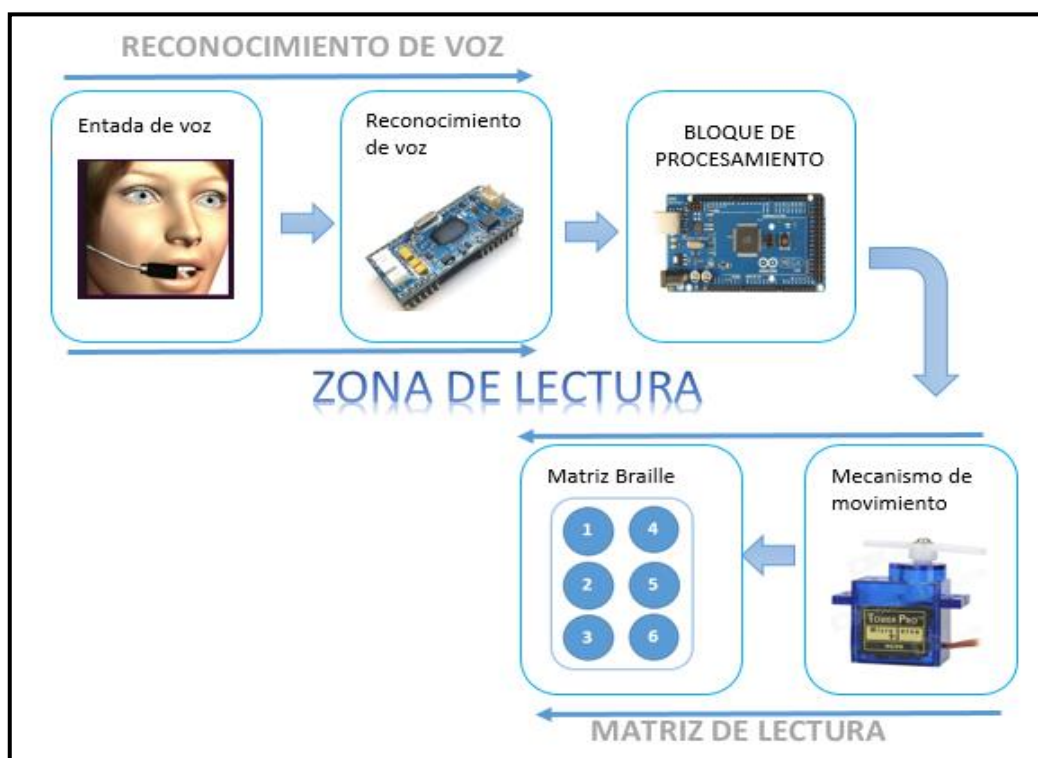
- **Reconocimiento de voz**

En esta parte es necesario realizar la elección de un módulo de reconocimiento de voz y que pueda cumplir con las funciones que va a desarrollar el tablero.



- **Matriz Braille**

En esta parte se diseñará un mecanismo de movimiento para que cuando el usuario este utilizando el tablero, pueda sentir relieves de la letra solicitada



*Figura 31:* Diagrama de bloques de zona de Lectura

Fuente: Elaborado por el autor

### 3.7.1. Reconocimiento de voz

Esta zona cuenta con la entrada de voz del usuario, quien será el encargado de solicitar una letra en la estructura del sistema Braille. Una vez el usuario solicite una letra, el sistema entrará al reconocimiento de voz e inmediatamente se llevara a la etapa de procesamiento, en la cual se identificará la letra o vocal, y en una matriz que contiene el símbolo generador se marcara la letra solicitada con relieves que puedan identificarse al tacto, como las personas con discapacidad visual lo pueden reconocer.

En esta sección hay que realizar la selección de un módulo de reconocimiento de voz, tomando en cuenta las características que brinde y considerando la compatibilidad con la placa Arduino UNO que es la placa que manejará el procesamiento del sistema.

La etapa de reconocimiento de voz cumple con las operaciones de: permitir la entrada de voz, procesa el audio, comparación de sonidos con los que ya están previamente guardados en el sistema. En la figura 32 se muestra el diagrama de bloques de la etapa de reconocimiento de voz.



*Figura 32: Diagrama de Bloques de Reconocimiento de voz*

Fuente: Elaborado por el autor

#### **Requerimientos del módulo de reconocimiento de voz**

- Voltaje de operación entre 3.3V y 5V.
- Frecuencia de reloj a 16 MHz.
- Soporte de 29 o más instrucciones de voz dependientes definidas por el usuario disponible en el idioma español.
- Las 29 instrucciones utilizables en mismo programa.
- Capacidad para almacenar y reproducir archivos de audio.
- Conector de entrada de micrófono.

- Salida de altavoz de 8 ohmios.
- Disponibilidad de librería para Arduino.
- Tarjeta Shield compatible con Arduino uno.

### 3.7.1.1. Elección del módulo

El módulo de reconocimiento de voz permitirá la interacción del usuario con el tablero, el mismo que será capaz de procesar la señal de voz emitida por el niño y reconocer la información que esta contenga, para luego procesarla y realizar ordenes que posteriormente serán enviadas al bloque de procesamiento.

**Tabla 3:** Comparativa de reconocimiento de voz

<i>Consideraciones</i>	<i>Elechouse v3</i>	<i>Easyvr 3.0</i>	<i>Geetech</i>
Voltaje de operación entre 3.3V y 5V	Si	Si	Si
Soporte de 29 o más instrucciones de voz dependientes definidas por el usuario disponible en el idioma español	Si	Si	No
Las 29 instrucciones utilizables en mismo programa	No	Si	No
Capacidad para almacenar y reproducir archivos de audio	No	Si	No
Conector de entrada de micrófono	Si	Si	Si
Salida de altavoz de 8 ohmios	No	Si	No
Disponibilidad de librería para Arduino	Si	Si	Si
Tarjeta Shield compatible con Arduino uno	No	Si	No

Ilustración



En la tabla 3 se muestra las características de algunos módulos de reconocimiento de voz en base a los requerimientos del tablero, después de realizar el análisis de los módulos se ha determinado que las características que más servirán para el tablero son del módulo de reconocimiento de voz EasyVR 3.0, puesto que este módulo permite grabar 29 comandos de forma independiente que se necesita en este sistema para que puedan ser representadas las letras del alfabeto en español.

Otros dispositivos solo permiten utilizar 5 u 8 comandos al mismo tiempo, además que el módulo EasyVR cuenta con un Shield compatible con Arduino UNO que facilita la conexión y manipulación del módulo.

#### ***3.7.1.2. Especificaciones del módulo EasyVR 3.0***

La tarjeta EasyVR 3.0 es una tarjeta Shield de reconocimiento de voz para Arduino. Esta tarjeta Shield incluye todas las características de los módulos EasyVR 3.0 con una estructura que simplifica la conexión entre la tarjeta Arduino y tu computador.

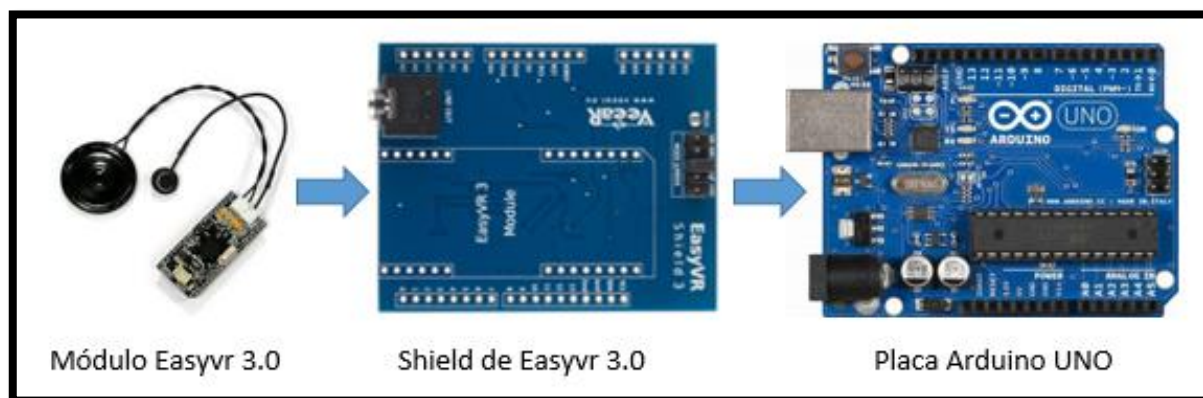
EasyVR 3.0 está diseñada para múltiples proyectos que requieran capacidades de reconocimiento de voz. EasyVR 3.0 es la tercera generación del módulo VRbot y se basa en las características y funcionalidad de su predecesor. Además, de las características de EasyVR 3.0, tales como 32 Altavoces dependientes definidos por el usuario (SD) y 26 altavoz independientes (SI), posee conectores adicionales para la entrada de micrófono, una salida de altavoz de 8 ohmios, salida con conector Jack para audífonos, y acceso a los pines de E/S del módulo EasyVR 3.0. (Trayer Ojeda, 2017)

A diferencia de V2.0, la EasyVR Shield 3.0 no se encuentra ensamblada, por lo tanto, requerirá ser soldada y ensamblada.

### 3.7.1.3. *Conexión del Módulo EasyVR y la placa Arduino UNO*

La placa de desarrollo o procesamiento se comunicará con el módulo de reconocimiento de voz por medio de algunos pines específicos y necesarios para el funcionamiento del sistema.

En el sistema se seleccionó como módulo de reconocimiento de voz a EasyVR 3.0, ya que esta placa viene con un Shield compatible con Arduino que se integró en esta versión, en versiones anteriores el EasyVR únicamente venía como módulo y requería conexiones cableadas con Arduino. Al funcionar con Shield se alimenta directamente del Arduino, en la figura 33 se puede observar la conexión del módulo de reconocimiento de voz con la placa Arduino.



*Figura 33: Conexión del EasyVR con placa Arduino*

Fuente: Elaborado por el autor

### 3.7.1.4. *Configuración del módulo de reconocimiento de voz EasyVR*

Para que el módulo de reconocimiento de voz pueda funcionar, requiere de una configuración que debe ser realizada con dos tipos de software que sean compatibles con la tarjeta, los mismos que son EasyVR commander y QuickShyntesis. Estos

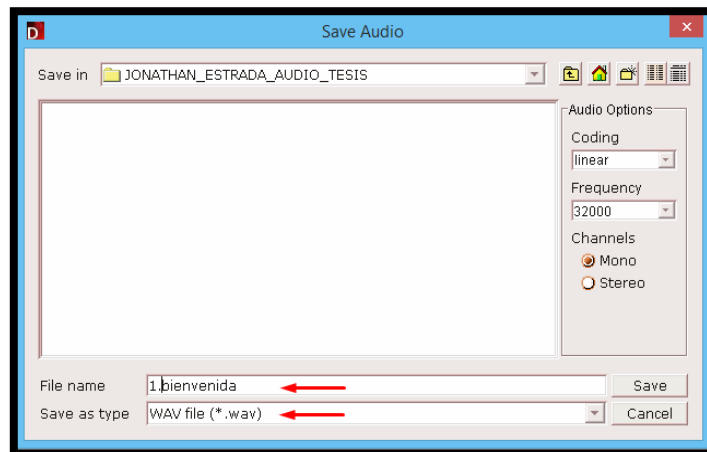
programas hacen posible crear, comprimir y cargar tablas de audio; así también es posible grabar las palabras o letras que van a formar parte del grupo de reconocimiento de voz.

En el área de reconocimiento de voz se planificó tener dos grupos definidos en los cuales se han separado las vocales y las consonantes.

Para realizar la configuración del módulo de reconocimiento de voz EasyVR 3.0, es necesario adquirir dos softwares, los mismos que se encuentran disponibles en la página del fabricante. El primer software EasyVR-Commander, es el que permite cargar tablas de audio previamente gravadas, establecer los comandos de voz y además se puede realizar configuraciones que dispone el módulo de reconocimiento de voz como distancia de reconocimiento de voz, mientras que el software QuickSynthesis5 permite crear una tabla de audio en formato **.qps** que es compatible con EasyVR.

#### **3.7.1.4.1. Creación de pistas de audio**

Para generar los archivos de audio se utilizó el software Loquendo TTS Director, el cual permite realizar conversiones de texto en voz. Mediante sus funciones es posible escuchar, editar los audios generados y refinar este proceso. En la figura 34 se indica la creación de una pista de audio en formato **.wav**, en este caso es el mensaje de bienvenida.

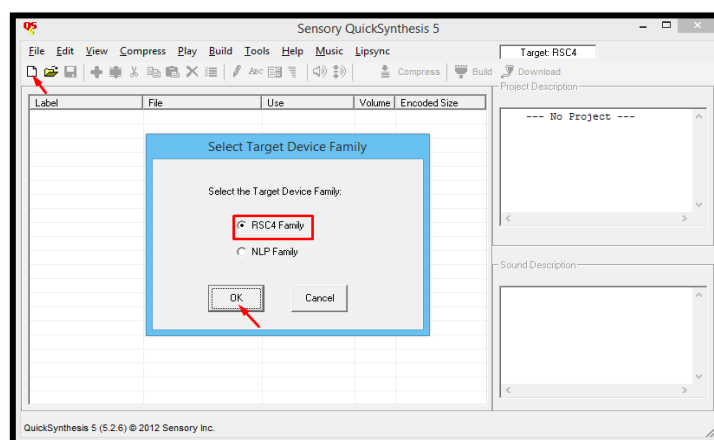


*Figura 34: Creación de archivos de audio*  
Fuente: Elaborado por el autor

### 3.7.1.4.2. Crear tabla de audio

Para cargar una tabla de audio al módulo EasyVr 3.0 se debe considerar los siguientes pasos:

- Para el correcto funcionamiento del programa es necesario ejecutarlo como administrador, como paso siguiente se crea un nuevo proyecto, para lo cual el usuario debe dirigirse a la barra de menú a la opción “Create a new project”. En la ventana que se despliega se escoge la familia a la que pertenece el modulo, en este caso se selecciona la opción “RSC4 Family” y clic en Ok. La figura 35 muestra los pasos antes mencionados.



*Figura 35: Creación de una tabla de audio*  
Fuente: Elaborado por el autor

- Guardar el proyecto con el nombre que se desee, en este caso “Audios”; tomando en cuenta que la extensión del archivo sea de tipo “qpx” y clic en Abrir.
- Para agregar los archivos de audio en la tabla se debe dirigir a la opción “Add wav file(s) to project”, la cual se encuentra disponible en la barra de herramientas.
- Seleccionar los archivos de audio que sean parte de la tabla que va a reproducir el módulo EasyVR 3.0.
- A continuación, la ventana que se despliega permite comprimir los archivos de audio para lo cual se debe seleccionar las opciones que se muestran en la figura 34, ya que el módulo de reconocimiento de voz reconoce los archivos en este formato, los archivos que están seleccionados son los que fueron grabados en el módulo de reconocimiento de voz.

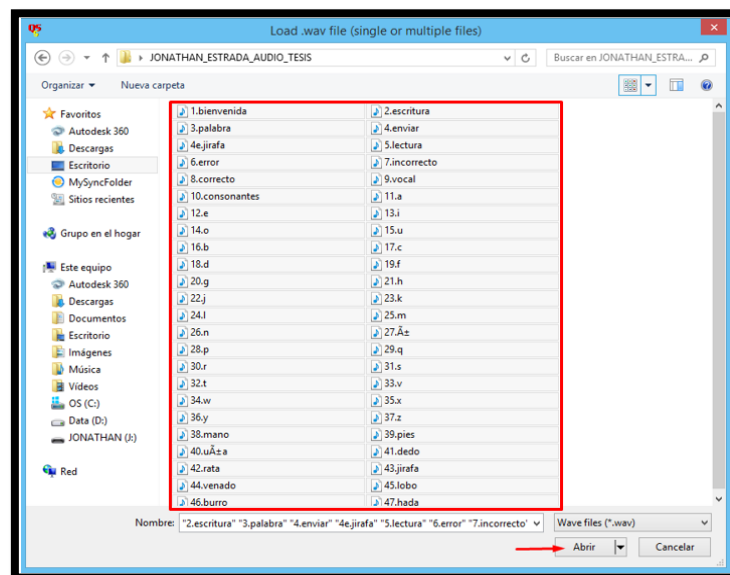


Figura 36: Archivos a comprimir

Fuente: Elaborado por el autor



- Se elige el tipo de formato de compresión a utilizarse y se da en visto en la opción “Silence Detector Enable”, en la figura 35 se puede observar este proceso.

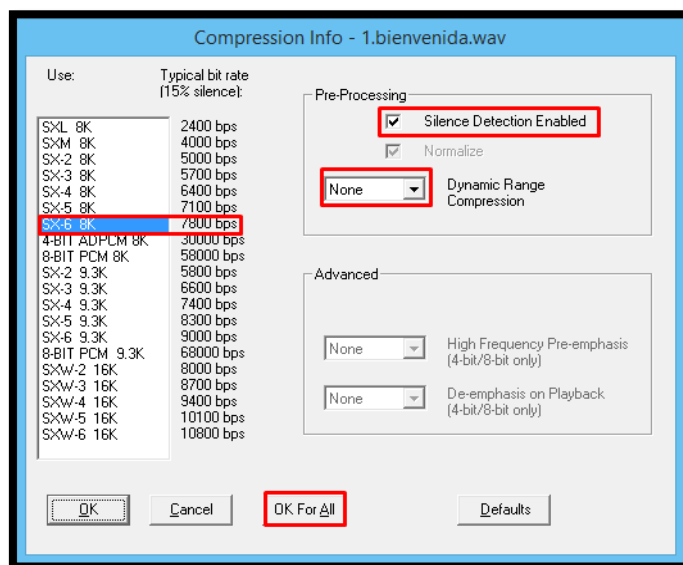


Figura 37: Selección de formato de compresión de audio

Fuente: Elaborado por el autor

- Una vez cargados los archivos de audio se procede a comprimir, para lo cual se seleccionan los archivos de audio y se procede a dar clic en “Compress”. El proceso de compresión se muestra en la figura 36, para terminar el proceso dar clic en ok.
- Para que la tabla de audio quede lista para ser cargada al módulo EasyVr 3.0, se da clic en la opción “Build”, esto permitirá construir el archivo con las pistas de audio anteriormente seleccionadas, para lo cual se selecciona las opciones que se muestran en la figura 38.

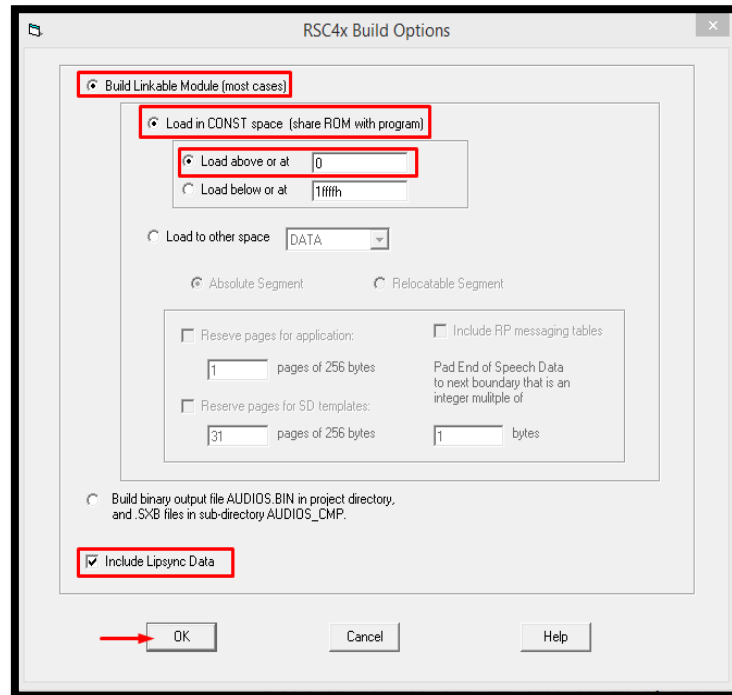


Figura 38: Construcción del archivo de pistas

Fuente: Elaborado por el autor

### 3.7.1.4.3. Subir tabla de audio a EasyVR

Para subir la tabla de audio creada en QuickSynthesis5 se hará uso del software EasyVR Comander, para lo cual se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Ejecutar EasyVr Comander como administrador.
- Conectar el módulo EasyVr a la placa Arduino uno.
- Colocar el jumper del módulo EasyVr en modo UP, esto permitirá subir el archivo de audio a la memoria interna que posee la placa de reconocimiento de VOZ.
- Conectar al computador el modulo y seleccionar el puerto COM por el cual se va establecer la comunicación, en este caso el puerto COM asignado es el COM 3 y se procede a dar clic en conectar. Esto se puede observar en la figura 39.

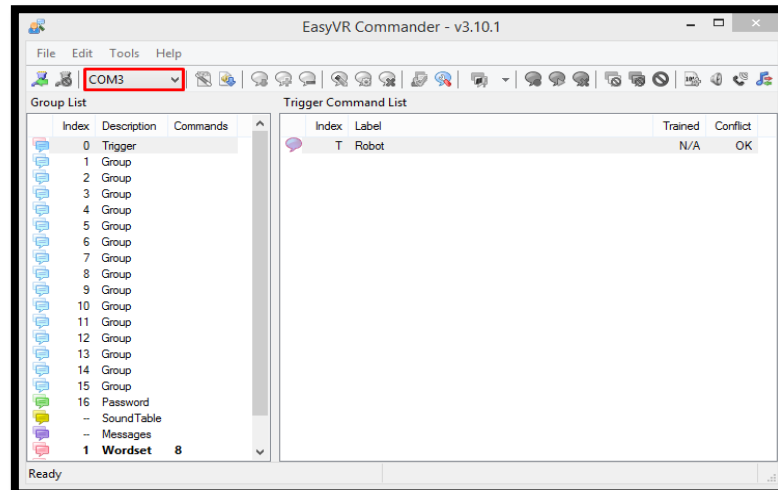


Figura 39: Asignación del puerto COM del EasyVr

Fuente: Elaborado por el autor

- Paso siguiente se procede a subir la tabla de audio dando clic en “Update Custom Data”, en la ventana que se despliega seleccionar la opción “Import”, en este caso se escoge el archivo “Audio.qxp”. Posteriormente se selecciona las opciones “Slow Transfer” y “Old Format” y se procederá a dar clic en “Download”, esto se puede observar en la figura 40, y a continuación se prueba los audios cargados al módulo para ello es necesario desconectar el módulo y cambiar el jumper a la posición PC; volver a conectar en el puerto COM.

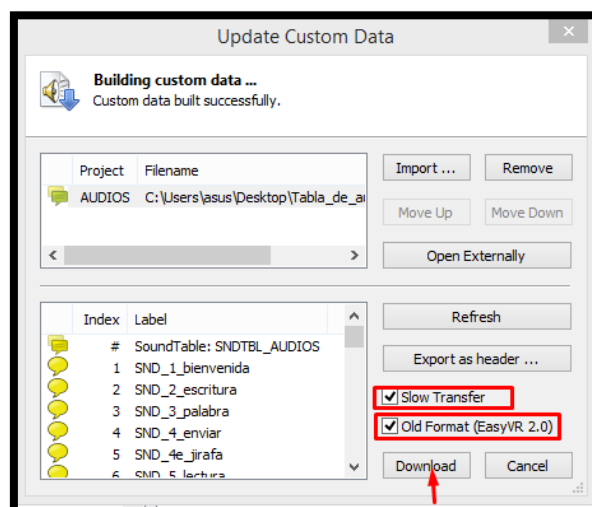


Figura 40: Descarga de audios compresos

Fuente: Elaborado por el autor

### 3.7.1.4.4. Grabar comandos de reconocimiento de voz

Una vez cargados los archivos de audios al módulo, se procederá a grabar las ordenes que el módulo deberá reconocer, las ordenes grabadas en el módulo se detallan en la tabla 4, en la cual se presentan los mensajes de audios que fueron cargados en el módulo EasyVr.

**Tabla 4:** Pistas de audio cargadas en el módulo de reconocimiento de voz

<b>Mensajes audibles del tablero electrónico</b>											
1	Bienvenido al sistema ha iniciado modo lectura. Para modo escritura diga la palabra escritura.										
2	Ha iniciado en modo escritura.										
3	Presione el botón en estrella para que el sistema le proporcione una palabra a escribir.										
4	Digite una letra, posteriormente verifíquela por medio del botón en forma de triángulo										
5	Para regresar al modo lectura presione el botón en forma de cuadrado.										
6	Código incorrecto; no representa ninguna letra del alfabeto.										
7	Palabra incorrecta, diríjase al área de lectura para identificar la escritura correcta.										
8	Palabra correcta.										
<b>9</b>	<b>Vocales</b>	<b>10</b>	<b>Consonantes</b>								
<b>11</b>	Vocal a.	<b>16</b>	Letra b.	<b>21</b>	Letra h.	<b>26</b>	Letra n.	<b>31</b>	Letra s.	<b>36</b>	Letra y.
<b>12</b>	Vocal e.	<b>17</b>	Letra c.	<b>22</b>	Letra j.	<b>27</b>	Letra ñ.	<b>32</b>	Letra t.	<b>37</b>	Letra z.
<b>13</b>	Vocal i	<b>18</b>	Letra d.	<b>23</b>	Letra k.	<b>28</b>	Letra p.	<b>33</b>	Letra v.		
<b>14</b>	Vocal o.	<b>19</b>	Letra f.	<b>24</b>	Letra l.	<b>29</b>	Letra q.	<b>34</b>	Letra w.		
<b>15</b>	Vocal u.	<b>20</b>	Letra g.	<b>25</b>	Letra m.	<b>30</b>	Letra r.	<b>35</b>	Letra x.		
<b>Palabras generadoras</b>											
<b>38</b>	Mano	<b>40</b>	Uña	<b>42</b>	Lobo	<b>44</b>	Jirafa	<b>46</b>	Leche	<b>48</b>	Bola
<b>39</b>	Pies	<b>41</b>	Dedo	<b>43</b>	Rata	<b>45</b>	Queso	<b>47</b>	Venado	<b>49</b>	Burro

### 3.7.2. Matriz de Lectura

La matriz de lectura del tablero está formada por el símbolo generador, es decir por una matriz de 3x2, la cual funciona con un mecanismo de movimiento basado en servomotores, que hace posible que las personas con discapacidad visual, al tacto puedan identificar y aprender, el alfabeto Braille. En la figura 41, se ve las partes que forman la matriz de lectura.

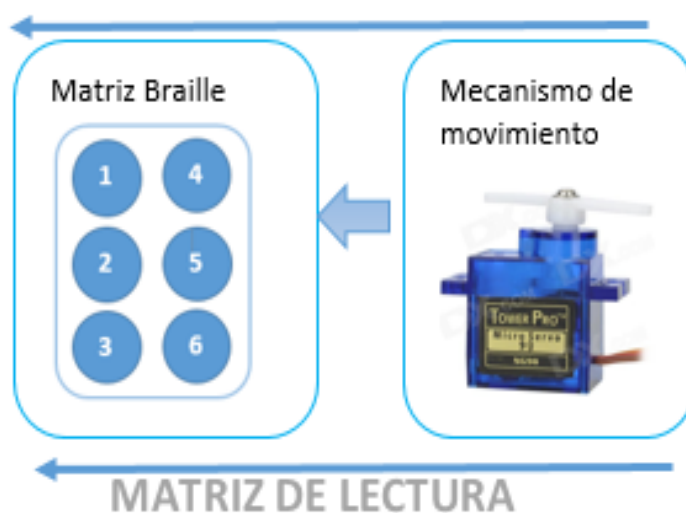
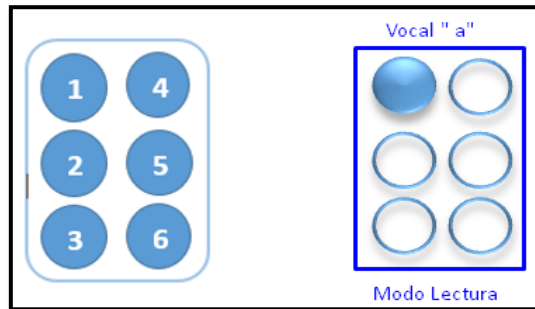


Figura 41: Sistema que conforma la matriz de lectura

Fuente: Elaborado por el autor

### 3.7.3. Mecanismo de movimiento de zona de Lectura

En la zona de lectura es necesario que haya un relieve entre los puntos que conforman la letra seleccionada, es decir si se trata de la vocal A, debe elevarse el botón correspondiente al número 1 cuando sea el modo lectura. En la figura 42, se puede observar un ejemplo con la vocal “a” donde se muestra el proceso explicado.



*Figura 42: Demostración de modo Lectura/Escritura del Sistema Braille*  
Fuente: Elaborado por el autor

Para realizar el mecanismo de movimiento fue necesario diseñar un sistema de resorte, en donde se escogió a servo-motores con los cuales por medio de la programación es posible variar su ángulo y luego mantenerlo fijo en una posición, por medio de pulsos eléctricos que son enviados por medio de un microprocesador.

En la figura 43, se puede observar el diagrama esquemático de los elementos que hay en la zona de lectura, donde esta conexión la placa Arduino UNO, con 6 servomotores que darán la forma del símbolo generador y un relé que es el que maneja las tensiones de los servomotores.

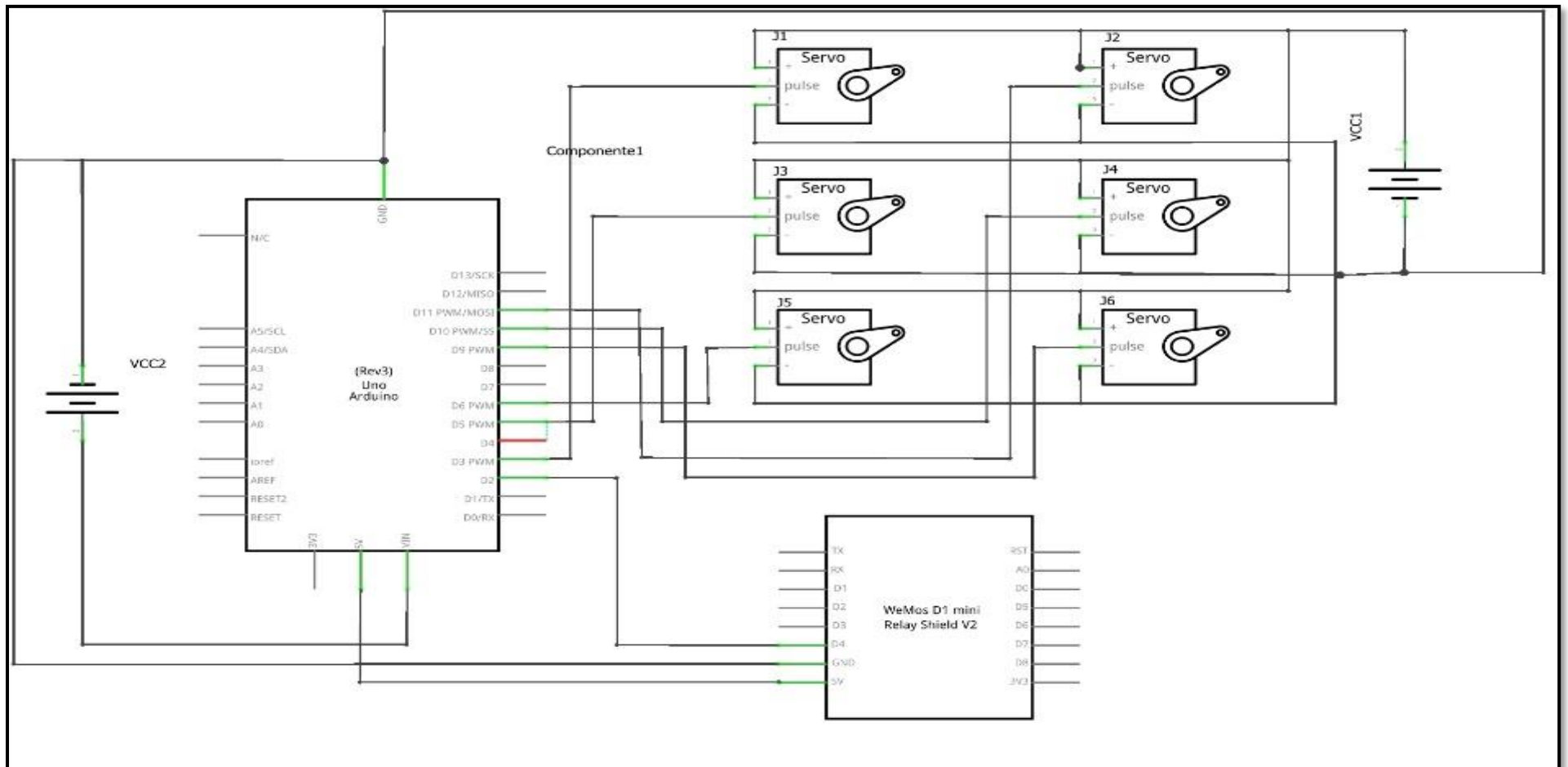
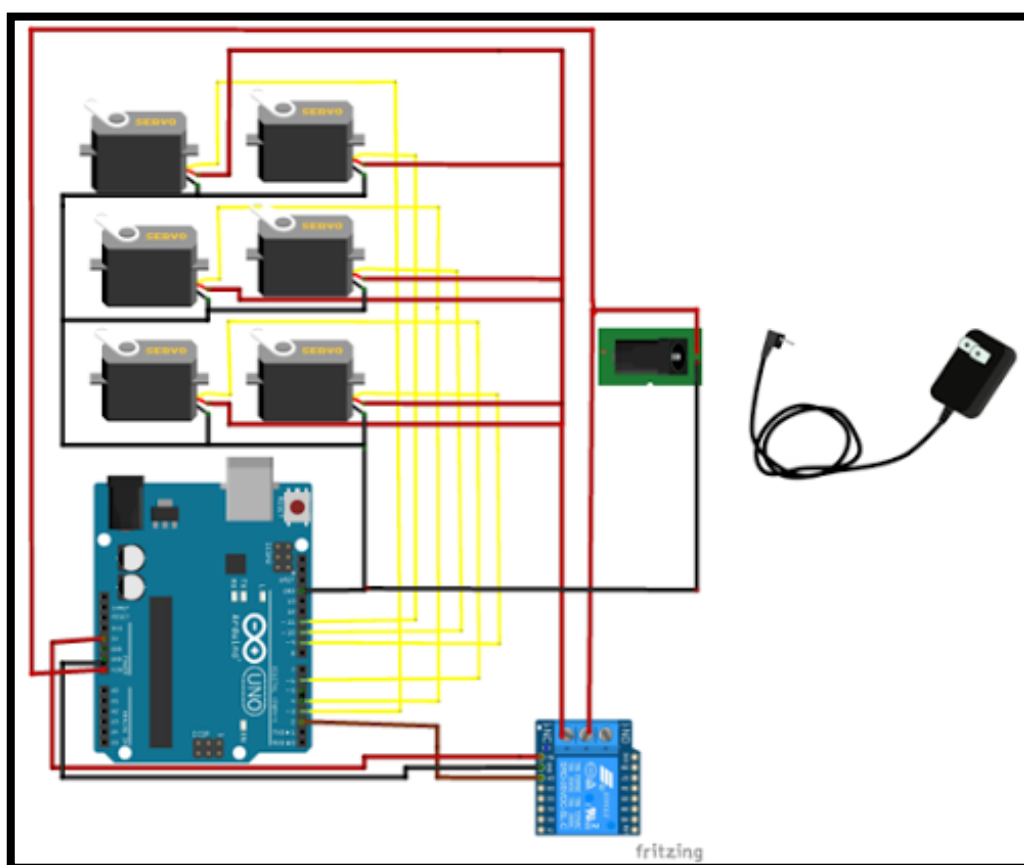


Figura 43: Diagrama del circuito zona de lectura

Fuente: Elaborado por el autor

Los servo-motores funcionan como un mecanismo de retención y empuje, permitiendo la elongación y elasticidad del resorte, cuando el usuario solicita una letra, los servomotores cambian de grado de inclinación y hacen que los resortes se contraigan o se eleven para formar una letra del Sistema Braille. En la figura 42, se presenta el diagrama de conexión de los servomotores con el arduino, que también está conectado a un módulo relay, que hace la función de control del flujo de corriente para la alimentación de los micro-servos.



*Figura 44:* Diagrama esquemático de área de lectura

Fuente: Elaborado por autor

Los resortes están dentro de un perno con una palanca, que es movida por el servomotor y todo esto, está dentro de una caja fija para que el mecanismo no salga de su eje. En la figura 45 se puede observar el mecanismo de resorte que se ha mencionado.

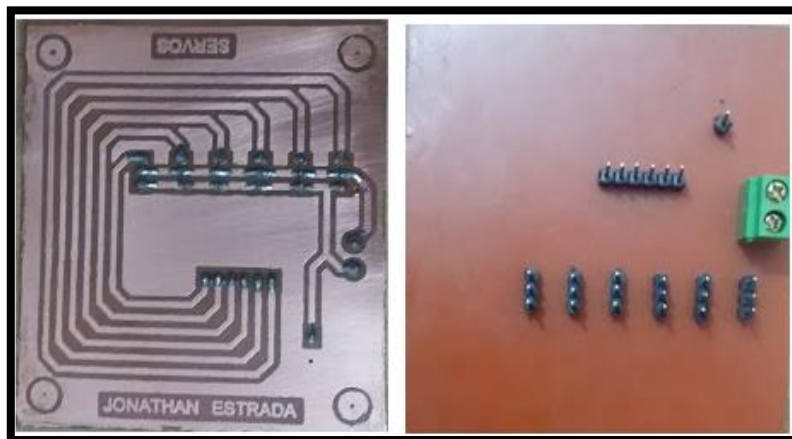




*Figura 45: Mecanismo de movimiento de zona de lectura*

Fuente: Elaborado por el autor

En este apartado también se indica las imágenes del diseño de la placa que hará posible la comunicación entre la placa Arduino UNO y los 6 servomotores, como se puede observar en la figura 46.



*Figura 46: Placa de Servomotores*

Fuente: Elaborado por el autor

### 3.8. BLOQUE DE ESCRITURA

En la zona de escritura se podrá encontrar seis matrices con el símbolo generador del Sistema Braille. En donde, en cada matriz se puede escribir una letra, y así formar palabras con un máximo de 6 letras; las mismas que fueron escogidas en base al método de enseñanza del Sistema de Educación Básica General, como se imparte en los libros del Ministerio de Educación, como se explicó en el apartado 2.5. ( Ministerio de Educación, Lengua y Literatura 2° Grado Guía del Docente, 2016)

En el sistema electrónico, en la zona de escritura se podrá encontrar estas 11 palabras que fueron identificadas como palabras generadoras, esto se puede observar en la tabla 5.

**Tabla 5:** Palabras generadoras del tablero

<b>Palabras utilizadas en el tablero</b>	
<b>Palabra generadora</b>	<b>Fonemas que usa</b>
<b>mano</b>	/m/, /n/
<b>dedo</b>	/d/
<b>uña</b>	/ñ/
<b>pie</b>	/p/
<b>lobo</b>	/l/, /b/
<b>rata</b>	/r/, /t/
<b>jirafa</b>	/j/, /r/, /f/
<b>queso</b>	/q/, /s/
<b>leche</b>	/l/, /c/, /h/
<b>venado</b>	/v/, /n/, /d/
<b>bola</b>	/l/, /b/

### 3.8.1. Matrices de escritura

Para la construcción de las matrices de lectura, se ha tomado en cuenta el número de letras que contiene la palabra más grande dentro del grupo de las palabras generadoras por lo que el número de matrices de escritura se fijó en seis.

Las matrices de escritura se han diseñado en base al principio de un teclado resistivo o un divisor de tensión, este tipo de circuitos también suelen ser llamados “circuitos pasivos externos” con los que con algunas resistencias se puede derivar o dividir los voltajes. (García, 2015)

Los circuitos resistivos son circuitos en serie es decir que un componente va conectado consecutivamente del otro y con esto se logra que el valor total de resistencia, sea el valor de la suma de las resistencias implicadas como se ve en la ecuación 1.

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

*Ecuación 1:* Fórmula de suma de resistencia en serie

**Fuente:** Elaborado por el autor

Para realizar el teclado resistivo se hizo el diseño del circuito, en el cual se tomó en cuenta seis resistencias y seis pulsadores para formar la matriz en forma del símbolo generador del sistema Braille, como se puede observar en la figura 47, este diseño es el mismo para las 6 matrices.

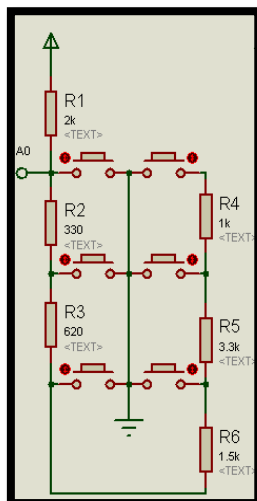


Figura 47: Diseño del circuito de la matriz

Fuente: Elaborado por el autor

El microprocesador Arduino en sus pines tiene un voltaje de entre 0 a 5 voltios con una corriente continua y por medio de un pin análogo que mide valores entre 0-1023 se puede aplicar el circuito resistivo, así se puede alterar el voltaje y variar los valores de lectura del pin análogo. Con los valores de resistencias que se han elegido en el diseño se pueden obtener los valores que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6: Valores de pines análogos

Lectura de análogos								
N° Resistencia	Valor de resistencias	Valores medidos						Rango establecido
		A0	A1	A2	A3	A4	A5	
1	2k $\Omega$	0	0	0	0	0	0	0-100
2	330 $\Omega$	158	153	155	152	158	154	100-200
3	620 $\Omega$	360	378	368	364	367	370	220-400
4	1k $\Omega$	599	620	609	610	609	620	450-700
5	3.3k $\Omega$	823	815	820	815	825	815	750-830
6	1.5k $\Omega$	850	860	856	853	865	856	835-1000

El diseño esquemático total del área de escritura, que corresponde a las 6 matrices d

escritura se presenta en la figura 48.

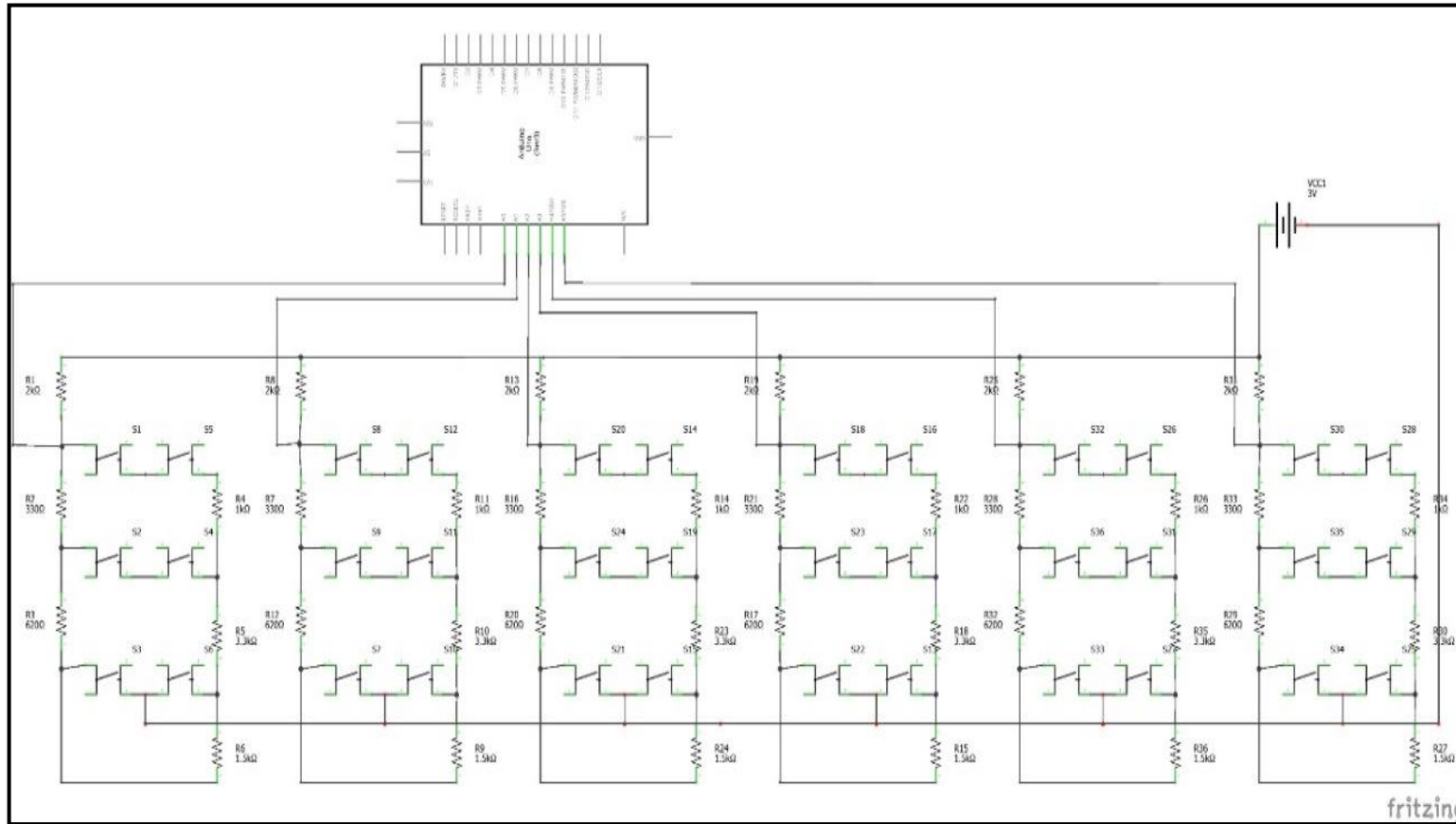


Figura 48: Diseño del circuito de zona de escritura

Fuente: Elaborado por el autor

### 3.8.1.1. Diagrama de conexión de zona de Escritura

En la figura 49 se puede observar el diagrama de conexión del Arduino y el tablero resistivo, en donde como se señala hay 6 matrices, cada una representa a una letra y la palabra más caracteres que se puede escribir es de 6 caracteres.

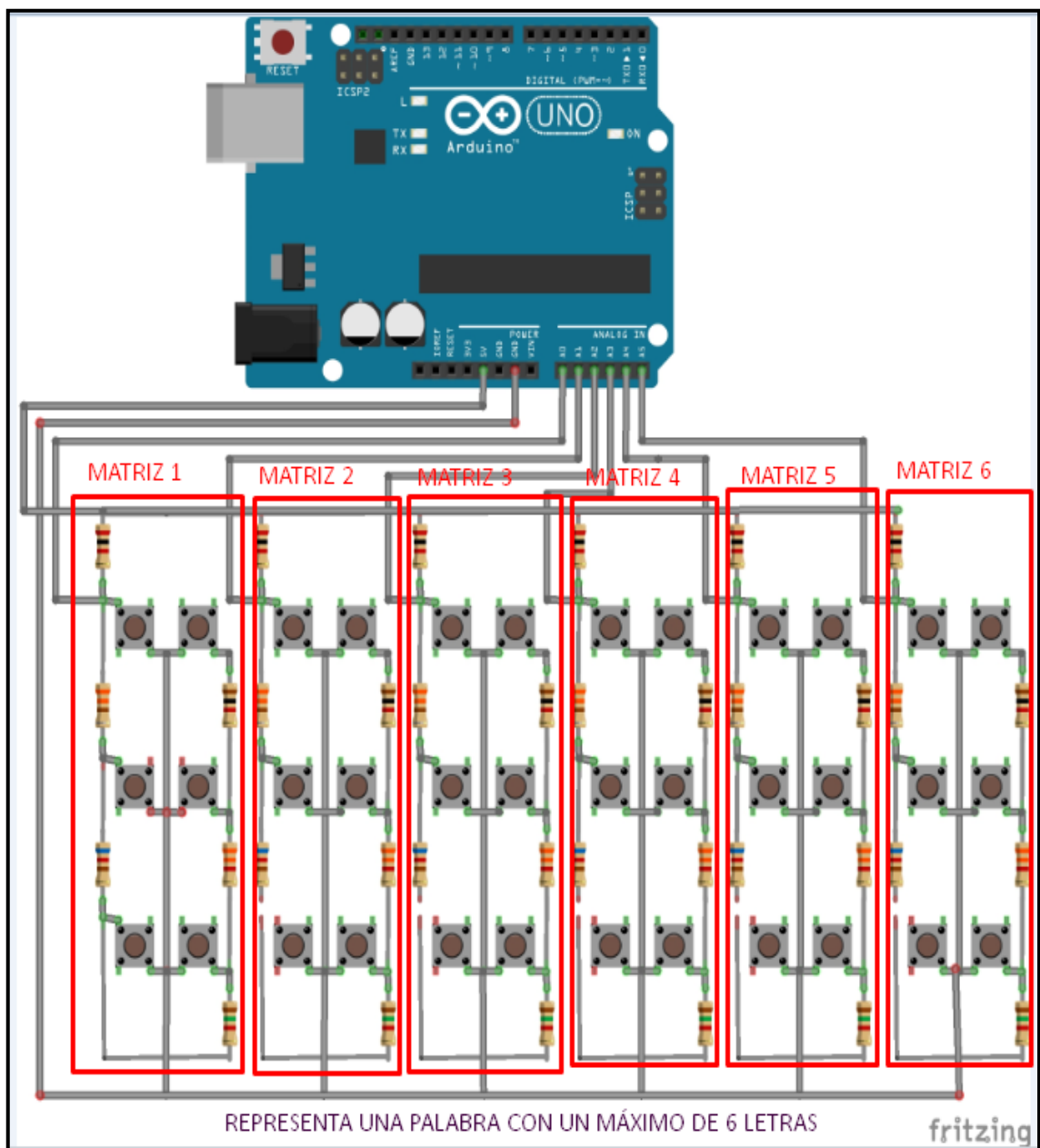
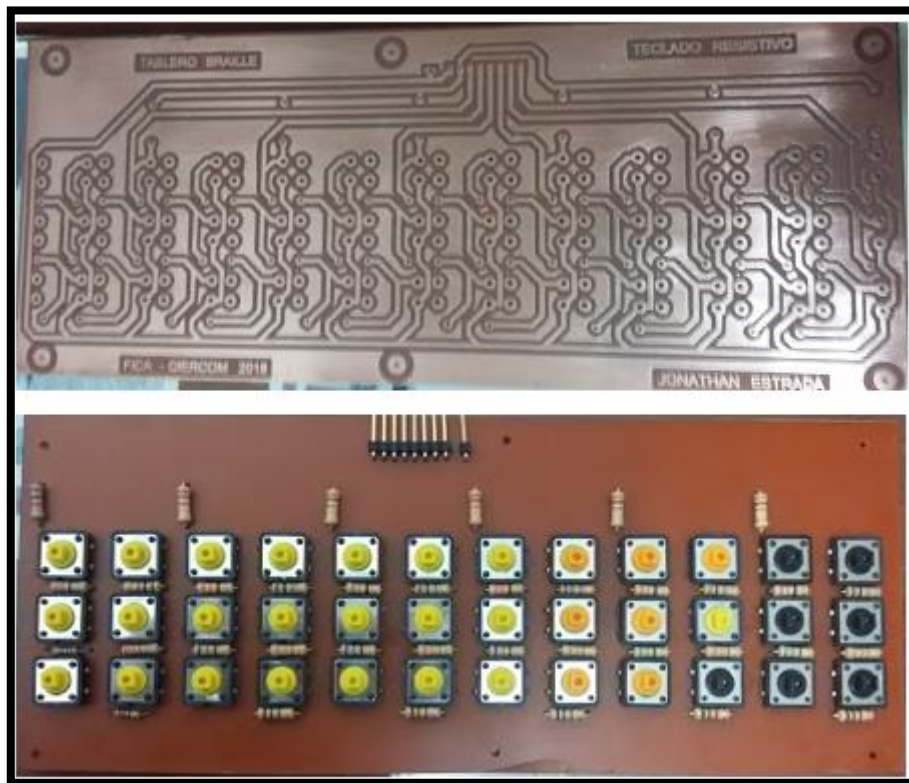


Figura 49: Diagrama de conexiones del Teclado resistivo

Fuente: Elaborado por el autor.

De la misma manera en la figura 50 se indica la placa de conexión de la zona de escritura y el Arduino UNO.



*Figura 50: Placa bloque de Escritura*

Fuente: Elaborado por el autor

### **3.8.2. Bloque de Verificación**

Para el diseño del tablero electrónico se han tomado en cuenta tres botones de control como se muestra en la figura 51 y tres controles por reconocimiento de voz que son:

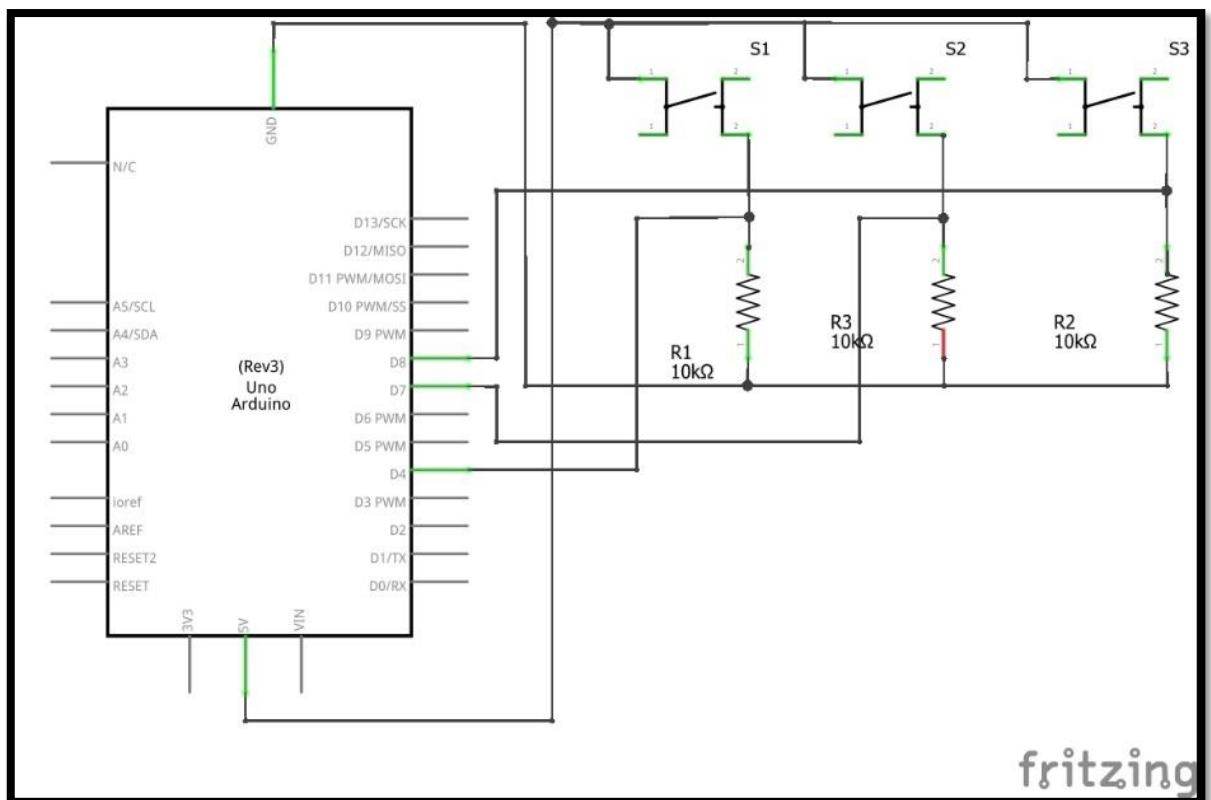
- Vocales
- Consonantes
- Escritura



*Figura 51: Botones de control*

Fuente: Elaborado por el autor

Estos botones de control y verificación se encuentran conectados a la placa Arduino, por lo que, en la figura 52, se indica el diagrama esquemático y las conexiones de estos elementos.



*Figura 52: Diagrama de circuito de Bloque de control*

Fuente: Elaborado por el autor

A continuación, en la figura 53, se puede observar el diagrama de conexión del Bloque de Control.



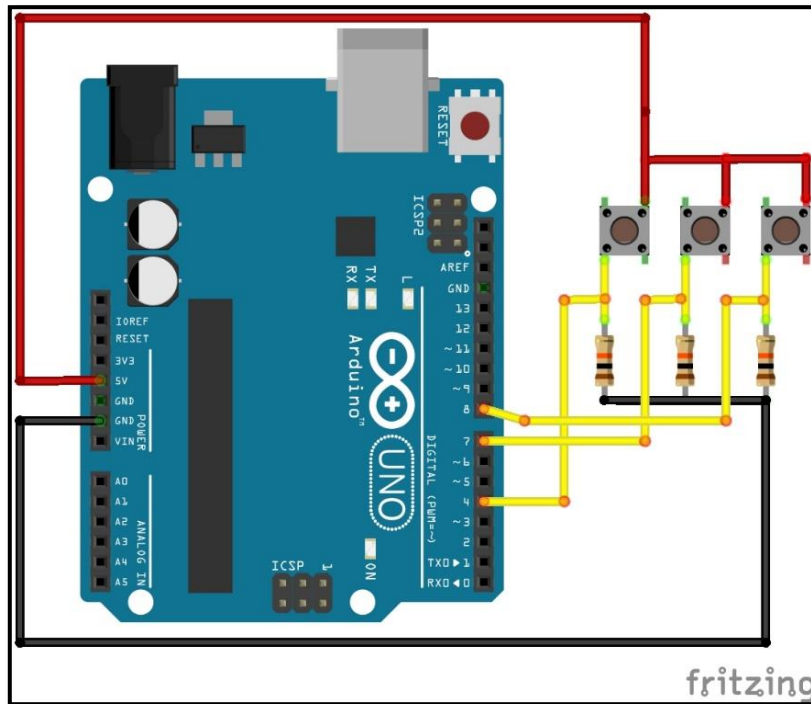


Figura 53: Diagrama esquemático de conexión de Arduino UNO con botones de control

Fuente: Elaborado por el autor

De la misma manera en la figura 54 se indica la placa de conexión del Bloque de Verificación y el Arduino UNO.



Figura 54: Placa bloque de Verificación

Fuente: Elaborado por el autor

A continuación, se detalla las funciones de los botones y audios de control.

- Control de audio del grupo vocales

En la zona de lectura se realiza la solicitud a este grupo mencionando la palabra **“vocal”**, e inmediatamente si es reconocido, el tablero electrónico le devolverá un mensaje informándole que se encuentra dentro del grupo vocales.

- Control de audio del grupo consonantes

Dentro de la zona de lectura para acceder al grupo 2 que está establecido para las consonantes, es necesario decir la palabra **“consonantes”**, con lo que es posible ingresar a este estado, una vez dentro se puede solicitar cualquier consonante por medio de comandos de voz y acercar la mano y tocar la matriz formada por servomotores que dependiendo la letra requerida estarán cambiando de grado de inclinación para formar el símbolo de cada solicitud.

- Selección de modo “escritura”

Al estar en el modo de Lectura y desear cambiar al modo de escritura hay que pronunciar la palabra **“escritura”**, y de este modo ya se puede cambiar de zona del tablero electrónico.

- Botón para modo “Lectura”

Al presionar el botón en forma de cuadrado, inmediatamente se reproduce un audio que indica el cambio de zona de escritura a lectura, donde se puede ingresar a los grupos de vocales y consonantes y aprender el do de

escritura de las mismas. En la figura 55 se puede observar la imagen del botón para acceder a los grupos de letras.



*Figura 55: Imagen del botón para acceder al modo Lectura*

Fuente: Elaborado por el autor

- Botón para enviar letra

En la zona de escritura se encuentran seis matrices con la forma del símbolo generador Braille en cada matriz se puede escribir una letra o carácter y una vez digitado el símbolo se presiona el botón con perfil de triángulo y así ir verificando que cada letra escrita se encuentre correctamente, inmediatamente el tablero contestara con un mensaje de información donde indicara que carácter se ha digitado. En la figura 56 se puede ver la imagen del botón para enviar un carácter.



*Figura 56: Imagen del botón para enviar caracteres*

Fuente: Elaborado por el autor

- Botón de solicitud de palabra y verificación de la misma

Este botón es utilizado para cuando se termina de digitar la palabra, se presiona el botón en forma de estrella y se puede verificar si la palabra fue escrita correctamente, puesto que se escuchará un mensaje informándonos. Si la palabra fuese escrita incorrectamente, se libera un mensaje en el cual se solicita al usuario que se dirija al área de lectura para que puede identificar la escritura correcta. En la figura 57 se puede observar la imagen del botón de verificación de palabras.



*Figura 57: Imagen del botón para enviar y verificar palabras*

Fuente: Elaborado por el autor

### **3.8.3. Circuito de conexión**

En la figura 58 se muestra el diagrama de conexión de todo el circuito.

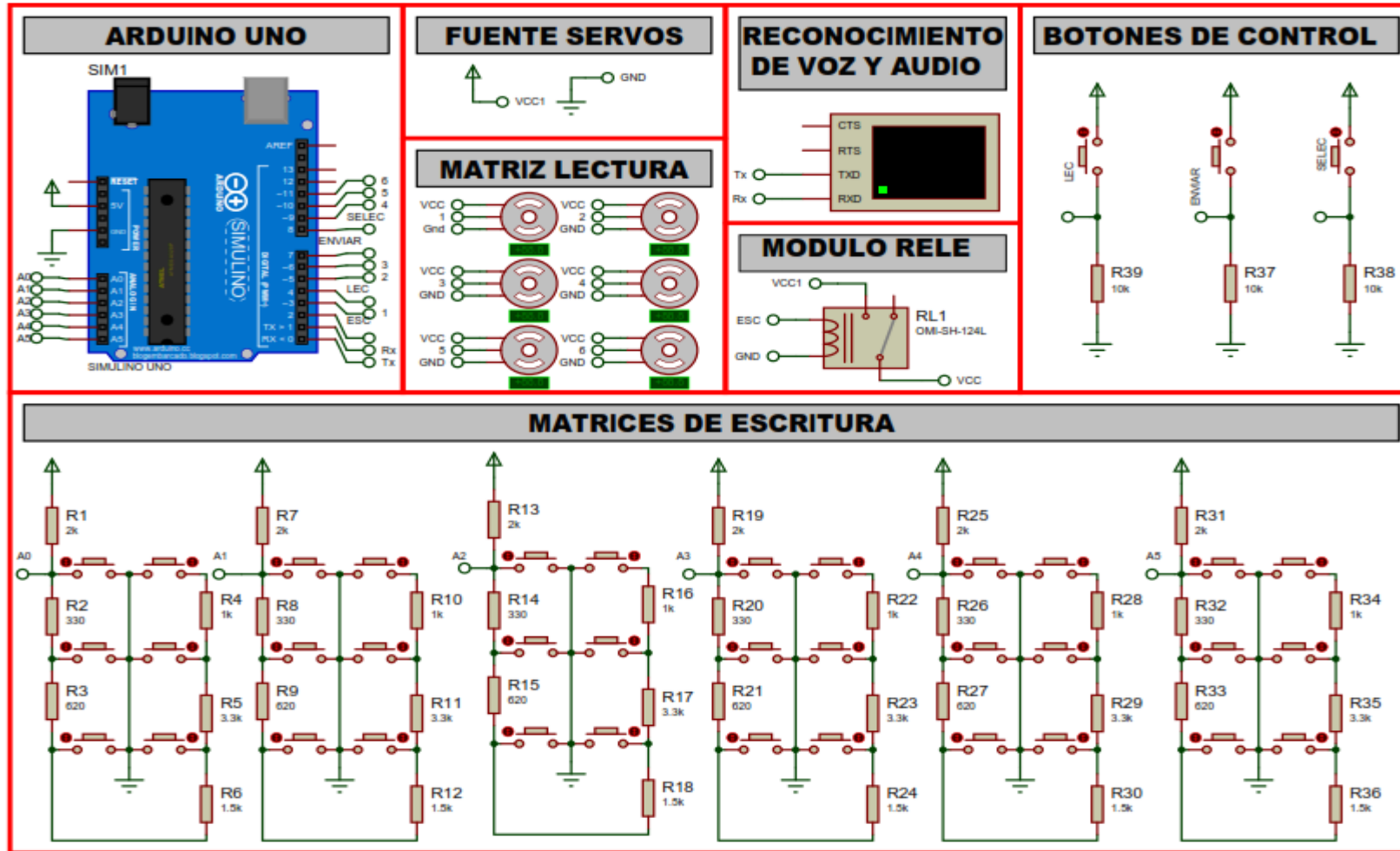


Figura 58: Simulación del sistema en Proteus

Fuente: Elaborado por el Autor

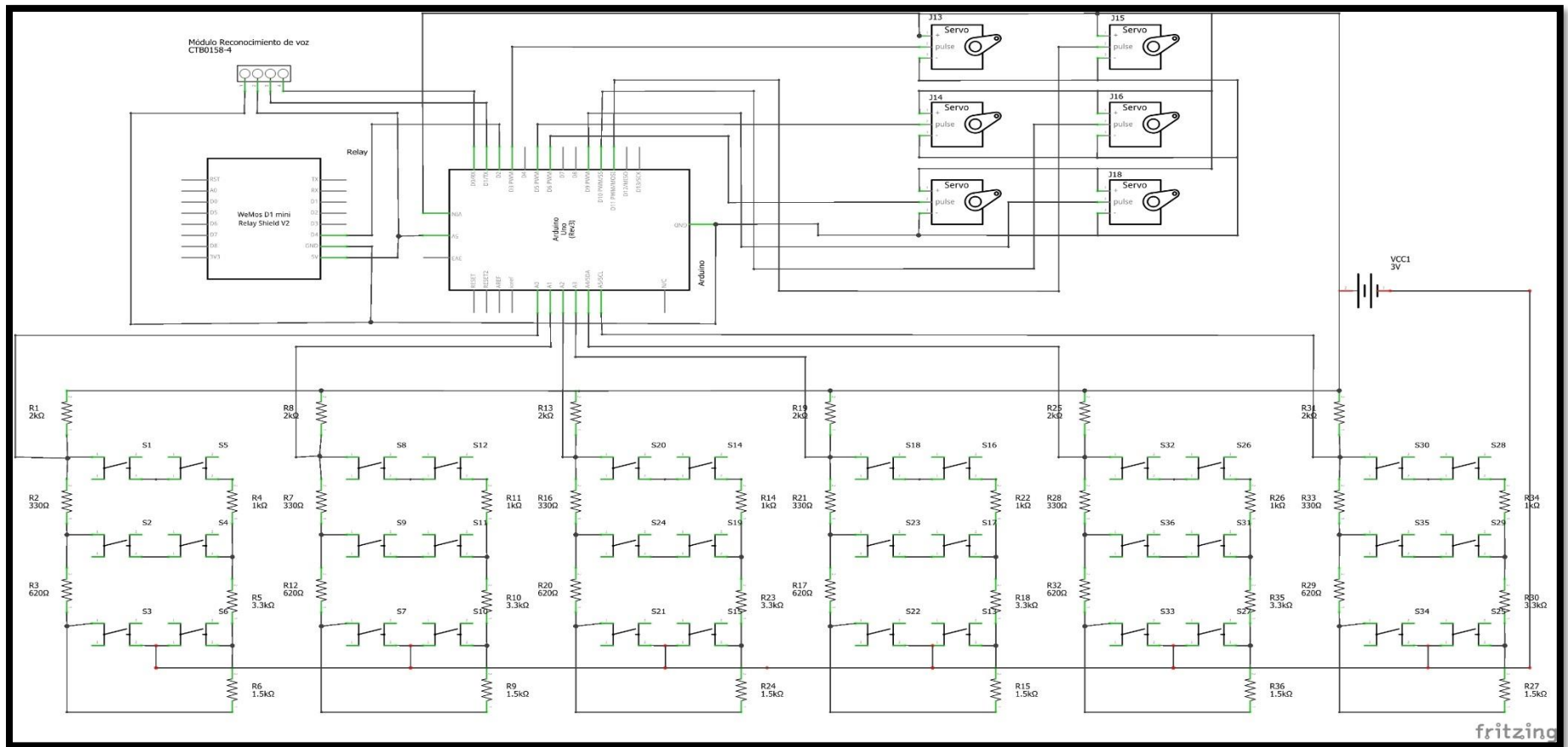


Figura 59: Diagrama de circuito total del tablero

Fuente: Elaborado por el Autor

### 3.9. BLOQUE DE ALIMENTACIÓN

Esto bloque tiene una vital importancia debido a que se encarga de suministrar la energía necesaria a todos los elementos del sistema para que puedan funcionar correctamente, este debe tener las dimensiones adecuadas y una capacidad que garantice el funcionamiento del sistema por un determinado tiempo.

El consumo de energía del tablero electrónico es de suma importancia, puesto que, este funciona con elementos que consumen y transportan energía, por lo que es necesario realizar un análisis del consumo de todo el sistema en general. El análisis se realiza tomando en cuenta el consumo de cada elemento individualmente, para luego proceder hacer cuenta del consumo total.

#### 3.9.1. Consumo de energía de módulo EasyVR

El módulo de reconocimiento de voz EasyVR según su hoja de especificación técnica indica que el dispositivo, tiene diversos consumos de corriente dependiendo el tipo de actividad que este desempeñando, en la Tabla 7 se detalla los consumos de corriente.

**Tabla 7:** Consumo de corriente del módulo EasyVR

<i>Requerimiento de corriente EasyVR</i>	
<b>Parámetro</b>	<b>Consumo de corriente</b>
Corriente de funcionamiento	35 mA
Corriente de reproducción de audio	250 mA
<b>Total de consumo de corriente</b>	<b>285mA</b>

### 3.9.2. Consumo de energía de placa Arduino Uno

En las especificaciones técnicas del Arduino uno que se presentaron en este capítulo en la elección de componente de control, nos indican las características y requerimientos de consumo de corriente como se puede observar en la tabla 8.

**Tabla 8:** Consumo de energía de placa Arduino UNO

<b>Requerimiento de corriente Modulo Arduino UNO</b>	
Parámetro	Consumo de corriente
<b>Corriente continua por pin IO</b>	40 mA
<b>Corriente continua en el pin 3.3V</b>	50mA
<b>Total de consumo de corriente</b>	90mA

### 3.9.3. Consumo de energía de servomotores

Para el tablero electrónico se han usado micro-servomotores que según sus especificaciones tienen un consumo menor a 500mA y funcionan con una fuerza electromotriz de 5V. En la matriz de escritura hay 6 servomotores en funcionamiento por lo cual se tiene un consumo aproximado de 3A.

### 3.9.4. Fuente de energía

La fuente de alimentación ha sido diseñada básicamente con un regulador de tres terminales, al requerir una salida de 5v (voltios) 2,5A (amperios), es necesario el uso del LM7805, acoplado con dos transistores de potencia TIP42C y una resistencia de 0,33 ohmios a 5W con su respectivo disipador el cual es importante para lograr mantener una temperatura adecuada del circuito, además, se requiere el uso de un transformador de 110v a 9v 60Hz (Mocq, 2016), según las especificaciones, además, un puente



rectificador de cuatro diodos y condensadores que actúan como filtros de desacople tanto a la entrada como a la salida del regulador, en esta ocasión se especifica los valores de los elementos a ser colocados en la Figura 60 donde se observa en rojo la forma como se coloca el transistor Q2 de potencia que será el encargado de limitar la corriente que circule por Q1 cuando esta sea aproximadamente 2,5A.

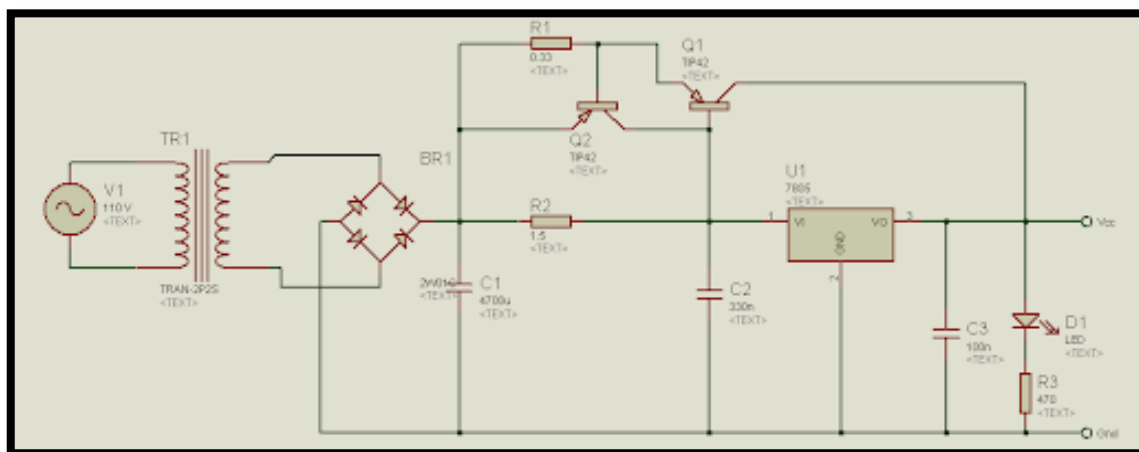


Figura 60: Diseño de fuente de alimentación de micro-servos

Fuente: El autor basado en (Mocq, 2016),

Como se expuso anteriormente el tablero electrónico requiere de aproximadamente 3A, por lo que en la figura 60 se puede observar el diseño de fuente de energía, para la implementación del tablero se ocupó un cargador con las mismas características de la fuente expuesta con el objetivo de ahorrar espacio y tiempo. El cargador genera una salida de 5V y otorga una corriente de 3A.

### 3.10. DISEÑO DE SOFTWARE

La programación de la placa de desarrollo se lo hace mediante el propio IDE de Arduino que utiliza el lenguaje C como lenguaje de programación. El software IDE (Integrated Development Environment) puede ser instalado en diferentes sistemas

operativos y permite introducir una serie de códigos a las placas de desarrollo los cuales las ejecutan posteriormente de manera autónoma.

En esta parte se han tomado en cuenta dos partes, una que son los diagramas de flujo que representan la programación que se ha desarrollado en el prototipo y la parte de configuración del dispositivo de reconocimiento de voz EasyVR que son las creaciones de las tablas de audio y carga de datos.

### **3.10.1. Diagramas de Flujo**

En este apartado se muestra mediante representaciones gráficas, (ver Figura 61,62 y 63) los diferentes pasos y el proceso que sigue el sistema para realizar distintas actividades, brindando una mejor comprensión acerca del funcionamiento del sistema.

### 3.10.1.1. Diagrama de flujo general

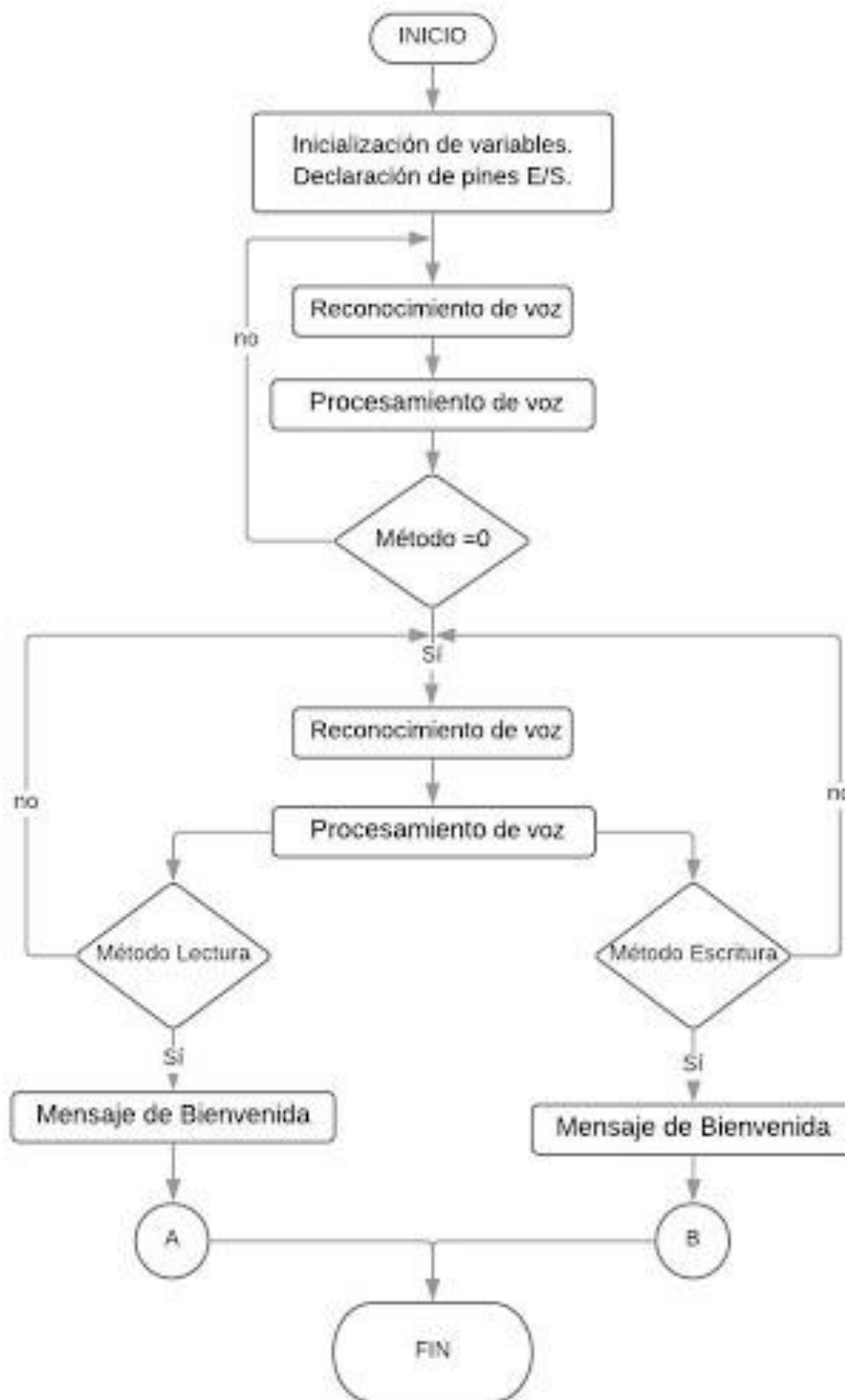


Figura 61: Diagrama de flujo del Bloque de Procesamiento

Fuente: Elaborado por el autor

### 3.10.1.2. Diagrama de flujo zona de Lectura

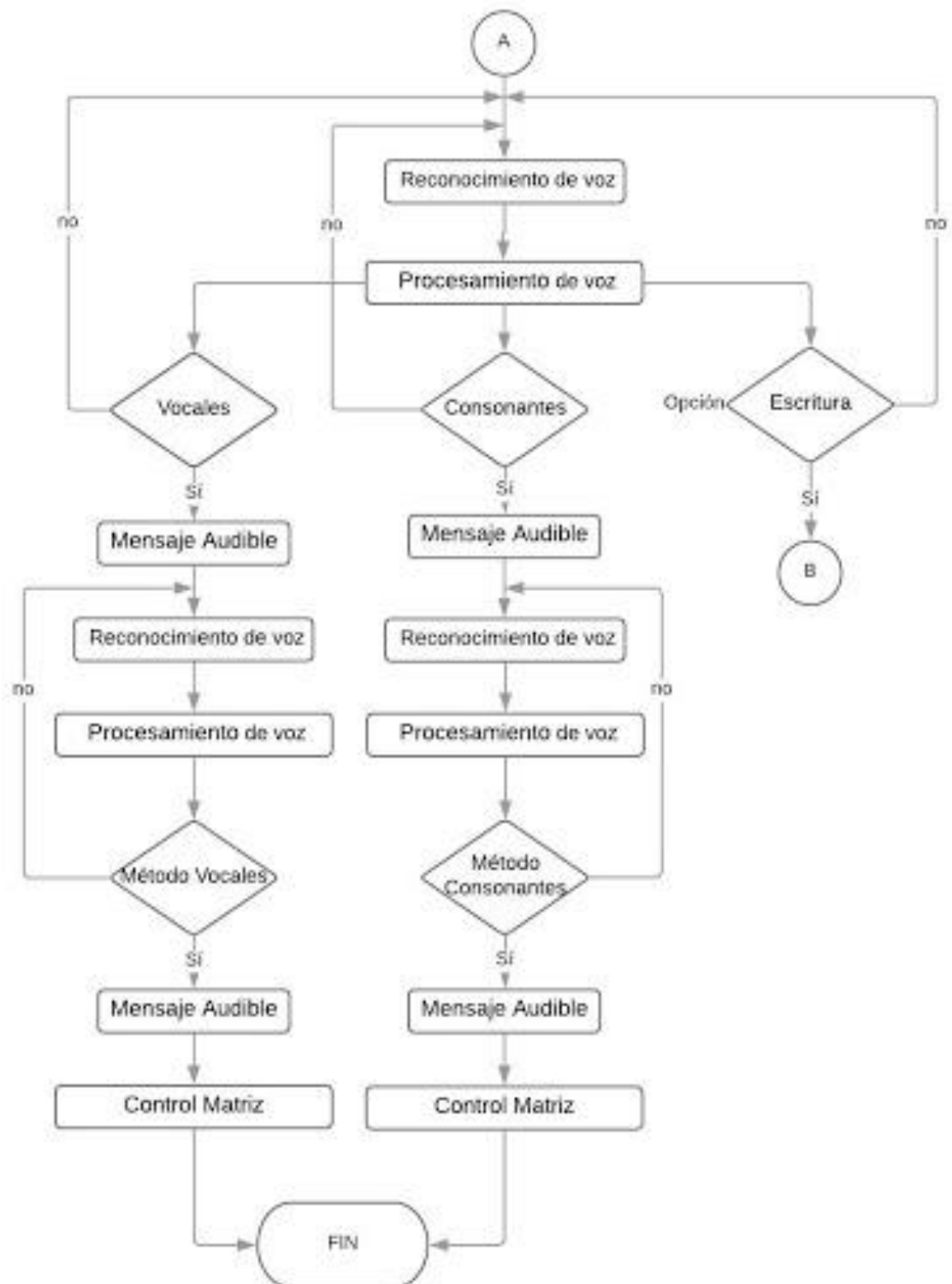


Figura 62: Diagrama de flujo del Bloque de Lectura

Fuente: Elaborado por el autor

### 3.10.1.3. Diagrama de flujo zona de Escritura

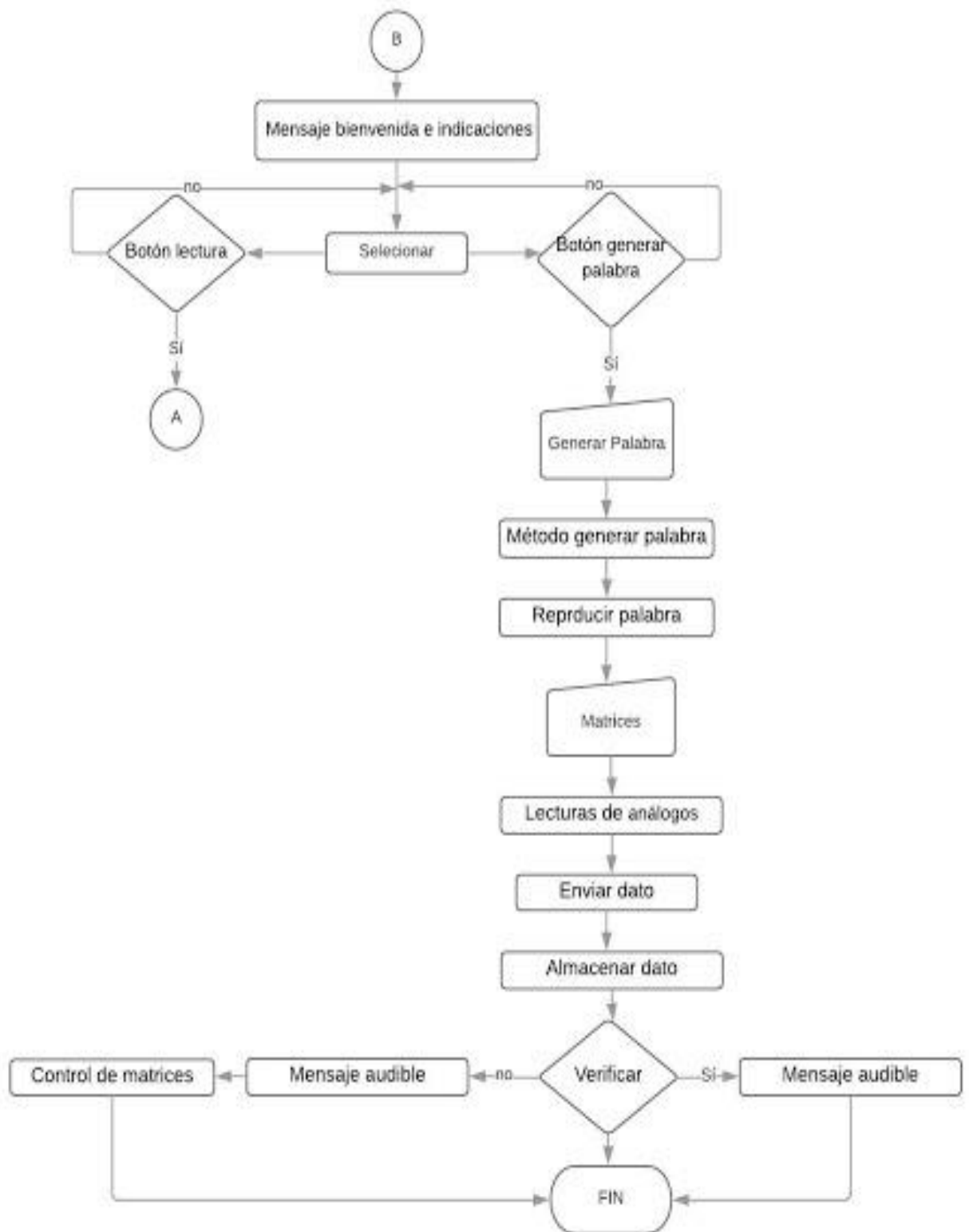


Figura 63: Diagrama de flujo del Bloque de Escritura

Fuente: Elaborado por el autor

### 3.11. CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO ELECTRÓNICO

En este punto del proyecto es necesario realizar el diseño de la caja donde se va a ensamblar el sistema electrónico.

#### 3.11.1. Material para el diseño del tablero electrónico

Para seleccionar el material que se usara para la fabricación de este prototipo se toma en consideración algunos factores que pueden resultar ambiguos ya que depende del gusto y criterio de la persona, hoy en día existen juguetes de plástico, metal o madera; Algunos de estos materiales son más acogidos que otros, todo depende del propósito del juguete, funcionalidades y de las razones de los usuarios. En la Tabla 9, presenta varios tipos de materiales y sus características de los cuales se hará una selección adecuada para el diseño de esta aplicación.

*Tabla 9: Comparativa de materiales para tablero*

<b>Comparativa de Materiales</b>			
<b>Características</b>	<b>Madera</b>	<b>Plástico</b>	<b>Metal</b>
<b>Componente</b>	Natural	Químico sintético	Químico Natural
<b>Conductividad eléctrica</b>	Baja	Baja	Alta
<b>Potencial de interferencia</b>	Bajo	Bajo	Alto
<b>Resistencia</b>	Alta	Media	Alta
<b>Flexibilidad</b>	Media	Alta	Alta
<b>Durabilidad</b>	Alta	Media	Alta
<b>Elasticidad</b>	Baja	Media	Baja
<b>Costo de procesamiento</b>	Bajo	Medio	Alto

**Fuente:** Cartagena, Eduardo. (2016). "JUGUETE ELECTRÓNICO DIDÁCTICO, COMO ELEMENTO DE APOYO PARA LA ENSEÑANZA DE PROGRAMACIÓN A NIÑOS Y NIÑAS DE 4 A 7 AÑOS". p86

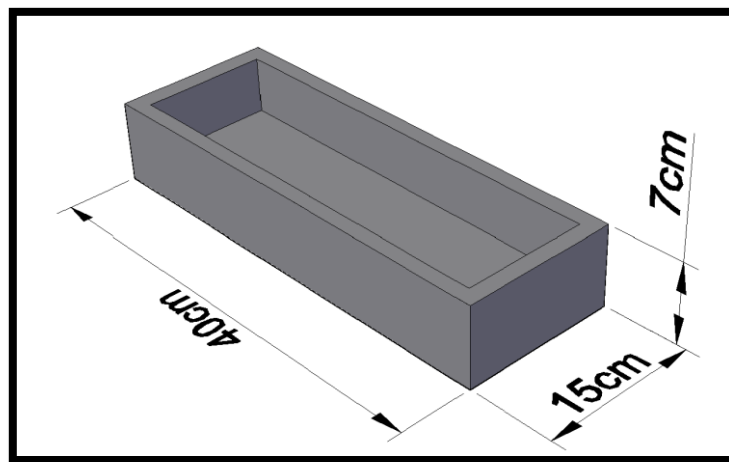
Para el diseño de este prototipo se optó por elegir la madera como material principal ya que de acuerdo a sus características es un buen aislante térmico y eléctrico, es resistente a golpes, tiene un alto nivel de duración es un excelente material para conducción acústica y especialmente tiene bajo costo, lo que hace de este material el más óptimo y adecuado para los infantes.

### 3.11.2. Diseño de estructura

El diseño de la estructura empieza por la caja, para lo cual se escogió las siguientes medidas:

- **Largo** 40 cm
- **Alto** 7 cm
- **Espesor** 15cm

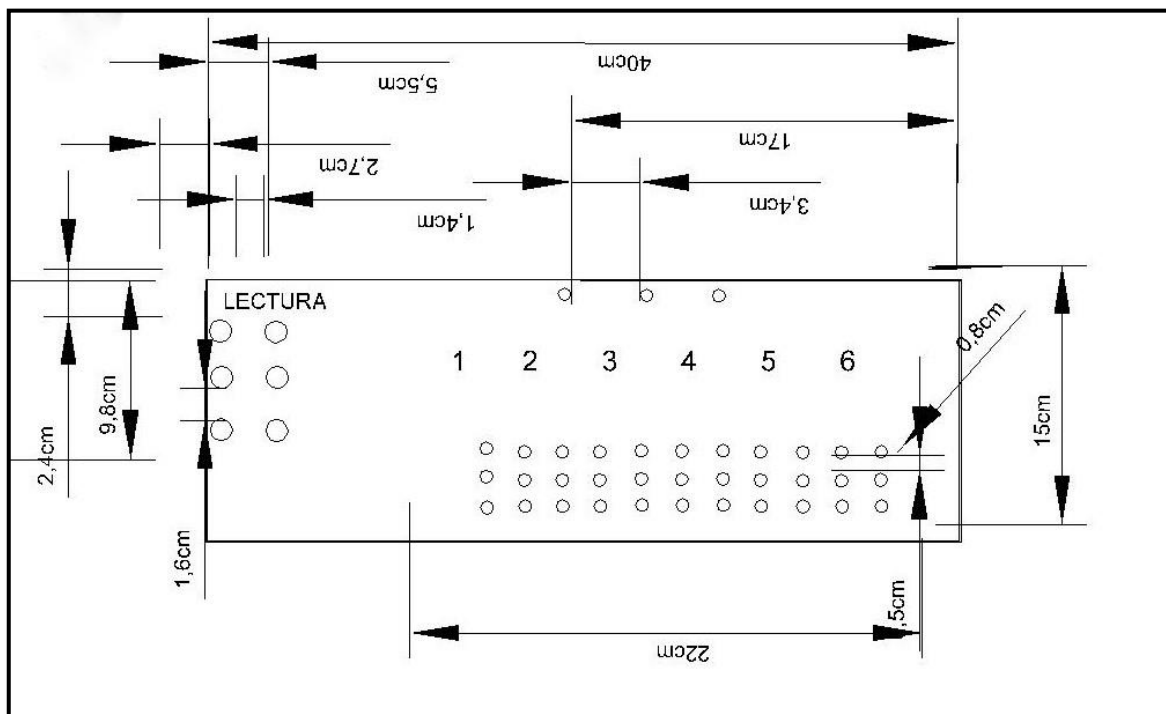
En la figura 64 se puede observar que la caja tiene forma de cubo, la cual solo contara con una tapa en la parte superior, los elementos electrónicos del tablero se colocaran dentro de la caja a excepción de los pulsadores, en la parte lateral derecha se va a ubicar un switch para el encendido/ apagado del tablero.



*Figura 64: Diseño de estructura externa*

Fuente: Elaborado por el autor

En la tapa superior se ensamblarán los botones que pertenecen al teclado resistivo que forman las matrices de escritura, los botones de control del tablero y la matriz de lectura. En la figura 65, se puede observar la distribución de espacios de la tapa con las medidas que se han tomado en cuenta, considerando las dimensiones de los elementos electrónicos que se implementaron.



*Figura 65: Diseño de ubicación de elementos de la tapa superior*

Fuente: Elaborado por el autor

El diseño está realizado en madera considerada un material natural, renovable, amigable con el ambiente que se adapta adecuadamente a los propósitos del prototipo a realizar. Según pedagogos y padres de familia la madera logra estimular de forma natural los sentidos de los niños debido a su tacto, olor y sonido agradable que produce, además es muy resistente a golpes, lo que hace que el juguete sea más duradero y que las bacterias no puedan reproducirse fácilmente lo que hace de este material algo excelente para cuidar la salud de los niños. En la figura 66, se puede observar la elaboración de la caja en sus tapas externa.

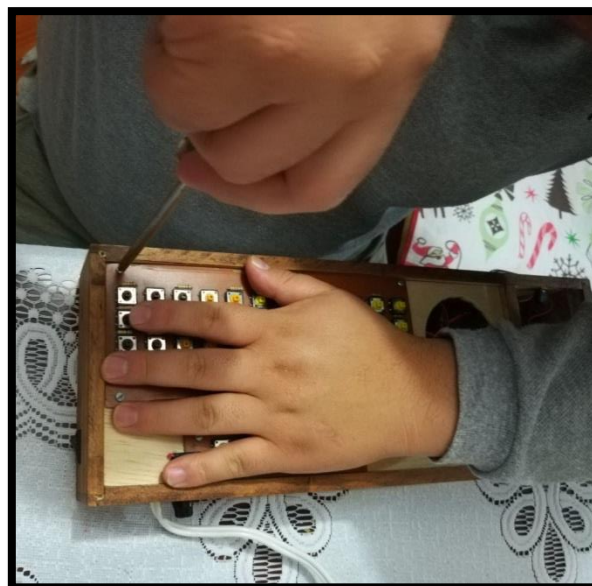




*Figura 66: Elaboración de caja para el sistema electrónico*

Fuente: Elaborado por el autor

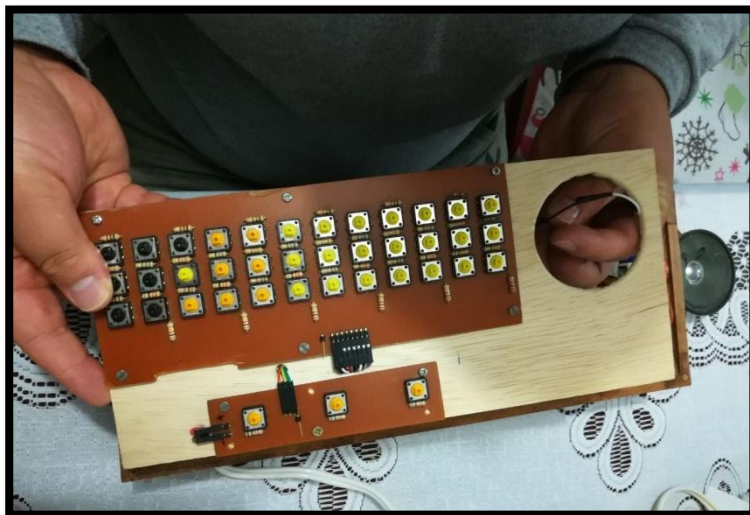
En la Figura 67, se puede observar el ensamblaje de las placas de los circuitos electrónicos en la tapa superior, donde han sido empennadas para que estén sujetas y no haya peligro de que se puedan mover o lastimar.



*Figura 67: Ensamblaje de elementos*

Fuente: Elaborado por el autor

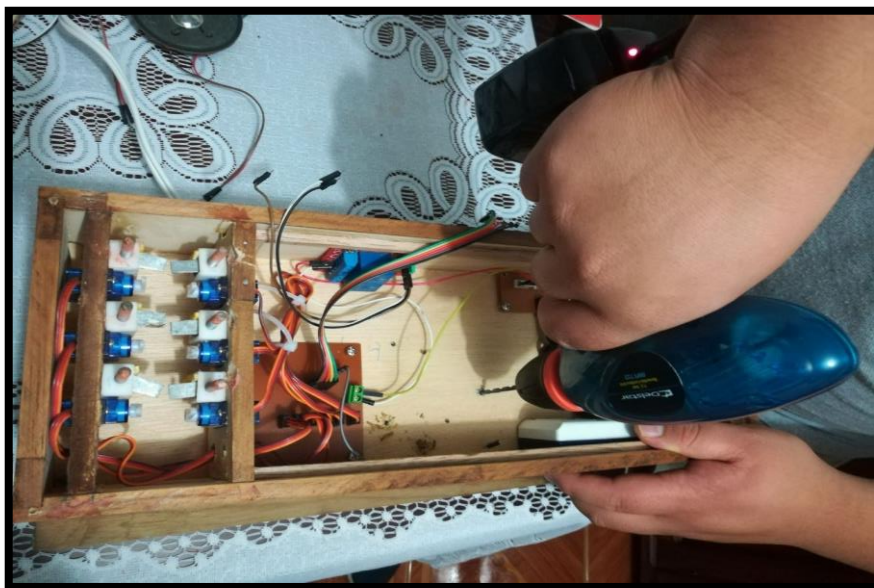
La parte superior queda de la siguiente manera, como se puede observar en la figura 68, esta empotrada la placa del circuito resistivo, la placa de los botones de control tablero, también existe un orificio donde calza el parlante del tablero.



*Figura 68: Tapa superior armada*

Fuente: Elaborado por el autor

En la parte interna de la caja se ensamblaron la placa de Arduino, la placa de servomotores entre otros elementos, como se observa en la figura 69.

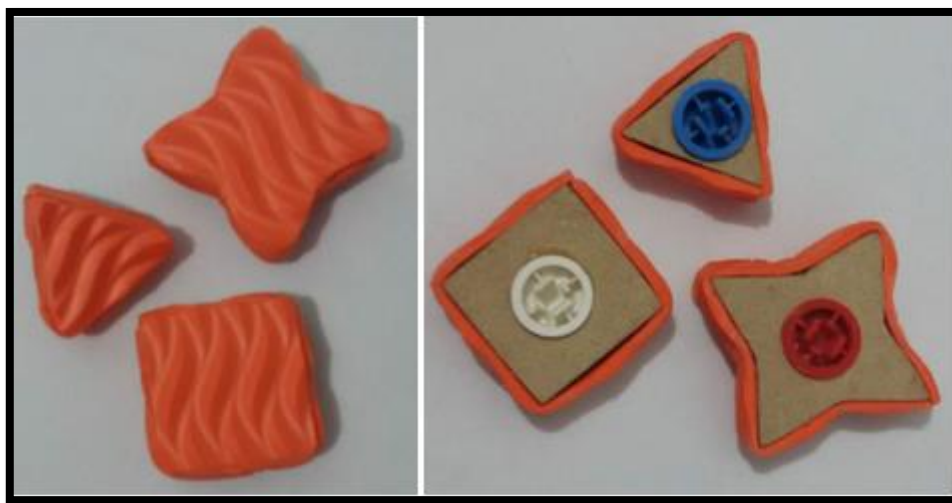


*Figura 69: Ensamblaje de elementos en caja interna*

Fuente: Elaborado por el autor

### 3.11.3. Construcción de los botones en forma de figuras geométricas

Las figuras de los botones de comando se realizaron en madera debido a las características que este material ofrece, tal como se indica en la **tabla 9**, además; con la finalidad de desarrollar el sentido del tacto, ya que este es el medio que hace posible el reconocimiento e identificación de los caracteres en el sistema Braille se ha insertado una textura, esto se lo puede apreciar en la **figura 70**.

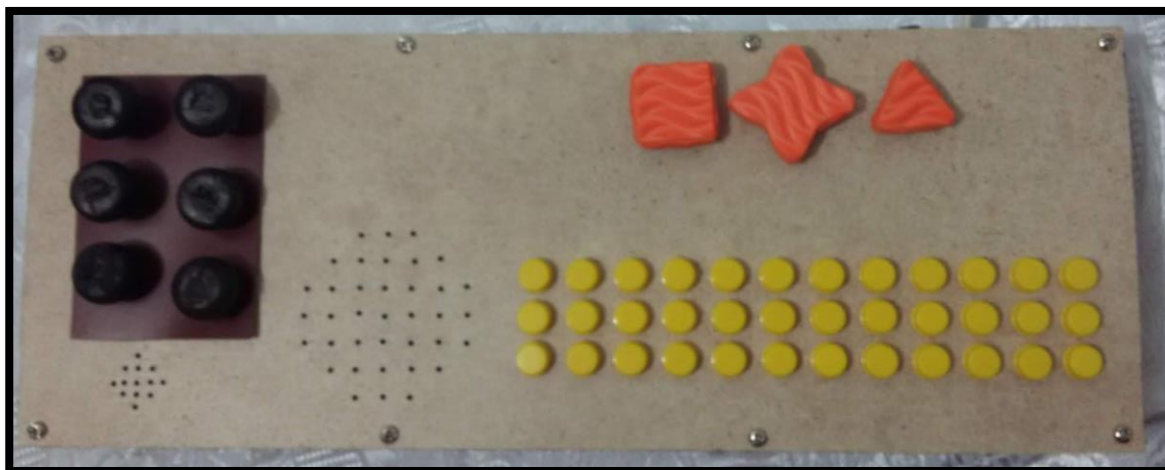


*Figura 70: Botones de figuras geométricas*  
Fuente: Elaborado por el autor

### 3.11.4. Tablero terminado

El producto terminado luce como la imagen 71, donde se puede ver el tablero que en la parte superior derecha tiene tres botones en forma de figuras geométricas, que sirven para solicitar palabras, enviar caracteres y cambiar a la zona de escritura. En la parte inferior derecha se localizan seis matrices que son parte de la zona de escritura, donde se pueden escribir las palabras generadoras que se solicitan al tablero y por último en la

parte izquierda se encuentra la zona de lectura que permite solicitar letra por medio de comandos de voz.



*Figura 71: Tablero electrónico terminado*

Fuente: Elaborado por el autor

### 3.12. COSTOS DEL TABLERO ELECTRÓNICO

#### 3.12.1. Costos de Hardware

El presupuesto determinado para el desarrollo del sistema electrónico se presenta en la tabla 10, en la cual se detalla todos los elementos que intervinieron en el tablero, lo cual permitió fijar un presupuesto en hardware de aproximadamente de \$200 dólares.

*Tabla 10: Costos se Hardware*

<b>PRESUPUESTO EN HARDWARE</b>			
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO (USD)</b>	<b>COSTO TOTAL (USD)</b>
Arduino Uno	1	\$ 15,00	\$ 15,00
Módulo Easyvr 3.0	1	\$ 85,00	\$ 85,00
Micro- Servos	6	\$ 4,20	\$ 25,20
Pulsadores Y Porta Pulsadores	35	\$ 0,50	\$ 17,50
Resistencias	40	\$ 0,10	\$ 4,00

Módulo Relay	1	\$ 4,00	\$ 4,00
Parlante	1	\$ 1,50	\$ 1,50
Baquelita	1	\$ 2,50	\$ 2,50
Materiales Para Baquelita (Estaño, Pasta, etc.)	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Estructura Del Mecanismo De Lectura (Pernos, Soportes)	1	\$ 15,00	\$ 15,00
Estructura Del Prototipo	1	\$ 20,00	\$ 20,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 199,70</b>

### 3.12.2. Costos de Software

El software que permitió desarrollar este prototipo se detalla en la tabla 11, la misma que tiene un costo de \$0 dólares, debido a que son herramientas de software libre y que cumplen con los requerimientos anteriormente planteados.

**Tabla 11:** Costos de Software

<b>PRESUPUESTO EN SOFTWARE</b>			
ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Ide De Arduino	1	0	0
Proteus	1	0	0
Easyvr Comander 5.3	1	0	0
Loquendo Tts Director	1	0	0
Sensory Quicksynthesis 5	1	0	0
<b>TOTAL</b>			<b>0</b>

#### **4. CAPITULO IV: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

En este apartado del trabajo de investigación se desarrollarán pruebas de distinta índole en las cuales se evaluará el desempeño de las funciones del tablero eléctrico para niños con discapacidad visual, así como, el manejo y comprobación del correcto funcionamiento de la base en la cual se ubican las placas con elementos electrónicos, para de esta forma obtener diferentes observaciones de la herramienta al ser manipulada por los infantes de diferentes edades.

En primer lugar, se ha verificado que la herramienta cumpla adecuadamente las funciones de encendido, reconocimiento de voz, cambio de zonas, es decir lectura a escritura y viceversa se evaluó la colocación y práctica de las placas electrónicas, así como el teclado y botones de controladores.

##### **4.1. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL TABLERO ELECTRÓNICO**

Para la realización de esta prueba se evaluó al tablero electrónico para personas con discapacidad visual, el cual, permite verificar el funcionamiento de los diversos periféricos y partes que lo componen, para poderlos evaluar fue necesario mantener la herramienta en marcha por aproximadamente 3 horas ininterrumpidas, durante las cuales se manipuló cada uno de sus elementos para poder realizar las observaciones necesarias e identificar posibles inconvenientes.

Los resultados de la prueba de puesta en marcha se pueden evidenciar en la Tabla 12 y permiten identificar el cumplimiento de ciertos parámetros que se ha considerado como relevantes para que el tablero electrónico cumpla las funciones de computador, los parámetros que se han evaluado son los siguientes:

- El módulo EasyVR 3.0 en su función de reconocimiento de voz realiza una función ininterrumpida.
- El teclado o matriz de escritura debe permitir una interacción sin interrupción entre el usuario cuando sea la zona de escritura llamada para proporcionar su funcionamiento.
- Verificar que los botones de control, como es el botón en forma de cuadrado (Cambio a zona de lectura), botón en forma de triángulo (Verifique la letra escrita), botón en forma de estrella genere una palabra y verifique que la palabra se encuentra escrita correctamente.
- Es necesario que, por medio de comando de voz, realice cambio de zona de lectura a escritura.
- Los servo-motores deben cambiar su ángulo de giro, cada que el tablero reconozca una letra o vocal para formar el carácter solicitado.
- Es preciso que, si el usuario digita mal la palabra generada, haya una retroalimentación, es decir que se dirija a la zona de lectura y le indiquen como es correcta la escritura.
- El tablero electrónico brinda una respuesta audible después de realizar un proceso o ejecutar un comando.
- El tiempo de respuesta de los servo-motores en la zona de lectura es inmediato después de realizado una petición.
- La verificación de las palabras digitadas se realiza de manera correcta.
- Los niños reconocen con facilidad las figuras y formas que contienen los botones.
- El módulo de reconocimiento de voz da un mensaje de saludo al principio de la puesta en marcha del dispositivo.

**Tabla 12:** Pruebas de funcionamiento del tablero

<b>Prueba de funcionamiento del tablero</b>				
<b>N°</b>	<b>Actividad</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Observación</b>
<b>1</b>	Funciona el módulo de reconocimiento de voz	X		Funciona correctamente
<b>2</b>	Funciona el switch de encendido y apagado del tablero	x		Funciona correctamente
<b>3</b>	Funciona comando de voz para cambiar de lectura a escritura	x		Funciona correctamente
<b>4</b>	Se recibe un mensaje del tablero, después de ejecutar un proceso	x		Funciona correctamente
<b>5</b>	Los servomotores realizan una variación en su ángulo cuando se solicita una letra o vocal	x		Funciona correctamente
<b>6</b>	Funciona el botón de verificación de palabras escritas	x		Funciona correctamente
<b>7</b>	Funciona el botón de envió de caracteres cuando se está escribiendo la palabra dada.	x		Funciona correctamente
<b>8</b>	Hay retroalimentación cuando se escribe mal una palabra	x		Funciona correctamente
<b>9</b>	El usuario reconoce las formas o figuras del tablero electrónico	x		Funciona muy bien

Al finalizar las pruebas del tablero electrónico se resuelve que ha tenido un excelente desempeño, porque ha superado las pruebas que se le han efectuado. Tanto la zona de lectura como la de escritura han logrado conectarse sin problema, permitiendo la retroalimentación en el caso de la digitación de las palabras, que al estar escritas de una



manera errónea pueden verificarse en la matriz de lectura, así es usuario no se queda con la inquietud de no saber dónde se presentó el error

#### 4.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL AREA DE LECTURA EN PROTEUS.

En esta área se evaluaron algunos parámetros, como por ejemplo tiempo de respuesta del sistema, ángulo de giro de los servomotores, según la programación y el correcto orden de los mensajes. En la tabla 13 se muestran los parámetros que se evaluaron con las respectivas observaciones.

*Tabla 13: Prueba área de lectura*

<b>Prueba de funcionamiento del área de lectura</b>				
<b>N°</b>	<b>Actividad</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Observación</b>
1	Reconoce las instrucciones.	X		Funciona correctamente.
2	Se activa el módulo relé.	X		Toma un tiempo mayor a 3 segundos.
3	Los servomotores realizan una variación en su ángulo cuando se lo solicita.	X		La variación de los ángulos toma un tiempo mayor a 5 segundos.
4	Los mensajes mostrados son los correctos.	x		Funciona correctamente.

Como se puede observar en la tabla 13 el rendimiento del sistema se vio afectado por los delay, debido a que estos tiempos fueron muy grandes, lo cual produjo que el tiempo de respuesta de los servos motores sean grandes, es por eso que se optó por cambiar la función delay por delayMicroseconds, con lo cual se pudo mejorar notablemente el tiempo de respuesta. La figura 72 se puede observar como en la simulación del sistema los ángulos del servo motor han variado y lo han hecho en menor tiempo.

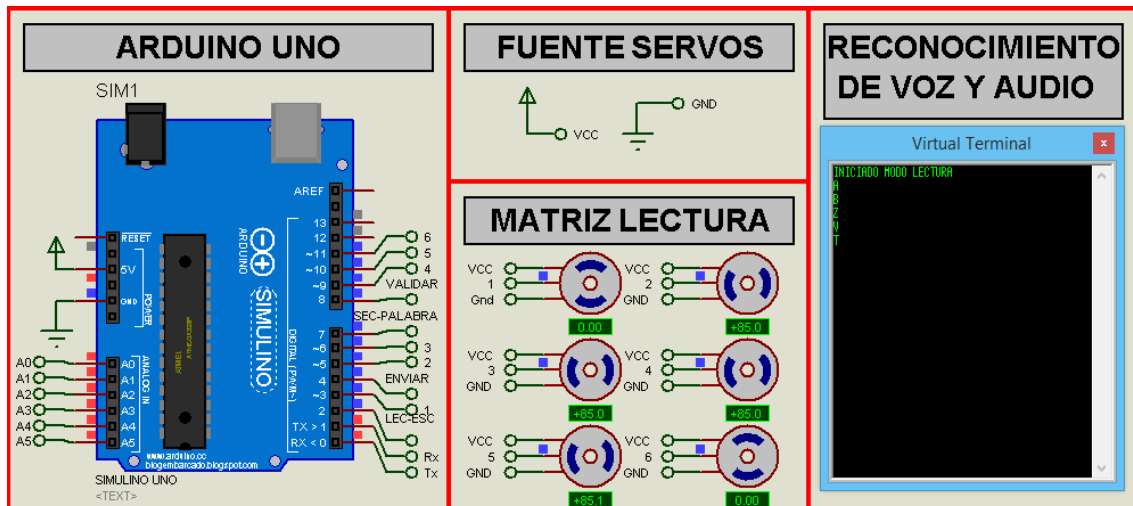


Figura 72: Prueba de simulación área de lectura

Fuente: Elaborado por el autor

### 4.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL ÁREA DE ESCRITURA EN PROTEUS.

Al igual que el área de lectura, en esta área se evaluaron algunos parámetros tales como: botones de control, lectura de los pines análogos, entre otros. En la tabla 14 se muestran los parámetros que se evaluaron con las respectivas observaciones.

Tabla 14: Funcionamiento área de escritura

<b>Prueba de funcionamiento del área de escritura</b>				
<b>N°</b>	<b>Actividad</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Observación</b>
1	Botón seleccionar, genero palabra.	X		Funciono correctamente.
2	Botón enviar, envió el respectivo carácter.	X		Funciono correctamente.
3	Botón lectura, regreso al área de lectura.	X		Funciono correctamente.
4	Los mensajes otorgados fueron los correctos.	X		Funciono correctamente.
5	Las lecturas de los pines análogos están dentro de los rangos establecidos.	X		Funciono correctamente.
6	Las matrices del símbolo generador funcionaron correctamente.	X		Funciono correctamente.
7	Retroalimentación de la palabra escrita incorrectamente.	X		Funciono correctamente.

Como se puede observar en la tabla 14 todos los parámetros que se evaluaron funcionaron de manera correcta, por lo cual podemos decir que en el área de escritura se estableció de manera correcta, y no fue necesario realizar cambios.

En la figura 71, se puede observar una prueba que se realizó en el simulador Proteus, en la cual se indica paso a paso como inicia el modo de escritura, también se incluye la solicitud del usuario de una nueva palabra, a lo cual el sistema responde con la palabra “RATA” y deletrea la misma. A continuación, desde el teclado resistivo se procede a escribir letra a letra, para posteriormente ser verificada por medio de un botón, cuando se escribió correctamente el mensaje del tablero fue “PALABRA CORRECTA”, mientras cuando hubo algún error de escritura en alguna letra que conformaba la palabra el mensaje fue “PALABRA INCORRECTA”.

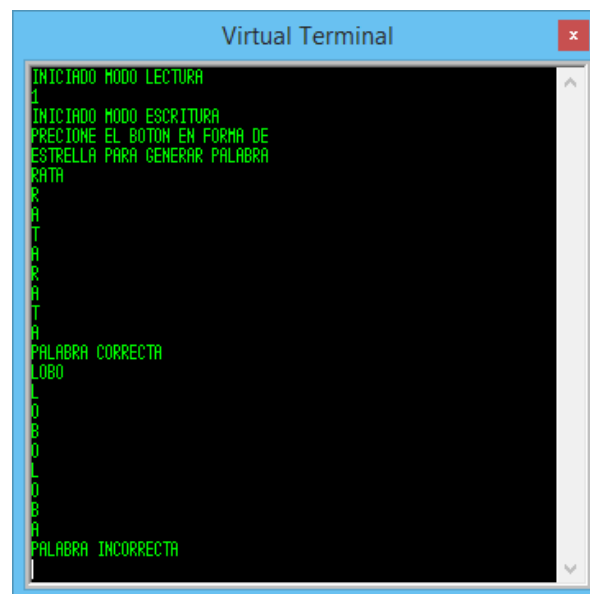


Figura 73: Prueba en Proteus de área de escritura

Fuente: Elaborado por el autor

## 4.4. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL TABLERO ELECTRÓNICO

### 4.4.1. Pruebas del área de lectura.

Para la realización de esta prueba se utilizó la aplicación móvil “Sonómetro” la cual permite establecer los niveles de ruido en un determinado lugar; es así como se seleccionó tres ambientes para; los mismo que se detallan en la tabla 13.

- **Ambiente sin ruido**

En un ambiente sin ruido se pudo comprobar que es la manera más óptima para que el tablero funcione, puesto que hubo 2 erros, estos pudieron ser provocados por un mal pronunciamiento de las órdenes del parte del niño, como se puede apreciar en la figura 74.

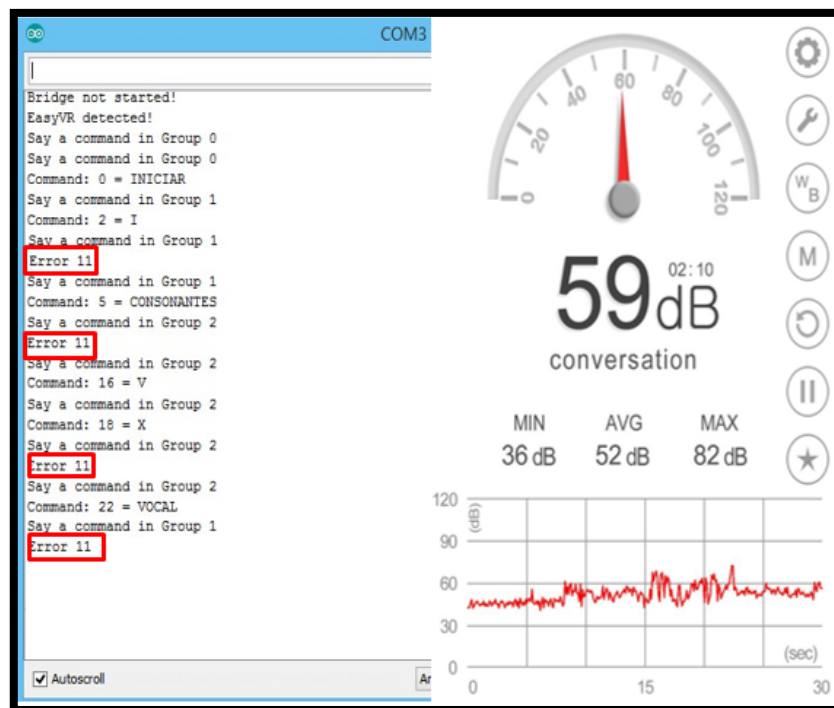


Figura 74: Prueba ambiente sin ruido

Fuente: Elaborado por el autor

- **Ambiente con poco ruido**

En un ambiente con poco ruido, se pudo comprobar que el tablero no tuvo un rendimiento adecuado, puesto que hubo 4 erros, estos pudieron ser provocados por un mal pronunciamiento de las órdenes del parte del niño y por el ruido que se produjo por el ambiente.



*Figura 75: Prueba ambiente con poco ruido*

Fuente: Elaborado por el autor

- **Ambiente totalmente ruidoso**

En este tipo de ambiente, como se puede observar en la figura 76, el módulo de reconocimiento de voz EasyVR no reconoció ningún comando de voz y en todos los intentos sale error al reconocimiento.

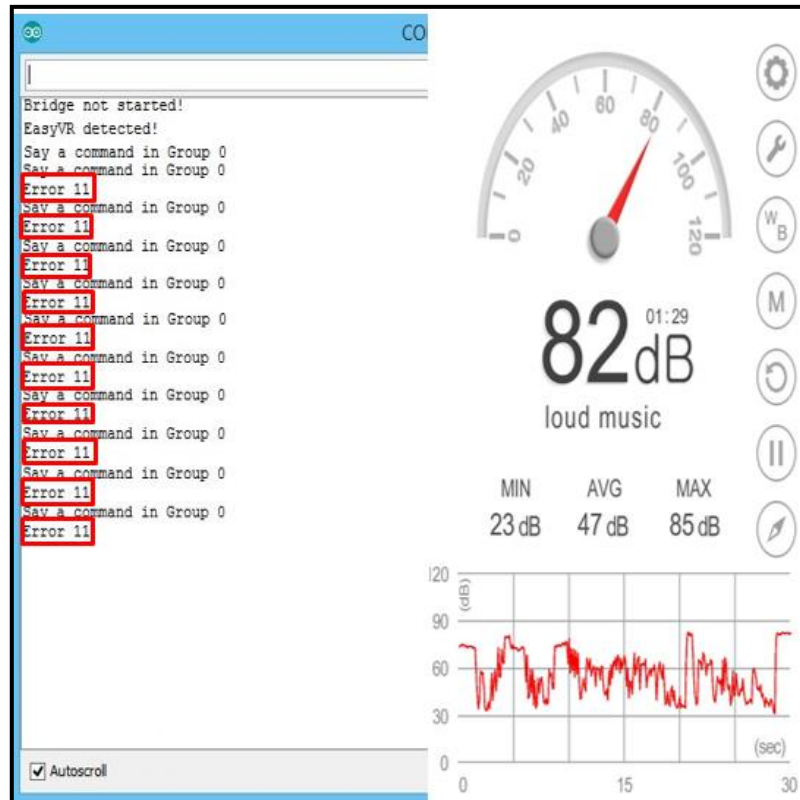


Figura 76: Prueba ambiente ruidoso

Fuente: Elaborado por el autor

Por medio del análisis realizado en base al funcionamiento del tablero en diferentes ambientes, se procedió a realizar las pruebas con los niños en ambientes sin ruido y con poco ruido.

Tabla 15: Prueba en diferentes Ambientes

Ambientes	dB	Errores	Ambiente Óptimo
Ambiente sin ruido	24	2	Funcionamiento Adecuado
Ambiente con poco ruido	59	4	Funcionamiento Poco Adecuado
Ambiente Ruidoso	82	10	Funcionamiento Deficiente

#### 4.5. PRUEBAS CON NIÑOS DE 5- 8 AÑOS

Las pruebas fueron realizadas con un grupo de niños y niñas del centro para personas con discapacidad visual CAPINI en edades comprendidas entre los 5 a 8 años que corresponden a los niveles de Primero a Cuarto Año de Educación Básica dando un total de 4 estudiantes. Para esta actividad fue necesario realizar cuatro equipos, para que cada niño pudiese realizar las pruebas de manera individual.

Las experiencias tienen el propósito de evidenciar y documentar el impacto que causa en los niños en las edades antes mencionadas, y las observaciones que se obtengan en el momento del manejo de módulo interactivo. Cabe mencionar que debido al bajo conocimiento que poseen los niños de informática fue necesario realizar una pequeña clase de introducción y práctica con una duración de aproximadamente 30 minutos.

La Tabla 16 establece resultados y observaciones de temas tratados en la clase práctica de las pruebas realizadas con los niños en sus diferentes edades. Se ha considerado tres tipos de niveles de dificultad, **fácilmente** si el niño ejecutó la actividad sin alguna instrucción adicional, **con dificultad** si lo realizó, pero requirió de ayuda y **difícilmente**, si a pesar de haber recibido instrucciones no logro ejecutar la actividad. Cabe mencionar que para la realización de las pruebas a los niños se les instruyo durante todo el proceso.

*Tabla 16: Resultados de pruebas con tres usuarios*

	CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES								
	Usuario 1			Usuario 2			Usuario 3		
Cumplimiento por usuario	Fácilmente	Con dificultad	Difícilmente	Fácilmente	Con dificultad	Difícilmente	Fácilmente	Con dificultad	Difícilmente

Reconocimiento de símbolos	x	x	x
Identificación de las zonas del tablero	x	x	x
Manejo de pulsadores de escritura	X	x	x
Enciende/Apaga el sistema	x	x	x
Accede a la zona de lectura	x	x	x
Ingresa a los grupos de vocales y consonantes	x	x	x
Ingresa al modo Escritura	x	x	x
Solicita una nueva palabra	x	x	x
Escribe los caracteres ubicando más matrices de escritura	x	x	x
Regresa al modo Lectura	x	x	x

- Usuario 1

En la figura 77 se puede ver a un niño probando el tablero electrónico, donde se le está guiando para para que pueda desempeñarse con facilidad. Así mismo la prueba del ejercicio realizado se adjunta en figura 68, donde se puede ver los errores que cometió y el buen manejo que tubo, cuando probó el tablero.





*Figura 77: Practica Usuario 1*

Fuente: Elaborado por el autor

```

COM3
-----
Bridge not started!
EasyVR detected!
Say a command in Group 0
Command: 0 = INICIAR
Say a command in Group 1
Command: 1 = E
Say a command in Group 1
Command: 2 = I
Say a command in Group 1
Command: 3 = O
Say a command in Group 1
Command: 4 = U
Say a command in Group 1
Command: 5 = CONSONANTES
Say a command in Group 2
Command: 20 = Z
Say a command in Group 2
Command: 16 = V
Say a command in Group 2
Command: 19 = Y
Say a command in Group 2
Command: 23 = ESCRITURA
  
```

*Figura 78: Prueba Usuario 1*

Fuente: Elaborado por el autor

- Usuario 2

En la figura 79 se puede ver a un niño probando el tablero electrónico, donde se le está guiando para para que pueda desempeñarse con facilidad. Así mismo la

prueba del ejercicio realizado se adjunta en figura 80, donde se puede ver los errores que cometió y el buen manejo que tubo, cuando probó el tablero.



*Figura 79: Practica usuario 2*

**Fuente:** Elaborado por el autor

```

COM3
-----
Bridge not started!
EasyVR detected!
Say a command in Group 0
Timed out, try again...
Say a command in Group 0
Say a command in Group 0
Command: 0 = INICIAR
Say a command in Group 1
Command: 1 = E
Say a command in Group 1
Command: 4 = U
Say a command in Group 1
Error 11
Say a command in Group 1
Command: 2 = I
Say a command in Group 1
Command: 1 = E
Say a command in Group 1
Command: 5 = CONSONANTES
Say a command in Group 2
Command: 20 = Z
Say a command in Group 2
Command: 16 = V
Say a command in Group 2
Error 11
Say a command in Group 2
Command: 23 = ESCRITURA
Autoscroll
Ambos NL & CR
9600 baudio
Clear output
  
```

*Figura 80: Prueba usuario 2*

**Fuente:** Elaborado por el autor

- Usuario 3

En la figura 81 se puede ver a un niño probando el tablero electrónico, donde se le está guiando para que pueda desempeñarse con facilidad. Así mismo la prueba del ejercicio realizado se adjunta en figura 82, donde se puede ver los errores que cometió y el buen manejo que tubo, cuando probó el tablero.



**Figura 81:** Practica usuario 3  
**Fuente:** Elaborado por el autor

```
COM3
Bridge not started!
EasyVR detected!
Say a command in Group 0
Say a command in Group 0
Command: 0 = INICIAR
Say a command in Group 1
Command: 2 = I
Say a command in Group 1
Command: 3 = 0
Say a command in Group 1
Command: 5 = CONSONANIES
Say a command in Group 2
Error 11
Say a command in Group 2
Command: 16 = V
Say a command in Group 2
Command: 18 = X
Say a command in Group 2
Error 11
Say a command in Group 2
Command: 22 = VOCAL
Say a command in Group 1
Command: 1 = E
Say a command in Group 1
Error 11
Say a command in Group 1
Command: 6 = ESCRITURA
```

**Figura 82:** Resultados de Usuario 3

**Fuente:** Elaborado por el autor

Después de haber realizado las pruebas con los niños, fue necesario hacer una tabla resumen, en la cual se contemplan los fonemas que fueron reconocidos correctamente por el tablero, con esto se pretende dar un grado de fiabilidad del sistema electrónico.

En la tabla 17 se puede observar las pruebas realizadas con 4 niños, en la cual se diferencia los fonemas reconocidos por cada uno.

**Tabla 17: Prueba de reconocimiento de fonemas**

<b>Reconocimiento de voz de cada letra por los usuarios</b>											
<b>Niño 1</b>		<b>Niño 2</b>		<b>Niño 3</b>		<b>Niño 4</b>					
Letra	Reconocimiento de voz		Letra	Reconocimiento de voz		Letra	Reconocimiento de voz		Letra	Reconocimiento de voz	
	SI	NO		SI	NO		SI	NO		SI	NO
<b>VOCAL</b>											
A	•		A		•	A	•		A	•	
E	•		E	•		E	•		E		•
I	•		I	•		I	•		I	•	
O		•	O	•		O		•	O	•	
U	•		U		•	U	•		U	•	
<b>SERIE 1</b>											
B		•	B	•		B	•		B	•	
C	•		C	•		C	•		C		•
D		•	D	•		D	•		D	•	
F	•		F		•	F	•		F	•	
G	•		G	•		G		•	G	•	
H	•		H	•		H		•	H		•
J	•		J	•		J	•		J		•
<b>SERIE 2</b>											
K		•	K	•		K	•		K	•	
L	•		L		•	L	•		L	•	
M	•		M		•	M	•		M		•
N	•		N	•		N		•	N	•	
P		•	P	•		P	•		P	•	
Q		•	Q	•		Q	•		Q	•	
R	•		R	•		R		•	R	•	
S	•		S		•	S	•		S	•	
T	•		T		•	T	•		T	•	

SERIE 3										
V	•		V	•		V	•		V	•
X	•		X	•		X	•		X	•
Y	•		Y	•		Y	•		Y	•
Z		•	Z	•		Z	•		Z	•
SERIE 4										
Ñ	•		Ñ	•		Ñ	•		Ñ	•
W	•		W	•		W	•		W	•

En la tabla 18 se puede observar la cantidad de aciertos y desaciertos que fueron cometidos por los niños que probaron el tablero. En base a esta tabla es posible identificar el porcentaje de fonemas que fueron reconocidos satisfactoriamente por el tablero, es por esto que en la tabla 18 se puede observar que el sistema cuenta con una fiabilidad de 74%.

**Tabla 18:** *Fiabilidad del Tablero*

Pruebas	Aciertos	Desaciertos	Porcentaje De Aciertos
Prueba Niño 1	20	7	74,07%
Prueba Niño 2	19	8	70,37%
Prueba Niño 3	21	6	77,78%
Prueba Niño 4	20	7	74,07%
Porcentaje de Fiabilidad del tablero Electrónico			74,07%

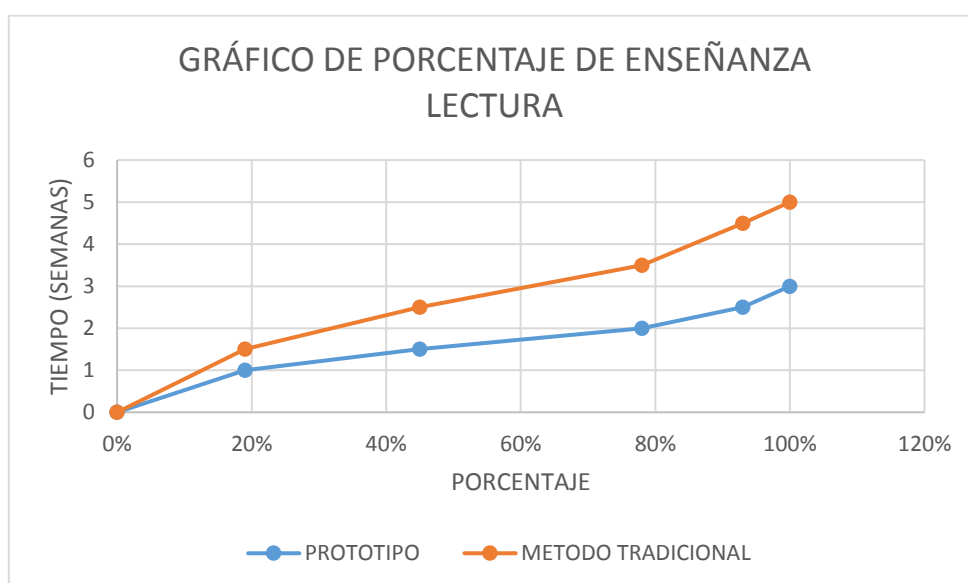
#### 4.6. RESULTADOS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Mediante las pruebas realizadas se determinó que el tablero electrónico resulta una herramienta auxiliar valiosa, la misma que facilita el aprendizaje de los métodos de lectura y escritura del sistema Braille.

Además, tuvo un impacto positivo por parte de los usuarios, ya que el sistema permite interactuar con el usuario, motivo por el cual se podría decir que se sienten mayormente motivados a aprender el sistema Braille.

Con la finalidad de evaluar el tiempo que les tomo aprender el código Braille por parte de los usuarios del sistema electrónico se realizó una comparación con el método tradicional, el cual se basa en el uso de la regleta y el punzón. El tiempo estimado para el aprendizaje de lectura Braille es aproximadamente 6 semanas y la escritura les toma alrededor de 5 semanas, estos datos son proporcionados por el Centro de capacitación CAPINI (Ibarra), dichos tiempos pueden variar debido que depende del interés por aprender de cada persona.

Para determinar el tiempo que tarda un usuario en aprender a leer el alfabeto Braille utilizando el sistema electrónico, se realizaron prácticas durante varios días no consecutivos, siendo el tiempo transcurrido aproximadamente de 3 semanas. En la figura 83 se ilustra el tiempo que toma enseñar de la manera tradicional en comparación al uso del sistema.

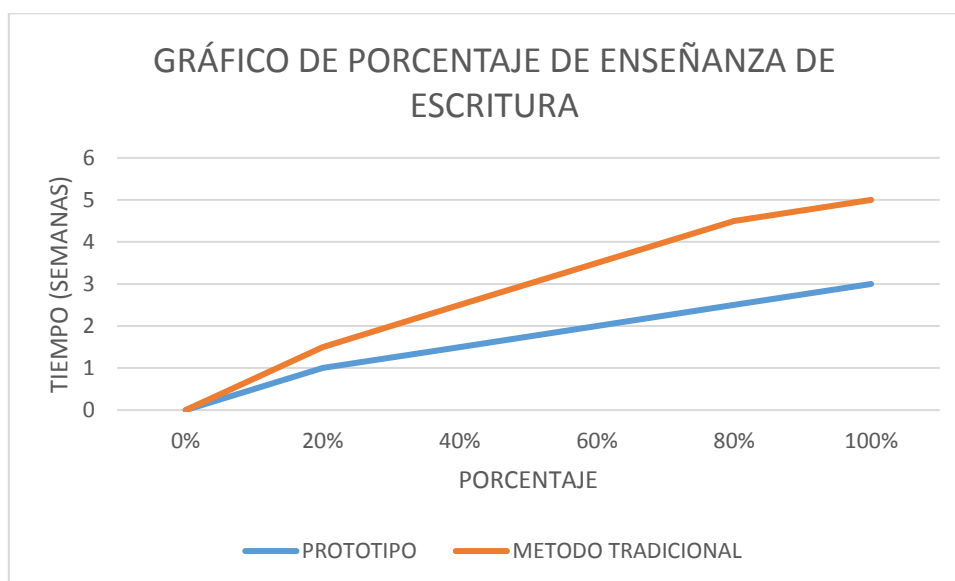


*Figura 83: Comparativo de tiempo de enseñanza de Lectura*

Fuente: Elaborado por el autor

Como se puede evidenciar en la figura 83 el tiempo de aprendizaje de la lectura del código Braille toma 3 semanas, mejorando notablemente en comparación al uso de regleta y punzón, el mismo que toma 5 semanas.

En la figura 84 se puede apreciar el tiempo que tomo el aprendizaje de la escritura del código Braille, tanto el sistema electrónico como el uso de la regleta y punzón.



*Figura 84: Comparativo de tiempo de enseñanza de Escritura*

Fuente: Elaborado por el autor

En la figura 79, se observa que la utilización del sistema electrónico disminuye en 2 semanas el tiempo de aprendizaje de la escritura del código Braille en relación con el uso de la regleta y punzón.

Como se puede evidenciar el sistema electrónico propuesto mejora notablemente los tiempos de aprendizaje de lectura y escritura del código Braille en comparación al método tradicional, motivo por el cual es de gran aplicabilidad en el campo del aprendizaje de este.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- Mediante las pruebas realizadas se determinó que el tablero electrónico resulta una herramienta auxiliar valiosa, debido a que permite interactuar con el usuario lo que facilita el aprendizaje de los métodos de lectura y escritura del sistema Braille y mejora los tiempos de aprendizaje en relación a la enseñanza tradicional.
- Las actividades simples, tales como; encendido del tablero electrónico, reconociendo del área de la matriz de lectura, reconociendo del área de botones de comando ayudaron a automatizar desplazamientos de los brazos de izquierda a derecha y viceversa.
- Con los resultados obtenidos mediante las pruebas realizadas se pudo determinar el nivel de ruido ambiental que tolera el tablero electrónico; siendo el valor óptimo para el correcto desempeño 40dB como máximo, caso contrario sino se cumplen estas especificaciones algunos comandos por voz no son reconocidos.
- El tono de voz y sobre todo las diferentes maneras de pronunciar de cada persona, así como también los acentos que existen en nuestro país esto ha ocasionado cierta dificultad para identificar las diferentes órdenes emitidas por el usuario, debido a que no coinciden con los patrones de la voz previamente establecidos en el módulo EasyVr.
- El micrófono de la placa EasyVr al ser omnidireccional tiene una respuesta de sensibilidad constante, es decir capta los comandos de voz emitidos por el usuario independiente de la dirección que lleguen, lo cual origina afectaciones al tiempo de respuesta del sistema ocasionado por ruidos externos.



- La distancia óptima del micrófono con el usuario para lograr una mayor eficacia del módulo de reconocimiento de voz debe ser mínima de 20cm y una máxima de 60cm.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda utilizar palabras cortas para lograr una mayor eficiencia a la hora de identificar las diferentes órdenes del sistema emitidas por el usuario.
- Para mejoras futuras del tablero electrónico se recomienda la utilización de un filtro analógico, para la filtración de la voz; de esta manera se lograría discriminar determinada frecuencia o gamas de frecuencias generadas por el ambiente, con lo cual se lograría una mejor fiabilidad del sistema.
- Para una mejor fiabilidad del sistema a la hora de reconocer la voz se recomienda utilizar un micrófono unidireccional, debido a que estos captan el sonido proveniente de una única dirección.
- Para lograr una mejor adaptabilidad al sistema es necesario que el usuario posea un tacto desarrollado y una buena orientación espacial; además de dominar los conceptos de derecha, izquierda, arriba, abajo e identificar siluetas y figuras geométricas básicas (cuadrado, triángulo, círculo).
- Para evitar posibles fallos del módulo y disminuir tiempos de respuestas EasyVr es recomendable grabar los patrones de reconocimiento en lugares con poco ruido exterior.
- Las respectivas pruebas de entrenamiento de los comandos de voz deben realizarse con el micrófono en su posición final.

## Referencias Bibliográficas

Ministerio de Educación. (2016). *Lengua y Literatura 2° Grado Guía del Docente*.

Quito: El Telégrafo EP.

Artero, Ó. T. (2014). *Arduino : curso práctico de formación*. México: Alfaomega Grupo

Editor, S.A de C.V.

Blas Sánchez, Á. (2017). *Organización Nacional de Ciegos Españoles*. Obtenido de

<http://www.once.es/otros/sordoceguera/HTML/capitulo12apendicedebraille.htm>

Cazar, R. (2016). *BREVE ANALISIS DE LA SITUACION DE LAS DISCAPACIDADES*

*EN EL ECUADOR*. Obtenido de

[http://icevi.org/latin\\_america/publications/quito\\_conference/analisis\\_de\\_la\\_situacion\\_de\\_las\\_.htm](http://icevi.org/latin_america/publications/quito_conference/analisis_de_la_situacion_de_las_.htm)

CONADIS. (2013). *Agenda Nacional para La Igualdad en Discapacidades*. Quito,

Pichincha, Ecuador.

CONADIS. (20 de Diciembre de 2016). *Secretaría Nacional de Planificación y*

*Desarrollo*. Obtenido de <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/Agenda-Nacional-para-Discapacidades.pdf>

De Bode, C. (11 de octubre de 2017). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de

<http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>

Discapacidades, C. N. (8 de Diciembre de 2016). *Consejo Nacional para*

*Discapacidades*. Obtenido de

<http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>

Doménech Riera, X. (13 de Enero de 2010). *no solo usabilidad: revista sobre personas, diseño y tecnología*. Obtenido de <http://www.nosolousabilidad.com/articulos/tiflotecnologia.htm>

G. L., & N. G. (2016). *Arduino: Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes*. Barcelona: ENI.

García, V. (02 de Enero de 2015). *Hispavila*. Obtenido de <http://hispavila.com/total/3ds/atmega/tecladomenu.html#axzz571Uv6Mpq>

Goilav, N., & Loi, G. (2016). *Arduino aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes*. Barcelona: Ediciones ENI.

Mandal, A. (27 de Junio de 2012). *News Medical Life Sciences*. Obtenido de [https://www.news-medical.net/health/Types-of-visual-impairment-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/Types-of-visual-impairment-(Spanish).aspx)

Martinez, L. (2017). *SALUD180*. Obtenido de <http://www.salud180.com/adultos-mayores/conoce-todo-acerca-de-la-tiflotecnologia>

*Medicinas y Salud* . (5 de Abril de 2017). Obtenido de <http://www.saludymedicinas.com.mx/centros-de-salud/visual/temas-relacionados/discapacidad-visual.html>

Miller, C., & Rash, A. (1 de Septiembre de 2010). *Escuela para Ciegos y Deficientes Visuales de Texas*. Obtenido de <http://www.tsbvi.edu/seehear/summer01/braille-span.htm>

*Ministerio de Educación de España*. (2017). Obtenido de Instituto de Tecnologías Educativas:

[http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad\\_5/m5\\_metodo\\_ensenanza.htm](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_5/m5_metodo_ensenanza.htm)

Ministerio de Educación, & Dirección Nacional de Educación especial/inclusiva. (Noviembre de 2012). Diseño e Implementación del nuevo modelo de educación Inclusiva. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Proyecto-Inclusiva.pdf>

Mocq, F. (01 de 01 de 2016). Raspberry Pi 2 Utilice todo el potencial de su nano-ordenador. Eni Ediciones.

ONCE, O. S. (2018). *ONCE*. Obtenido de <https://www.once.es/dejanos-ayudarte/la-discapacidad-visual>

Pérez, F. V., & Areny, R. P. (2007). *Microcontroladores: Fundamentos y aplicaciones con PIC*. Barcelona: MARCOMBO, S.A.

Sánchez Caballero, M. (27 de junio de 2018). *Creative Commons*. Obtenido de [http://www.webmati.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=23:bjaja-vision-y-la-discapacidad-visual&catid=13&Itemid=160](http://www.webmati.es/index.php?option=com_content&view=article&id=23:bjaja-vision-y-la-discapacidad-visual&catid=13&Itemid=160)

Sánchez, R. M., Vilasante, M. B., López, R. G., Batres, M. G., Moreno, E. M., & Arcones, M. P. (2015). *Apoyo psicosocial, atención relacional y comunicativa en instituciones*. Madrid: Ediciones Paraninfo S.A.

Trayer Ojeda, L. (2017). *MCI Electronics*. Obtenido de <http://arduino.cl/easyvr-shield-3-0/>

Valdez V., L. A. (agosto de 2017). *EDUCAR*. Obtenido de DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN ESPECIAL Dirección Provincial de Educación del Guayas: <http://www.educar.ec/noticias/visual.pdf>

## Glosario de Términos

- **CONADIS:**

Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades es un organismo público con autonomía técnica, administrativa, económica y financiera.

- **Fonema:**

Es la unidad fonológica mínima de una lengua, pues no puede ser descompuesta en unidades más pequeñas.

- **CPU:**

Unidad Central de Proceso, es la encargada de interpretar las instrucciones del sketch cargado al Arduino.

- **RAM:**

Memoria de Acceso Aleatorio, es volátil, ya que la información almacenada se pierde cuando hay corte de energía.

- **ROM:**

Memoria de solo lectura, es la que permite almacenar de manera permanente el programa a ejecutar por parte del microcontrolador.

- **OPEN SOURCE:**

Código abierto, se refiere a cualquier programa al cual se pueda acceder al código fuente, para ser usado o modificado según las necesidades.

- **PCB:**

Placa de circuito impreso (Printed Circuit Board), utilizada para montar componentes electrónicos y proveer conexión eléctrica entre los mismos.

- **IDE:**

Entorno de desarrollo integrado (Integrated Development Environment); es una aplicación informática, editor de código fuente, que suministra servicios integrales con la finalidad de facilitar el desarrollo de software.

- **PWM:**

Modulación por ancho o de pulso (pulse width modulation), tipo de señal utilizada para modificar la cantidad de energía que se envía a una carga.

- **MHz:**

Un megahercio (MHz) es una unidad de medida de la frecuencia. Se utiliza frecuentemente para referirse a la velocidad de procesamiento de un microprocesador.

- **C.D.:**

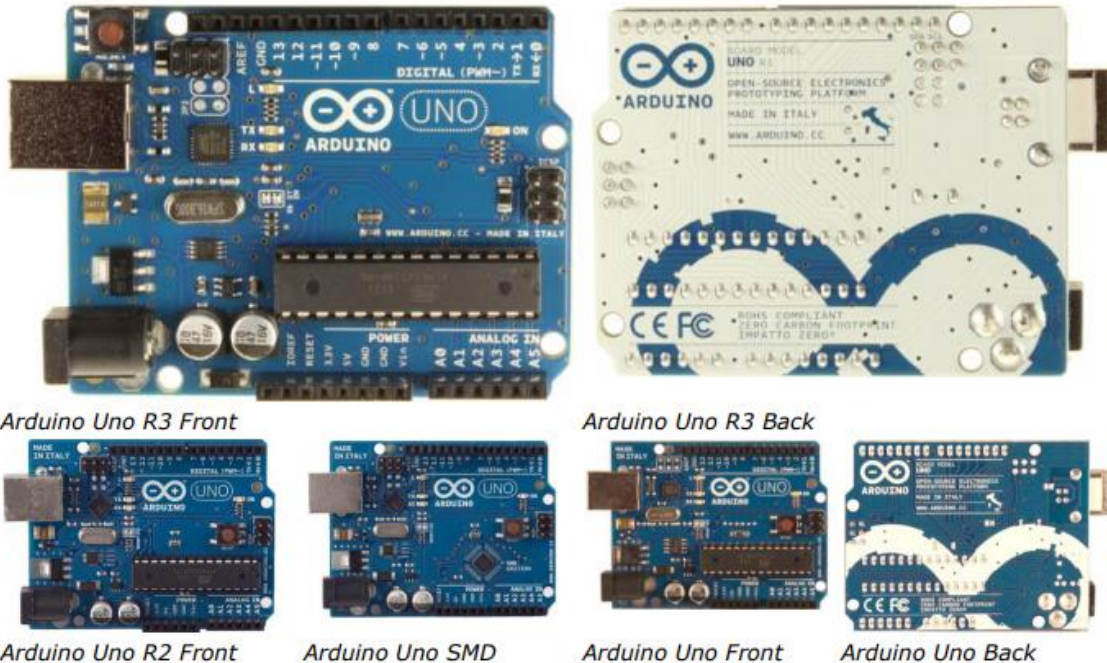
Corriente Directa, se caracteriza por el flujo de electrones en un solo sentido.

- **C++:** Es el lenguaje de programación orientado a objetos que toma la base del lenguaje C con el cual se programa las instrucciones a ser ejecutadas por parte del Arduino.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Datasheet Arduino UNO

#### Arduino Uno



#### Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.

The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.

[Revision 2](#) of the Uno board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into [DFU mode](#).

[Revision 3](#) of the board has the following new features:

- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
- Stronger RESET circuit.
- Atmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

## Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

## Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-uno-Rev3-reference-design.zip](#) (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)

Schematic: [arduino-uno-Rev3-schematic.pdf](#)

**Note:** The Arduino reference design can use an Atmega8, 168, or 328, Current models use an ATmega328, but an Atmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

## Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

## Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

## Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:



- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#).
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin.** Support TWI communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega328 ports](#). The mapping for the ATmega8, 168, and 328 is identical.

## Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega16U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '16U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, [on Windows, a .inf file is required](#). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

## Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega16U2 (or 8U2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available. The ATmega16U2/8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2.
- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the 8U2/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

## ANEXO 2: Datasheet EASYVR 3.0

### EasyVR 3 Module

#### Product Description

EasyVR 3 is a multi-purpose speech recognition module designed to easily add versatile, robust and cost effective speech recognition capabilities to almost any application.

The EasyVR 3 module can be used with any host with an UART interface powered at 3.3V - 5V, such as PIC and Arduino boards. Some application examples include home automation, such as voice controlled light switches, locks, curtains or kitchen appliances, or adding "hearing" to the most popular robots on the market.

It can be easily plugged into a solder-less breadboard or standard prototyping board, and it is compatible with the mikroBUS™ specifications (see [www.mikroe.com/mikrobus](http://www.mikroe.com/mikrobus)).

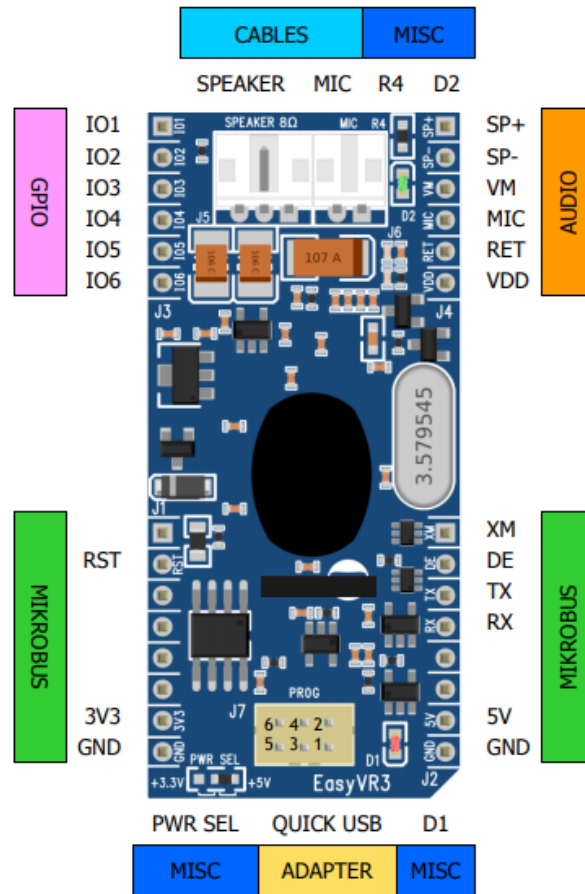


Separate male headers are provided inside the package, along with a microphone cable assembly and speaker wires (loudspeaker not included).

#### EasyVR 3 Features

- Up to 28 custom Speaker Independent (SI) command vocabularies<sup>1</sup>.
    - Supported Languages:
      - US English
      - British English
      - French
      - German
      - Italian
      - Japanese
      - Korean
      - Mandarin
      - Spanish
  - Up to 64 user-defined Speaker Dependent (SD) or Speaker Verification (SV) commands, that can be trained in ANY language, divided into maximum 16 groups (up to 32 SD or 5 SV commands each).
  - A selection of built-in Speaker Independent (SI) commands for ready-to-run basic controls, in the following languages:
    - English (US)
    - Italian
    - German
    - French
    - Spanish
    - Japanese
- 
- SonicNet™ technology for wireless communications between modules or any other sound source (Audio CD, DVD, MP3 Player)
  - Up to around 21 minutes of pre-recorded sounds or speech<sup>2</sup>.
  - Up to about 100 seconds of live message recording and playback.
  - Real-time Lip-sync capability.
  - DTMF tone generation.
  - Differential audio output that directly supports 8Ω speakers.
  - Easy-to-use Graphical User Interface to program Voice Commands and audio.
  - Standard UART interface (powered at 3.3V - 5V).
  - Simple and robust documented serial protocol to access and program through the host board.
  - 6 General purpose I/O lines that can be controlled via UART commands.

## Technical specifications



The outer headers J1 and J2 are the mikroBUS™ interface connectors, providing selectable 3.3V/5V power input to the module and voltage translated digital I/O lines, including: UART receive/transmit lines and control pins.

The header J3 provides configurable I/O expansion lines (inputs with weak internal pull-up by default), powered at the internal logic voltage VDD.

The header J4 contains the main analog signals, such as microphone signals and amplified DAC outputs, which are also available on the internal right angle connectors J5 and J6.

The module can also be operated through the programming connector J7 alone, by using the [QuickUSB Adapter Cable](#).

### Settings and indicators

Group	Name	Type	Description
● MISC	PWR SEL	3-Way Jumper (SMD 0603)	Select power input and voltage level between +3.3V and +5V with a zero Ohm resistor or solder bridge
	D1	LED	Red light indicator, normally ON when the board is powered, briefly blinking on serial data received
	D2	LED	Green light indicator, turns ON when the module is listening to its audio input
	R4	Resistor (SMD 0603)	Microphone gain resistor, default is 1.2kΩ

### Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
5V	DC Power Input (Host) = $V_{SEL}$	3.15	5.0	5.5	V
3V3		3.15	3.3	5.5	V
5V_P	DC Power Input (Programming cable)	4.0	5.0	5.5	V
Ta	Ambient Operating Temperature Range	0	25	70	°C

### Power Supply Requirements

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
$I_{SLEEP}$	Sleep current ( $V_{SEL} = 5.0V$ )		6		mA
$I_{OPER}$	Operating current ( $V_{SEL} = 5.0V$ )		25	35	mA
$I_{AUDIO}$	Audio playback current (with 8Ω speaker)		175	250	mA (RMS)
$I_{TOT}$	Total current consumption (excluding I/O)		25	285	mA (RMS)
$I_{PEAK}$	Peak supply current (excluding I/O)		400		mA

### Electrical Characteristics

These are applicable to pins RX, TX\_P.

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
$V_{IH}$	Input High Voltage	2.1		5.5	V
$V_{IL}$	Input Low Voltage	0.0		0.9	V
$I_{IL}$	Input Leakage Current ( $0 < V_I < 5.5V$ )		-65		μA

These are applicable to pins TX, DE.

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
$V_{OH}$	Output High Voltage ( $I_{OH} = -0.3$ mA, $V_{SEL} = 3.3V$ )	2.6		3.3	V
	Output High Voltage ( $I_{OH} = -0.3$ mA, $V_{SEL} = 5.0V$ )	4.3		5.0	V
$V_{OL}$	Output Low Voltage ( $I_{OL} = 5$ mA)	0.0		0.2	V

These are applicable to pin XM.

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
$V_{IH}$	Input High Voltage	1.4	(0.8)	5.5	V
$V_{IL}$	Input Low Voltage	0.0	(0.7)	0.5	V
$I_{IN}$	Input Current ( $0 < V_I < 3.3V$ )	0	0.2	0.4	mA
	Input Current ( $0 < V_I < 5.5V$ )	0	0.5	0.7	mA

These are applicable to pin RST.

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
$V_{IH}$	Input High Voltage	2.1		5.5	V
$V_{IL}$	Input Low Voltage	0.0		0.6	V
$I_{IL}$	Input Leakage Current ( $0 < V_I < 5.5V$ )		-85		μA

These are applicable to pin RX\_P.

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V <sub>OH</sub>	Output High Voltage (I <sub>OH</sub> = -5 mA)	2.4		3.0	V
V <sub>OL</sub>	Output Low Voltage (I <sub>OL</sub> = 8 mA)	0.0		0.6	V

These are applicable to pins IO1 - IO6.

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V <sub>IH</sub>	Input High Voltage	2.4	3.0	3.3	V
V <sub>IL</sub>	Input Low Voltage	-0.1	0.0	0.75	V
I <sub>IL</sub>	Input Leakage Current (0 < V <sub>I</sub> < 3V, Hi-Z Input)		<1	10	μA
R <sub>PU</sub>	Pull-up Resistance	Strong	10		kΩ
		Weak	200		kΩ
V <sub>OH</sub>	Output High Voltage (I <sub>OH</sub> = -5 mA)	2.4		3.0	V
V <sub>OL</sub>	Output Low Voltage (I <sub>OL</sub> = 8 mA)	0.0		0.6	V

### Microphone

The microphone provided with the EasyVR 3 module is an omnidirectional electret condenser microphone (Horn EM9745P-382):

- Sensitivity -38dB (0dB=1V/Pa @1KHz)
- Load Impedance 2.2K
- Operating Voltage 3V
- Almost flat frequency response in the range 100Hz - 20kHz

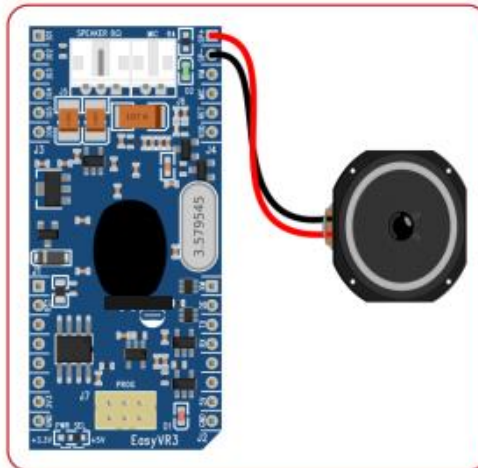
The microphone circuit is optimized for use at ARMS\_LENGTH (default, about 60cm) or FAR\_MIC distance settings.

If you use a microphone with different specifications the recognition accuracy may be adversely affected. Differences in rated load impedance and sensitivity can be compensated to a certain extent by changing the microphone gain. This can be done in several ways:

### Audio Output

The EasyVR 3 audio output interface is capable of directly driving an 8Ω speaker. It can also be connected to an external audio amplifier to drive lower impedance loudspeakers.

**Note:** Connecting speakers with lower impedance directly to the module may permanently damage the EasyVR audio output or the whole module.



It is possible to connect higher impedance loads such as headphones, provided that you scale down the output power according to the speaker ratings, for example using a series resistor. The exact resistor value depends on the headphone sensitivity and the desired output volume (usually in the order of 1-10kΩ).

**Note:** Connecting headphone speakers directly to the EasyVR audio output may damage your hearing.

### Assembly notes

The EasyVR 3 is provided with separate standard 2.54mm-pitch male headers that can be used to connect the module to a breadboard, prototyping board, custom boards or carrier boards like the EasyVR Shield 3.

When male headers are necessary, make sure they are well soldered on the module in order to prevent electrical issues.

Some practical guides to hand soldering:

- [Adafruit Guide To Excellent Soldering](#)
- [Sparkfun How to Solder: Through-Hole Soldering](#)



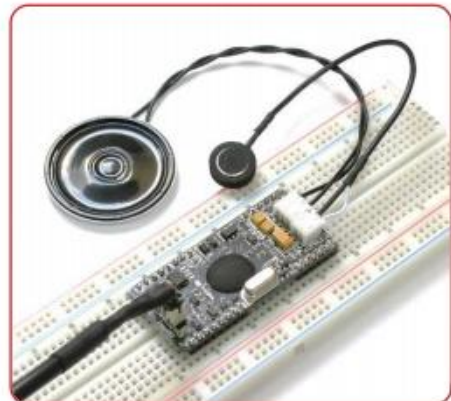
### EasyVR 3 as a Development Board

The EasyVR 3 module has been designed to allow use as a standalone development board when combined with a USB-Serial adapter.

The QuickUSB adapter cable can be used to program voice commands and sound outputs directly to an EasyVR 3 module and quickly test its functions from your PC.

Just connect the microphone and an 8Ω speaker to the module, plug-in the adapter cable and you are ready to go.

The EasyVR 3 boot mode is managed automatically through the serial handshake lines and you don't need to set any jumper.



### Product description

The EasyVR Shield 3 is an adapter board for the EasyVR 3 module, designed to simplify its use among the Arduino community.

The Shield is compatible with any Arduino board using UNO-R3 Shield headers, running at either 3.3V or 5V levels, by using the IOREF pin to select the EasyVR operating voltage.

It is also backward compatible with earlier Arduino boards that don't have the IOREF pin, which are using 5V I/O levels by default.

If your board does not have the IOREF pin but it is running at 3.3V, you can still operate the EasyVR Shield 3 correctly if you manually connect pins IOREF and 3V3 together, for example with a jumper wire.

The board comes with separate Arduino stackable headers for the Shield interface. The EasyVR 3 module is also provided separately.



### EasyVR Shield 3 Features

- Compatible with Arduino boards that have the 1.0 Shield interface (UNO R3) including, but not limited to:
  - Arduino Zero
  - Arduino Uno
  - Arduino Mega
  - Arduino Leonardo
  - Arduino Due

### ANEXO 3: Datasheet modulo Relay

## KEYES 5V Relay Module KY-019



The new KEYES 5V Relay Module is perfectly made for Arduino application. It has three pins, the VCC, GND and Signal. It can act as switch if the circuit and the load circuit have different supply voltage. It is commonly use if the load circuit is AC. It is a switch used to connect isolated connection from the circuit using a circuit signal. It has red LED that turns on every time the coil is energized or the signal pin has a high input.

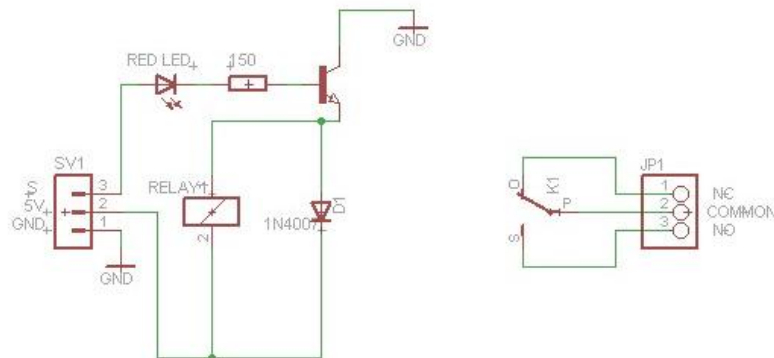
- 5V – 12 V TTL control signal
- Maximum AC current and voltage: 10A 250VAC
- Maximum DC current and voltage: 10A 30VDC
- The control signal DC or AC, 220V AC load can be controlled
- There is a normally open and one normally closed contact
- To make the coil of relay energized you must need to have an input of 1 in the signal pin.

Pin Configuration

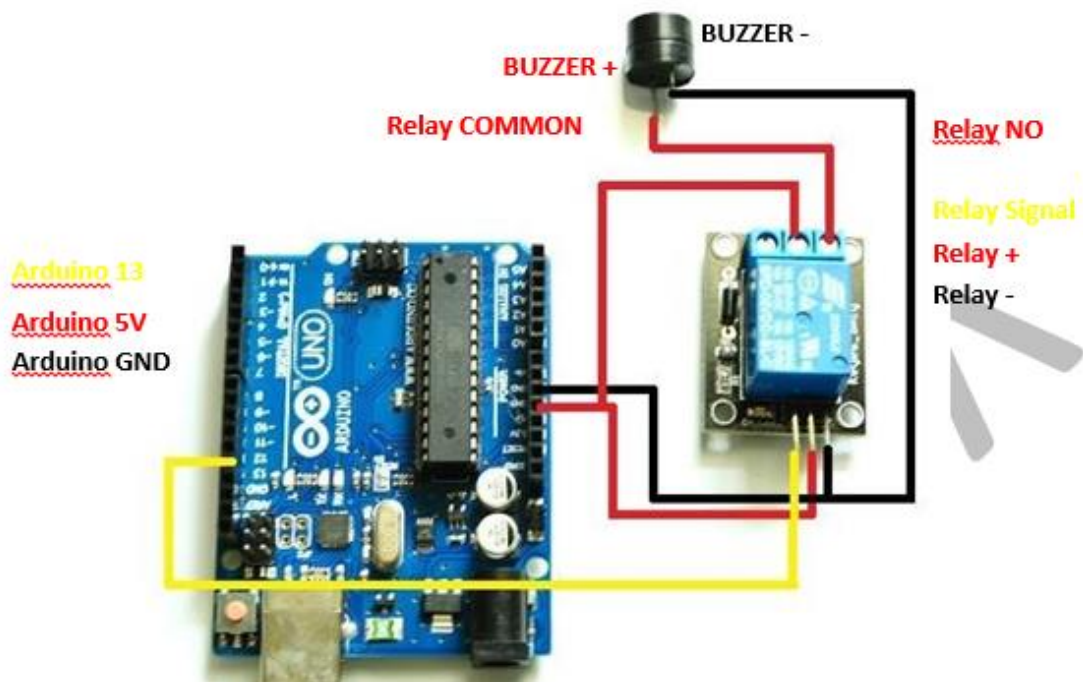


- +: 5V power supply
- -: Ground
- S: Signal from the Arduino
- NC: normally closed
- NO: normally open
- COMMON: common

Schematic Diagram



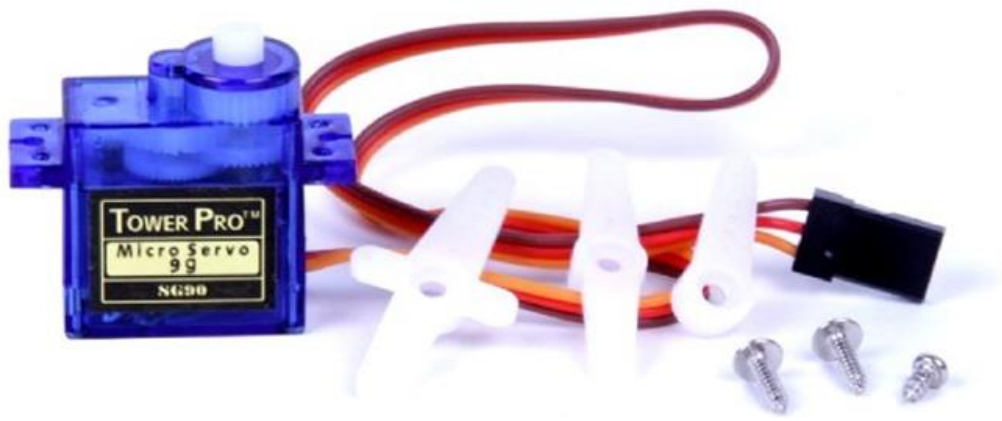
Wiring Diagram



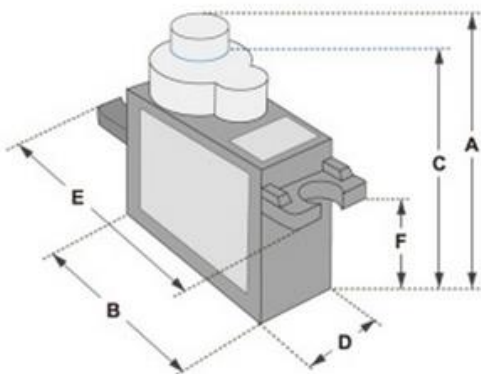
ANEXO 4: Datasheet Servo Motor

SERVO MOTOR SG90

DATA SHEET

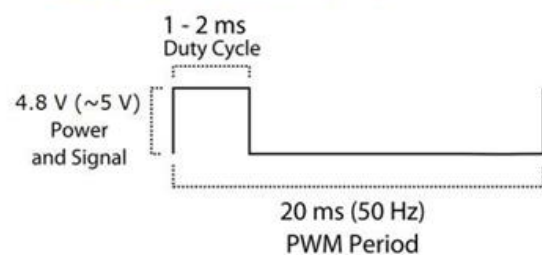
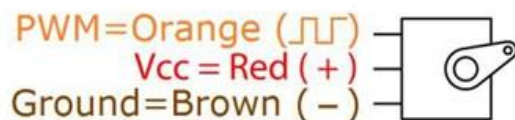


Tiny and lightweight with high output power. Servo can rotate approximately 180 degrees (90 in each direction), and works just like the standard kinds but smaller. You can use any servo code, hardware or library to control these servos. Good for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. It comes with a 3 horns (arms) and hardware.



Dimensions & Specifications	
A (mm) :	32
B (mm) :	23
C (mm) :	28.5
D (mm) :	12
E (mm) :	32
F (mm) :	19.5
Speed (sec) :	0.1
Torque (kg-cm) :	2.5
Weight (g) :	14.7
Voltage :	4.8 - 6

Position "0" (1.5 ms pulse) is middle, "90" (~2ms pulse) is middle, is all the way to the right, "-90" (~1ms pulse) is all the way to the left.



**ANEXO 5: Código del Tablero Electrónico****LIBRERIAS**

```

#include "Arduino.h"
#if !defined(SERIAL_PORT_MONITOR)
  #endif
#if defined(SERIAL_PORT_USBVIRTUAL)
  // Shield Jumper on HW (for Leonardo and Due)
  #define port SERIAL_PORT_HARDWARE
  #define pcSerial SERIAL_PORT_USBVIRTUAL
#else
  // Shield Jumper on SW (using pins 12/13 or 8/9 as RX/TX)
  #include "SoftwareSerial.h"
  SoftwareSerial port(12, 13);
  #define pcSerial SERIAL_PORT_MONITOR
#endif
#include "EasyVR.h"
EasyVR easyvr(port);
#include <Servo.h>

char
abecedario[27]={'A','B','C','D','E','F','G','H','I','J','K','L','M','N','Ñ','O','P','Q','R','S','T','U','
V','W','X','Y','Z'};

char palabra1[4]={'M','A','N','O'};
char palabra2[4]={'P','I','E','S'};
char palabra3[3]={'U','Ñ','A'};
char palabra4[4]={'D','E','D','O'};
char palabra5[4]={'R','A','T','A'};
char palabra6[6]={'J','I','R','A','F','A'};
char palabra7[6]={'V','E','N','A','D','O'};
char palabra8[4]={'L','O','B','O'};
char palabra9[5]={'B','U','R','R','O'};

```

```
char palabra10[4]={'H','A','D','A'};
```

#### VARIABLES MÉTODO LECTURA

```
char recepcion_dato;
Servo matriz_1;
Servo matriz_2;
Servo matriz_3;
Servo matriz_4;
Servo matriz_5;
Servo matriz_6;
int rele=2;
```

#### VARIABLES MÉTODO ESCRITURA

```
int seleccionar=4; //Asignación de Pin
int metodo=0; //Variable para seleccionar Escritura
int enviar_letra=8;///Asignación de Pin
int j=0;
int valor_analogo,valor1,valor2,valor3,valor4,valor5,valor6=0; //Variables para
lecturas de análogos.
int letra=0; //Variable para seleccionar la letra.
char dato[6]; //Vector para almacenar letra.
int k=0; //Variable para la posición en el vector dato.
int generar_palabra=0; //Variable para generar aleatoriamente la palabra.
int sec_palabra=7; //Asignación pin.
int i=0; //Variable de escritura
int verificar=0; //Variable para verificar la correcta escritura
int cambio=1; //Variable para duplicar función del pin
int control=0; //Variable para controlar el audio
int d=0; //Variable para borrar vector
```

## MÉTODO LECTURA ANALOGO

```
void LECTURA_ANALOGO(void)
{
    switch (j)
    {
        case 0:
            valor_analogo=analogRead(A0);
            break;
        case 1:
            valor_analogo=analogRead(A1);
            break;
        case 2:
            valor_analogo=analogRead(A2);
            break;
        case 3:
            valor_analogo=analogRead(A3);
            break;
        case 4:
            valor_analogo=analogRead(A4);
            break;
        case 5:
            valor_analogo=analogRead(A5);
            break;
    }
    if(valor_analogo<100)
    {
        valor1=4;
    }
    if(valor_analogo>100 && valor_analogo<200)
    {
        valor2=40;
```

```
    }  
if(valor_analogo>220 && valor_analogo<400)  
{  
    valor3=1;  
}  
if(valor_analogo>450 && valor_analogo<700)  
{  
    valor4=10;  
}  
if(valor_analogo>750 && valor_analogo<835)  
{  
    valor5=7;  
}  
if(valor_analogo>835 && valor_analogo<1000)  
{  
    valor6=70;  
}  
}
```

## GRUPOS Y COMANDOS

```
enum Groups
```

```
{  
    GROUP_0 = 0,  
    GROUP_1 = 1,  
    GROUP_2 = 2,  
};
```

```
enum Group0
```

```
{  
    G0_INICIAR = 0,  
};
```

```
enum Group1
```

```

{
  G1_A = 0,
  G1_E = 1,
  G1_I = 2,
  G1_O = 3,
  G1_U = 4,
  G1_CONSONANTES = 5,
  G1_ESCRITURA = 6,
};
enum Group2
{
  G2_B = 0, G2_C = 1, G2_D = 2, G2_F = 3, G2_G = 4, G2_H = 5, G2_J = 6,
  G2_K = 7, G2_L = 8, G2_M = 9, G2_N = 10, G2_P = 11, G2_Q = 12, G2_R =
  13, G2_S = 14, G2_T = 15, G2_V = 16, G2_W = 17, G2_X = 18, G2_Y = 19,
  G2_Z = 20, G2_SIMBOLO = 21, G2_VOCAL = 22, G2_ESCRITURA = 23;
};
int8_t group, idx;
void setup()
{
  pinMode(rele,OUTPUT);
  pinMode(seleccionar,OUTPUT);
  pinMode(enviar_letra,OUTPUT);
  pinMode(sec_palabra,OUTPUT);
//      CODIGO VOID SETUP
  matriz_1.attach(3);
  matriz_2.attach(5);
  matriz_3.attach(6);
  matriz_4.attach(9);
  matriz_5.attach(10);
  matriz_6.attach(11);

```

## CASOS DE LETRAS

```
// setup PC serial port
pcSerial.begin(9600);
// bridge mode?
int mode = easyvr.bridgeRequested(pcSerial);
switch (mode)
{
case EasyVR::BRIDGE_NONE:
    // setup EasyVR serial port
    port.begin(9600);
    // run normally
    pcSerial.println(F("---"));
    pcSerial.println(F("Bridge not started!"));
    break;
case EasyVR::BRIDGE_NORMAL:
    // setup EasyVR serial port (low speed)
    port.begin(9600);
    // soft-connect the two serial ports (PC and EasyVR)
    easyvr.bridgeLoop(pcSerial);
    // resume normally if aborted
    pcSerial.println(F("---"));
    pcSerial.println(F("Bridge connection aborted!"));
    break;
case EasyVR::BRIDGE_BOOT:
    // setup EasyVR serial port (high speed)
    port.begin(115200);
    // soft-connect the two serial ports (PC and EasyVR)
    easyvr.bridgeLoop(pcSerial);
    // resume normally if aborted
    pcSerial.println(F("---"));
    pcSerial.println(F("Bridge connection aborted!"));
```



```

    break;
}
while (!easyvr.detect())
{
    Serial.println("EasyVR not detected!");
    delay(1000);
}
easyvr.setPinOutput(EasyVR::IO1, LOW);
Serial.println("EasyVR detected!");
easyvr.setTimeout(5);
easyvr.setLanguage(4);
group = EasyVR::TRIGGER; //<-- start group (customize)
}
void action();
void loop()
{
    if(digitalRead(seleccionar)==HIGH)
    {
        delay(20);
        metodo=0;
    }
    switch(metodo)
    {
case 0:
    if (easyvr.getID() < EasyVR::EASYVR3)
        easyvr.setPinOutput(EasyVR::IO1, HIGH); // LED on (listening)
    Serial.print("Say a command in Group ");
    Serial.println(group);
    easyvr.recognizeCommand(group);
do
    {

```

```
    }  
    while (!easyvr.hasFinished());  
    if (easyvr.getID() < EasyVR::EASYVR3)  
        easyvr.setPinOutput(EasyVR::IO1, LOW); // LED off  
    idx = easyvr.getWord();  
    if (idx >= 0)  
    {  
        // built-in trigger (ROBOT)  
        return;  
    }  
    idx = easyvr.getCommand();  
    if (idx >= 0)  
    {  
        uint8_t train = 0;  
        char name[32];  
        Serial.print("Command: ");  
        Serial.print(idx);  
        if (easyvr.dumpCommand(group, idx, name, train))  
        {  
            Serial.print(" = ");  
            Serial.println(name);  
        }  
        else  
            Serial.println();  
        // beep  
        easyvr.playSound(0, EasyVR::VOL_FULL);  
        // perform some action  
        action();  
    }  
    else // errors or timeout  
    {
```

```
if (easyvr.isTimeout())
  Serial.println("Timed out, try again...");
int16_t err = easyvr.getError();
if (err >= 0)
{
  Serial.print("Error ");
  Serial.println(err, HEX);
}
}
  CONTROL_MATRIZ();
  delayMicroseconds(10);
break;
case 1:
Serial.println(valor_analogo);
Serial.println(j);
delay(300);
if(control==0)
{
easyvr.playSound(30, EasyVR::VOL_FULL);
  delayMicroseconds(100);
  easyvr.playSound(31, EasyVR::VOL_FULL);
  control=1;
}
  matriz_2.write(180);
  delayMicroseconds(100);
  matriz_3.write(180);
  delayMicroseconds(100);
  matriz_4.write(10);
  delayMicroseconds(100);
  matriz_5.write(10);
  delayMicroseconds(100);
```

```
matriz_6.write(10);
GENERAR_PALABRA();
LECTURA_ANALOGO();

if(digitalRead(enviar_letra)==HIGH)
{
  delay(20);
  ABECEDARIO();
  j++;
  k++;
  letra=0;
  valor1=0;
  valor2=0;
  valor3=0;
  valor4=0;
  valor5=0;
  valor6=0;
}
if(cambio==2)
{
  if(digitalRead(sec_palabra)==HIGH)
  {
    delay(20);
    VALIDAR();
    for(int d=0; d<=6;d++);
    {
      dato[d]=' ';
    }
    j=0;
  } }
break;
```

```
}}  
void action()  
{  
    switch (group)  
    {  
        case GROUP_0:  
            switch (idx)  
            {  
                case G0_INICIAR:  
                    easyvr.playSound(1, EasyVR::VOL_FULL);  
                    delay(20);  
                    easyvr.playSound(2, EasyVR::VOL_FULL);  
                    group=GROUP_1;  
                    break;  
            }  
            break;  
        case GROUP_1:  
            switch (idx)  
            {  
                case G1_A:  
                    recepcion_dato='A';  
                    group=GROUP_1;  
                    digitalWrite(rele,1);  
                    break;  
                case G1_E:  
                    recepcion_dato='E';  
                    group=GROUP_1;  
                    digitalWrite(rele,1);  
                    break;  
                case G1_I:  
                    recepcion_dato='I';
```

```
    group=GROUP_1;
    digitalWrite(rele,1);
    break;
case G1_O:
    recepcion_dato='O';
    group=GROUP_1;
    digitalWrite(rele,1);
    break;
case G1_U:
    recepcion_dato='U';
    group=GROUP_1;
    digitalWrite(rele,1);
    break;
case G1_CONSONANTES:
    group=GROUP_2;
    break;
case G1_ESCRITURA:
    metodo=1;
    letra=0;
    valor1=0;
    valor2=0;
    valor3=0;
    valor4=0;
    valor5=0;
    valor6=0;
    control=0;
    break;
}
break;
case GROUP_2:
    switch (idx)
```

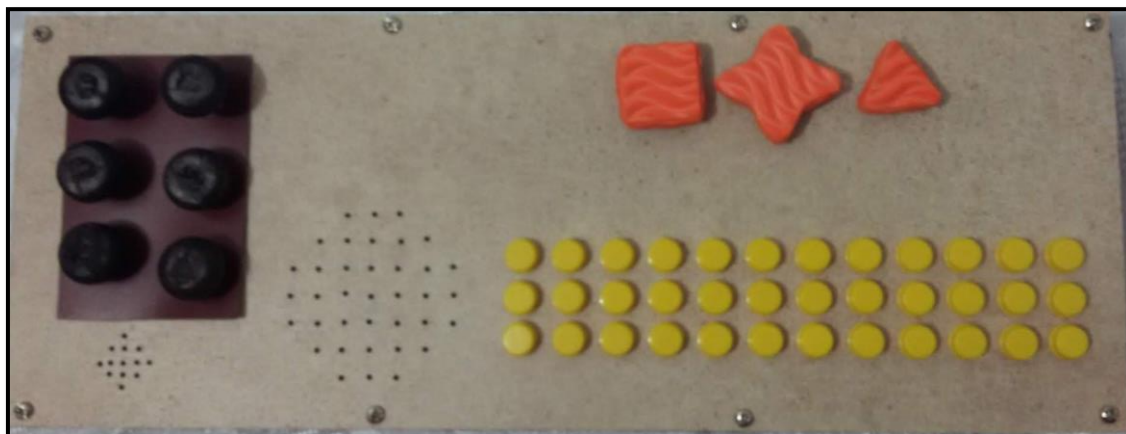
```
{
case G2_B:
    recepcion_dato='B';
    group=GROUP_2;
    digitalWrite(rele,1);
    break;
case G2_C:
    recepcion_dato='C';
    group=GROUP_2;
    digitalWrite(rele,1);
    break;
case G2_D:
    recepcion_dato='D';
    group=GROUP_2;
    digitalWrite(rele,1);
    break;
case G2_F:
    recepcion_dato='F';
    group=GROUP_2;
    break;
case G2_G:
    recepcion_dato='G';
    group=GROUP_2;
    digitalWrite(rele,1);
    break;
case G2_VOCAL:
    group=GROUP_1;
    break;
case G2_ESCRITURA:
    metodo=1;
    letra=0;
```

```
valor1=0;
valor2=0;
valor3=0;
valor4=0;
valor5=0;
valor6=0;
control=0;
  break;
}
break;
}
}
```



## ANEXO 6: Manual de usuario

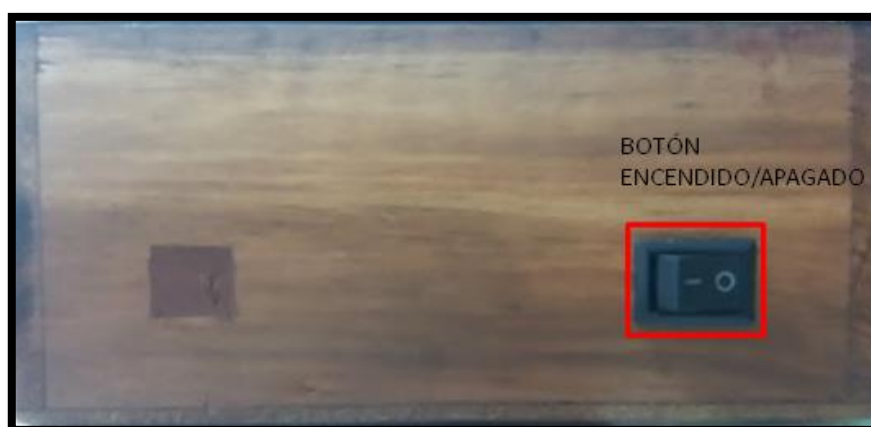
### TABLERO ELECTRÓNICO



El prototipo de tablero electrónico fue diseñado con el objetivo de ayudar con el aprendizaje del Lenguaje Braille a los niños en edades comprendidas entre 5 y 7 años de edad.

En la zona de lectura solamente es posible solicitar las letras del abecedario, no se puede pedir símbolos especiales y números.

A continuación, en la figura 85, se puede observar el lado lateral derecho, en el cual se encuentra el botón de encendido y apagado del tablero que dará inicio al sistema.



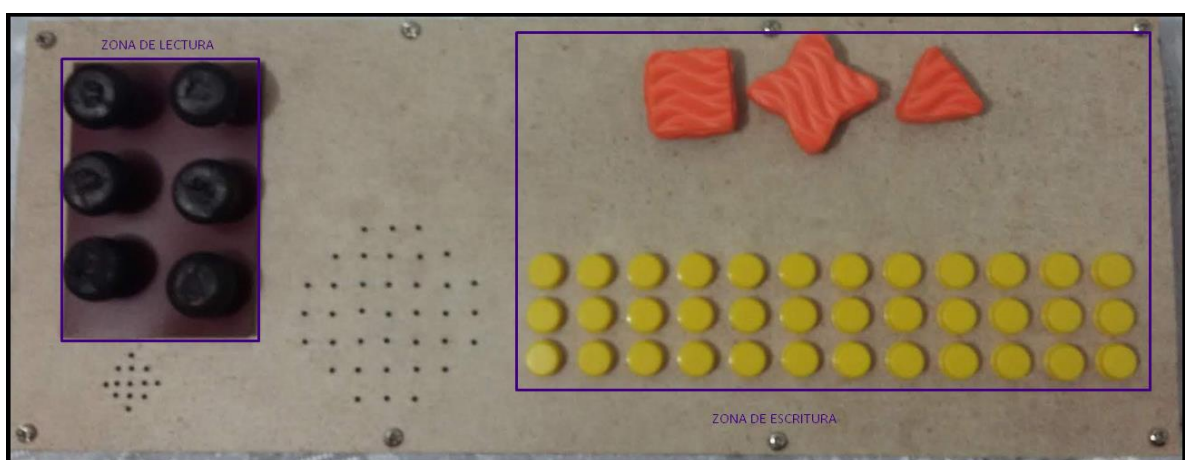
*Figura 85: Botón de inicialización del sistema*

Fuente: El autor

Una vez inicializado el tablero se puede dar pasó a la zona de lectura, por medio de los siguientes comandos de voz:

- “Bienvenido al sistema, ha iniciado el modo lectura”
- Si desea ir al área de escritura diga la palabra “escritura”

En la figura 86, se puede ver la parte superior del tablero, en la cual se han indicado las dos zonas de Lectura/Escritura.



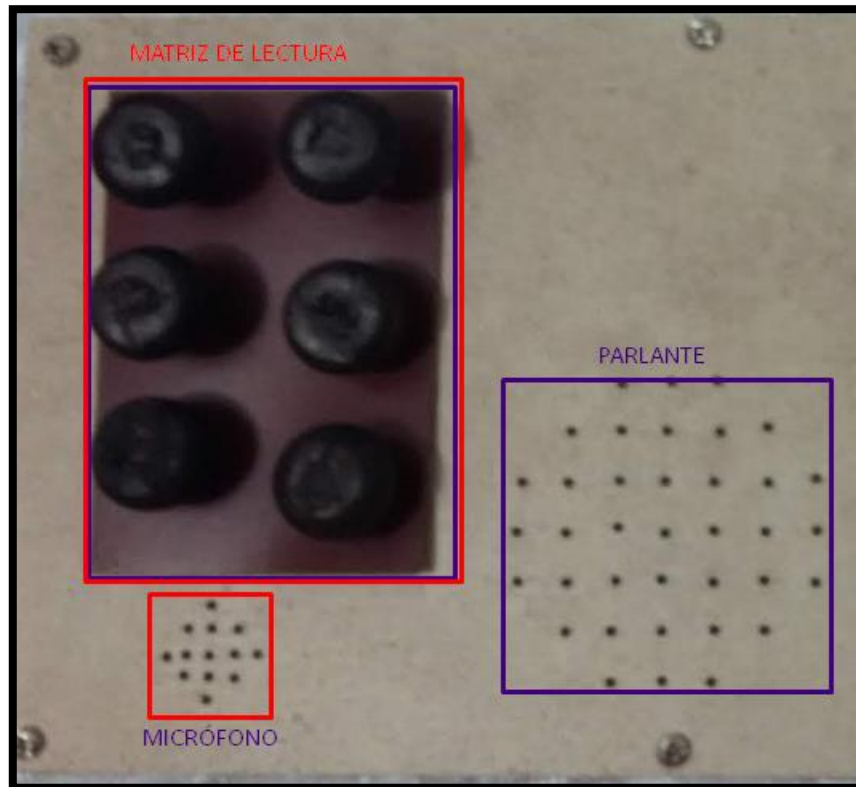
*Figura 86: Selección de áreas Lectura/Escritura*

Fuente: Elaborado por el autor

En el caso que no se pronuncie la palabra solicitada para acceso a escritura, automáticamente el usuario ya se encuentra en la zona de lectura. Esta zona del tablero se encuentra en la parte superior izquierda y contiene 6 botones en forma del signo generador, que, al solicitar alguna letra del abecedario se moverán subiendo o bajando para mostrar el carácter.

En el área de lectura por medio de la palabra “consonantes”, se puede acceder a las letras, mientras que al decir la palabra vocales se va aprobar ingresar a las 5 vocales.

En la figura 87, se puede observar la zona de lectura con sus especificaciones.



*Figura 87: Especificaciones de zona de Lectura*

Fuente: Elaborado por el autor

Para cambiar a la zona de escritura es necesario pronunciar la palabra **“escritura”**. Para pedir una palabra hay que presionar el botón en forma de estrella, que, al terminar de escribirla, también permite verificar si está bien escrita.

El tablero por un mensaje auditivo, le indicara que palabra que hay que escribir. Los niños escribirán en las 6 matrices que se encuentran en la parte baja del tablero. Al digitar cada letra ay que oprimir el botón en forma de triángulo para enviar el carácter. Una vez terminada de escribir la palabra es necesario verificar si se encuentra bien escrita, por lo que se debe presionar el botón en forma de estrella. Automáticamente el tablero indicara con un mensaje si la palabra es correcta, caso contrario el tablero ofrecerá una retroalimentación en la zona de lectura.

En la figura 88, se puede observar las especificaciones del área de escritura.

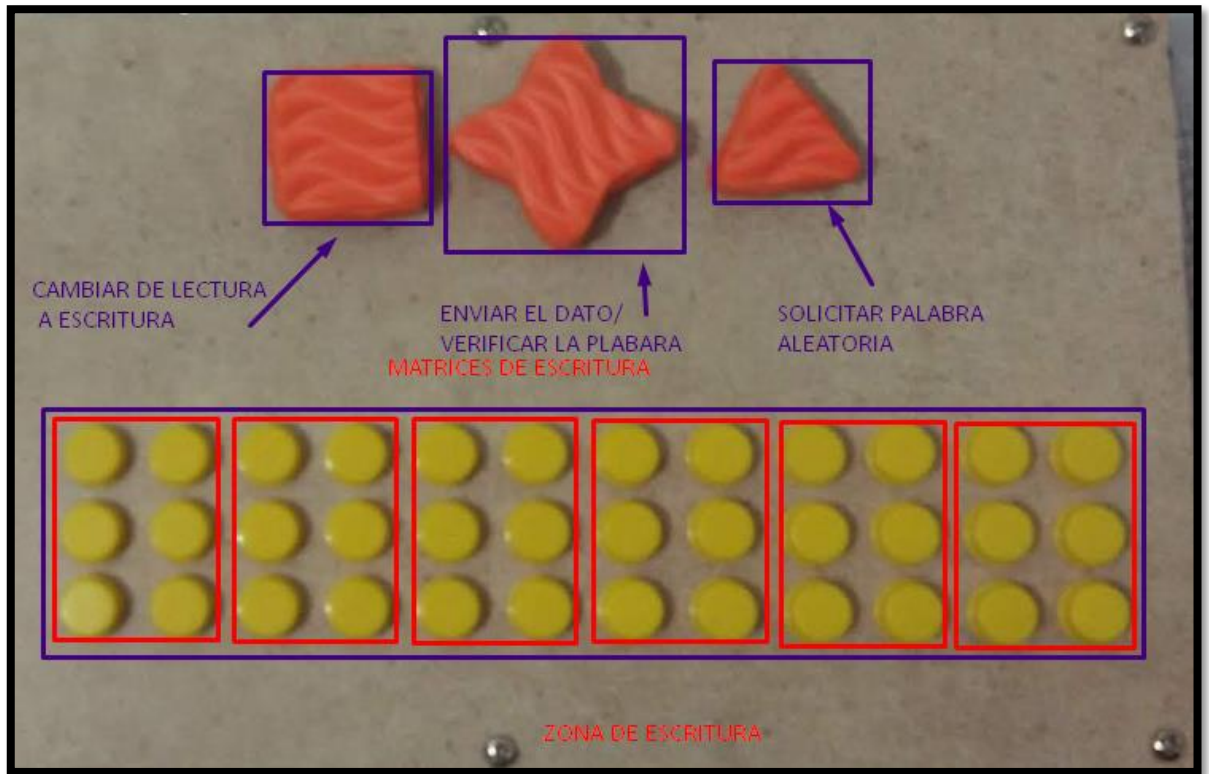


Figura 88: Especificaciones de zona de Escritura

Fuente: Elaborado por el autor