



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO CON  
SISTEMA DE COMUNICACIÓN BRAILLE E INTERFAZ  
ANDROID PARA LA INTERCOMUNICACIÓN DE PERSONAS  
SORDOCIEGAS.**

**AUTOR: CRISTHIAN MAURICIO GARZÓN JERÉZ**

**DIRECTOR: ING. MARCO SINGAÑA**

**LATACUNGA**

**2015**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“Diseño e Implementación de un dispositivo con sistema de comunicación braille e interfaz android para la intercomunicación de personas sordociegas.”** realizado por el señor CRISTHIAN MAURICIO GARZÓN JERÉZ , ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor CRISTHIAN MAURICIO GARZÓN JERÉZ para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Diciembre del 2015.

**ING. MARCO SINGAÑA  
DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **CRISTHIAN MAURICIO GARZÓN JERÉZ**, con cédula de identidad N° 0503439176 declaro que este trabajo de titulación **“Diseño e Implementación de un dispositivo con sistema de comunicación braille e interfaz android para la intercomunicación de personas sordociegas.”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, Diciembre del 2015.

---

**GARZÓN JERÉZ CRISTHIAN MAURICIO**

**C.C.: 0503439176**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **CRISTHIAN MAURICIO GARZÓN JERÉZ**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“Diseño e Implementación de un dispositivo con sistema de comunicación braille e interfaz android para la intercomunicación de personas sordociegas.”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, Diciembre del 2015.

---

**GARZÓN JERÉZ CRISTHIAN MAURICIO**

**C.C.: 0503439176**

## DEDICATORIA

Al terminar una etapa más en mi vida, Quiero dedicar este proyecto fruto del esfuerzo constante, a mis padres que día a día con sacrificio y comprensión supieron entenderme y apoyarme en todos los momentos de mí vida haciéndome una persona de bien.

A mi esposa que en el transcurso de nuestro caminar me ha brindado su apoyo incondicional y su infinito amor.

A Dios porque con su amor e infinita bondad me da las fuerzas necesarias para seguir adelante.

Cristhian Garzón J.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento sincero a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, a mis profesores y de manera especial a los Ingenieros Marco Singaña y Marco Pilatasig por la colaboración brindada para la realización de este proyecto.

Agradezco también a la Unidad Especial de No Videntes Cotopaxi por permitirme realizar el trabajo de investigación dentro de sus instalaciones, a la Psicóloga Belén Chiluisa por brindarme su apoyo en la realización del proyecto.

**GRACIAS.**

## ÍNDICE

### CARÁTULA

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT .....	xviii

CAPÍTULO I.....	1
-----------------	---

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. Sistemas de comunicación braille .....	1
1.1.1. Sordoceguera.....	1
1.1.2. Grupos de personas sordociegas.....	2
a. Sordoceguera congénita .....	2
b. Sordos congénitos.....	2
c. Ciegos congénitos.....	2
d. Sordos tardíos.....	3
1.1.3. Sistemas de comunicación para sordociegos .....	3
a. Sistema dactilológico o alfabeto manual .....	3
a.1. Sistema dactilológico visual o en el aire.....	5

a.2.	Sistema dactilológico visual-táctil .....	5
a.3.	Sistema dactilológico táctil o en palma.....	5
b.	Dedo como lápiz.....	6
c.	Morse .....	6
d.	Escritura en letras mayúsculas.....	7
e.	Malossi .....	8
f.	Alfabeto Lorm .....	9
g.	Braille manual.....	11
1.2.	Partes y componentes del dispositivo braille.....	13
1.2.1.	Partes del dispositivo focus blue 14 .....	14
1.2.2.	Partes y componentes del dispositivo e_braille.....	16
1.2.3.	Partes y componentes del guante móvil lorm.....	18
1.2.4.	Dispositivos virtuales .....	20
a.	BrailleBack .....	20
b.	The Android Braille Slate.....	21
c.	Blind SMS Reader 3.0 PRO .....	22
d.	Super Braille Keyboard .....	23
1.3.	Técnicas de control aplicadas al proceso.....	23
1.3.1.	Dispositivo tecnológico para la optimización del tiempo de aprendizaje del lenguaje Braille en personas invidentes .....	24
a.	Módulo de entrada .....	25
a.1.	Estructura Mecánica.....	25
a.2.	Captura de Datos .....	25
b.	Módulo de control.....	26
c.	Módulo de comunicación.....	26

d.	Módulo de almacenamiento .....	26
1.3.2.	Dispositivos para limitados visuales desarrollados por el grupo aplicabilidad tecnológica de la UMB.....	27
a.	Módulo de Entrada.....	27
b.	Módulo de Lógica y Control.....	28
c.	Módulo de Voz .....	28
d.	Módulo de Salida.....	28
1.3.3.	Sistemas de control dinámico.....	28
a.	Sistema en lazo abierto.....	29
b.	Sistema en lazo cerrado.....	29
1.3.4.	Sistemas combinacionales y secuenciales.....	28
1.3.5.	Control de encendido y apagado (on/off). .....	30
1.4.	Comunicación.....	30
1.4.1.	Transmisión de datos en serie y en paralelo .....	31
1.4.2.	Configuraciones .....	33
1.4.3.	Topologías.....	33
1.4.4.	Modos de Transmisión .....	34
1.4.5.	Código ASCII.....	35
1.4.6.	Bluetooth .....	36
a.	Funcionamiento del estándar .....	36
b.	Arquitectura de Hardware.....	37
c.	Topología Bluetooth .....	39
d.	Pila de Software .....	40
e.	Transmisión.....	42
f.	Protocolo de Conexión .....	42

g. Seguridad.....	43
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>44</b>
<b>ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN</b>	
2.1. Diseño de la comunicación.....	44
2.1.1. Parámetros de diseño .....	44
2.1.2. Bluetooth versus Wi-Fi .....	45
2.1.3. Justificación.....	46
2.2. Diseño del sistema de control .....	47
2.2.1. Requerimientos del sistema de control .....	47
2.2.2. Identificación de las conexiones en la tarjeta de control .....	48
2.2.3. Selección de la tarjeta de control .....	49
2.2.4 Justificación.....	52
2.3. Diseño electrónico del dispositivo de comunicación braille .....	52
2.3.1. Selección y justificación de partes del dispositivo braille.....	52
a. Teclado braille.....	53
b. Celda braille .....	54
c. Tecla enter .....	56
d. Indicadores.....	56
e. Interruptor de poder.....	57
2.3.2. Esquema del circuito electrónico.....	57
2.4. Implementación del dispositivo de comunicación braille .....	59
2.4.1 Placa Electrónica .....	60
a. Cálculos de elementos electrónicos .....	60
a.1. Resistencia de la Celda Braille.....	60

a.2.	Resistencia de Indicadores .....	62
a.3.	Batería.....	63
a.4.	Circuito de carga .....	66
b.	Montaje de los elementos electrónicos .....	67
2.4.2.	Diseño mecánico del dispositivo braille .....	70
a.	Requerimientos ergonómicos generales para dispositivos distintos al teclado.....	71
b.	Justificación del diseño mecánico .....	72
c.	Análisis Estructural.....	73
d.	Fabricación del dispositivo de comunicación braille. ....	76
2.4.3.	Ensamblaje del dispositivo de comunicación braille .....	81
2.5.	Programación de la tarjeta de control.....	84
2.6.	Programación de la aplicación android .....	86
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>92</b>
<b>PRUEBAS Y RESULTADOS</b>		
3.1.	Pruebas del sistema de reconocimiento de señales sensadas.....	92
3.2.	Pruebas de comunicación .....	97
3.3.	Pruebas de transmisión de datos .....	99
3.4.	Validación de la hipótesis .....	103
3.5.	Análisis técnico económico .....	109
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>112</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		
4.2.	Conclusiones.....	112

4.2. Recomendaciones.....	114
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>116</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>121</b>
Anexo 1: Componentes electrónicos	
Anexo 2: Datasheet 3904	
Anexo 3: Datasheet Arduino Mini Pro	
Anexo 4: Especificaciones de la Bacteria	
Anexo 5: Guía de usuario	
Anexo 6: Láminas de dibujo	
Anexo 7: Distribución Chi Cuadrado	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Alfabeto dactilológico táctil español .....	4
<b>Figura 2:</b> Alfabeto Morse.....	7
<b>Figura 3:</b> Trazos en el sistema de Escritura en letras mayúsculas .....	8
<b>Figura 4:</b> Esquema del alfabeto de Malossi .....	9
<b>Figura 5:</b> Esquema del alfabeto Lorm .....	10
<b>Figura 6:</b> Disposición de puntos.....	11
<b>Figura 7:</b> Alfabeto braille manual .....	12
<b>Figura 8:</b> Comunicación de dos personas sordociegas totales.....	13
<b>Figura 9:</b> Dispositivo focus blue 14 .....	14
<b>Figura 10:</b> Vista Lateral.....	14
<b>Figura 11:</b> Vista Superior .....	15
<b>Figura 12:</b> Vista frontal.....	15
<b>Figura 13:</b> Partes y Componentes de Braille Electrónico.....	17
<b>Figura 14:</b> Entradas del guante móvil Lorm .....	19
<b>Figura 15:</b> Salidas del guante móvil Lorm.....	19
<b>Figura 16:</b> Ícono Braille Back .....	20
<b>Figura 17:</b> Letra “a” visualizada en la aplicación .....	21
<b>Figura 18:</b> Ícono Blind SMS Reader 3.0 Pro .....	22
<b>Figura 19:</b> Pantalla principal Super Braille Keyboard.....	23
<b>Figura 20:</b> Diagrama de bloques general del diseño.....	24
<b>Figura 21:</b> Módulos del dispositivo para limitados visuales.....	27
<b>Figura 22:</b> Diagrama de bloques de un sistema en lazo abierto .....	29
<b>Figura 23:</b> Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado ....	29
<b>Figura 24:</b> Transmisión serial y paralela. ....	32
<b>Figura 25:</b> Topologías de red de datos .....	34
<b>Figura 26:</b> Arquitectura de Hardware de un chip Bluetooth .....	38
<b>Figura 27:</b> Topología Bluetooth.....	39
<b>Figura 28:</b> Pila de Software.....	40
<b>Figura 29:</b> Módulo Bluetooth CZ-HC-05.....	46

<b>Figura 30:</b> Tarjeta de control Baby Orangutan B-328 .....	50
<b>Figura 31:</b> Tarjeta arduino mini pro .....	51
<b>Figura 32:</b> Interruptor táctil de 4 pines THT .....	54
<b>Figura 33:</b> Microvibrador .....	55
<b>Figura 34:</b> Esquema electrónico del dispositivo braille .....	58
<b>Figura 35:</b> Módulos del dispositivo braille .....	58
<b>Figura 36:</b> Esquema de la placa electrónica del dispositivo braille .....	60
<b>Figura 37:</b> Batería de polímero de iones litio .....	65
<b>Figura 38:</b> SparkFun Li-Po Cargador básico.....	66
<b>Figura 39:</b> Placa electrónica con recubrimiento anti soldado.....	67
<b>Figura 40:</b> Serigrafía de los componentes electrónicos .....	68
<b>Figura 41:</b> Proceso de soldado .....	68
<b>Figura 42:</b> Placa electrónica.....	69
<b>Figura 43:</b> Alternativa 3.....	72
<b>Figura 44:</b> Confort ergonómico óptimo a la altura del codo .....	73
<b>Figura 45:</b> Análisis de plasticidad von Mises .....	75
<b>Figura 46:</b> Diagrama del proceso de impresión .....	76
<b>Figura 47:</b> Opción guardar como en SolidWorks .....	76
<b>Figura 48:</b> Comandos de objeto.....	77
<b>Figura 49:</b> Configuración de parámetros de impresión 3D.....	77
<b>Figura 50:</b> Vista previa del software Slic3r .....	78
<b>Figura 51:</b> Tapa frontal.....	79
<b>Figura 52:</b> Tapa posterior.....	80
<b>Figura 53:</b> Soporte de vibradores.....	80
<b>Figura 54:</b> Ensamblaje del dispositivo de comunicación braille. ....	81
<b>Figura 55:</b> Celda Braille .....	81
<b>Figura 56:</b> Ensamblaje de la tapa posterior con el soporte de vibradores .....	82
<b>Figura 57:</b> Ensamblaje de la placa electrónica con el soporte de vibradores ..	82
<b>Figura 58:</b> Sujeción de la placa electrónica con los vibradores .....	83
<b>Figura 59:</b> Dispositivo de comunicación braille .....	83
<b>Figura 60:</b> Ensamblaje de la pieza principal con la pieza posterior.....	84

<b>Figura 61:</b> Algoritmo de control del dispositivo braille .....	85
<b>Figura 62:</b> Diagrama de flujo de la interfaz gráfica android.....	88
<b>Figura 63:</b> Pantalla principal de la aplicación Braille-Ayuda.....	89
<b>Figura 64:</b> Submenú de la pestaña comunicación .....	90
<b>Figura 65:</b> Modo Aprendizaje .....	90
<b>Figura 66:</b> Modo de Interacción Braille. ....	91
<b>Figura 67:</b> Intercomunicador .....	91
<b>Figura 68:</b> Prueba de aprendizaje.....	93
<b>Figura 69:</b> Pruebas realizada al Usuario 1 .....	95
<b>Figura 70:</b> Pruebas realizada al Usuario 2.....	95
<b>Figura 71:</b> Pruebas realizada al Usuario 3.....	96
<b>Figura 72:</b> Prueba total .....	97
<b>Figura 73:</b> Aplicación braille ayuda y cronometro .....	98
<b>Figura 74:</b> Método regleta y punzón .....	98
<b>Figura 75:</b> Muestra de la prueba inicial de transmisión de datos .....	101
<b>Figura 76:</b> Muestra 2 de la prueba de comunicación de datos .....	101
<b>Figura 77:</b> Muestra 4 de la prueba de comunicación de datos .....	101
<b>Figura 78:</b> Muestra 6 de la prueba de comunicación de datos .....	102
<b>Figura 79:</b> Muestra 8 de la prueba de comunicación de datos .....	102
<b>Figura 80:</b> Muestra 10 de la prueba de comunicación de datos.....	102

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Características de funcionamiento .....	37
<b>Tabla 2</b> Resumen de la pila del software.....	41
<b>Tabla 3</b> Comparación de Wi-Fi vs Bluetooth .....	45
<b>Tabla 4</b> Conexiones requeridas por el dispositivo .....	48
<b>Tabla 5</b> Características de diferentes tipos de interruptores .....	53
<b>Tabla 6</b> Características técnicas del microvibrador .....	55
<b>Tabla 7</b> Comparación de Indicadores LED.....	56
<b>Tabla 8</b> Características de interruptores momentáneos .....	57
<b>Tabla 9</b> Consumo de elementos electrónicos.....	64
<b>Tabla 10</b> Alternativas para la carcasa del dispositivo braille. ....	70
<b>Tabla 11</b> Propiedades mecánicas plástico ABS .....	74
<b>Tabla 12</b> Detalles de la impresión 3D.....	79
<b>Tabla 13</b> Tabulación de señales sensadas .....	94
<b>Tabla 14</b> Dispositivo vs Regleta .....	99
<b>Tabla 15</b> Resultados pruebas de transmisión de datos.....	100
<b>Tabla 16</b> Frecuencia Observada en prueba de señales sensadas.....	104
<b>Tabla 17</b> Frecuencia esperada .....	105
<b>Tabla 18</b> Cálculo del Chi cuadrado.....	106
<b>Tabla 19</b> Costos de impresión 3D .....	109
<b>Tabla 20</b> Costos de componentes electrónicos .....	110
<b>Tabla 21</b> Costos de ingeniería y costo total del proyecto .....	111

## RESUMEN

La sordoceguera es una discapacidad multisensorial que combina la deficiencia visual y auditiva, que se manifiesta en mayor o menor grado, afecta al conocimiento de todo lo que se encuentra a nuestro alrededor; condicionando cualquier percepción sensorial, y restringiendo su interacción con las personas, genera problemas de comunicación únicos, graves dificultades en acceso a la información de interpretar de manera global los acontecimientos de su entorno. El presente proyecto consiste en el “Diseño e implementación de un dispositivo con sistema de comunicación braille e interfaz android para la intercomunicación de personas sordociegas”. El dispositivo propuesto permitirá aumentar el nivel de comunicación entre personas sordociegas y también con personas sin el conocimiento del sistema de comunicación braille. El sistema empieza con la creación de un dispositivo provisto de interruptores táctiles los cuales permiten la recopilación de señales digitales para formar las diferentes letras braille. Una vez recogido dicha información se la procesa en un controlador para posteriormente presentarlo en una interfaz gráfica basada en android como un chat; facilitando así la comunicación con personas que desconocen del lenguaje de braille, el microcontrolador envía la codificación braille a los micro vibradores que permiten que una letra del alfabeto se codifique al lenguaje braille para que la persona sordociega la interprete a través del sentido del tacto, utilizando las yemas de sus dedos.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **CIEGOS – ENSEÑANZA**
- **SISTEMA BRAILLE**
- **LENGUAJES DE COMUNICACIÓN**

## **ABSTRACT**

Deaf blindness is a multisensorial disability that combines visual and hearing handicap, which becomes evident in a greater or lesser degree. It affects the knowledge about all the things around people. As a result, it conditions any sensory perception and limits their interaction with the society. It generates unique communicative troubles and serious difficulties in the information access when the environmental events are interpreted in a global way. The development of this project consists in the “design and implementation of a device with a braille communicative system and android interface for deaf and blind people intercommunication”. The proposed device will allow to increase the communication level between deaf and blind individuals and people without knowledge about the braille system too. The system begins with the creation of a device equipped with tactile switches; these ones allow the compilation of digital signals in order to form the different braille letters. Once collected such information, it is processed in a controller and subsequently it is presented in a graphic interface based in android as a chat. As a result, it facilitates the communication with people who unknown the braille language. The microcontroller sends braille codifications to the micro vibrators which let that an alphabet letter can be codified for the braille language with the purpose of a deaf and blind person interprets it through the sense of touch using the fingertips.

### **KEYWORDS:**

- **BLIND – EDUCATION**
- **BRAILLE SYSTEM**
- **COMMUNICATION LENGUAJES**

# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 1.1. Sistemas de comunicación braille

Para empezar este tema de vital importancia se debe conocer el significado de sordoceguera y sus grupos, determinar los sistemas de comunicación que necesitan las personas sordociegas porque cada una vive situaciones diferentes a lo largo de su vida.

#### 1.1.1. Sordoceguera

(Álvarez, 2004) menciona que la sordoceguera es una discapacidad única generada por la combinación de la falta de la visión y audición, ya que una persona con cualquier otra discapacidad diferente a la sordoceguera puede utilizar la visión o audición, o ambas.

Como explica Rey (citado en Écija, 2000) con un ejemplo respecto a un avión volando. “Una persona sorda puede verlo y sabe en qué dirección va. Una persona ciega no lo verá, pero si lo oye, y por la intensidad del sonido puede imaginarse la distancia y la dirección que sigue el avión. Sencillamente una persona sordociega no tiene ningún medio para saber dónde está el avión, ni siquiera si vuela arriba, de no existir que alguien se lo explique.”

Según criterios y textos relatados en (Álvarez, 2004) y el ejemplo planteado por Rey (citado en Écija, 2000), se concluye que la sordoceguera es una discapacidad multisensorial que combina la deficiencia visual y auditiva, que se manifiesta en mayor o menor grado, afecta al conocimiento de todo lo que se encuentra a nuestro alrededor, condicionando cualquier percepción sensorial, y

restringiendo su interacción con las personas, genera problemas de comunicación únicos, graves dificultades en acceso a la información de interpretar de manera global los acontecimientos de su entorno y por lo tanto interesarse y desenvolverse en el mismo. De tal manera que es importante comprender el concepto de sordoceguera, las necesidades básicas y las claves para la inserción social de las personas sordociegas.

### **1.1.2. Grupos de personas sordociegas**

(Gómez, 2000) propone que la población sordociega se divide en cuatro grupos considerando el momento de aparición de cada una de las deficiencias que intervienen y orden en que aparecen.

#### **a. Personas con sordoceguera congénita**

En este grupo están las personas que nacen con problemas graves de visión y audición o personas que se quedan sordociegas al poco tiempo de nacer, antes de desarrollar el lenguaje.

#### **b. Personas sordociegas con deficiencia auditiva congénita**

Agrupar a personas con problemas auditivos y adquieren la deficiencia visual más tarde. También se apoyan en la visión para desarrollar un sistema de comunicación que permita la interacción con el entorno.

#### **c. Personas sordociegas con deficiencia visual congénita**

En este grupo están las personas con deficiencia visual total y adquieren deficiencia auditiva más tarde. La pérdida siempre es progresiva y gradual. Por lo general los sistemas utilizan el sentido táctil y el sentido de la audición.

#### **d. Personas sordociegas tardías**

Agrupación a personas que no tienen ningún tipo de deficiencia sensorial. Las pérdidas usualmente ocurren por accidentes y se manifiestan simultáneamente. La evolución de la deficiencia puede ser similar o diferente. Necesitan sistemas alternativos alfabéticos que puedan ser recibidos a través del tacto.

#### **1.1.3. Sistemas de comunicación para personas sordociegas**

Según (Cuadrado, 1989) un sistema alternativo de comunicación es un “Conjunto estructurado de códigos no vocales, necesitados o no de soporte físico, los cuales, mediante procedimientos específicos de instrucción, sirven para llevar a cabo actos de comunicación (funcional, espontánea y generalizable) por sí solos, o en conjunción con códigos vocales, o como apoyo parcial a los mismos”

Dorado (citado en Álvarez, 2004) indica que los sistemas de comunicación deben ser seleccionados por la capacidad sensorial de cada persona, con el fin de cubrir sus necesidades de comunicación en cada instante.

A continuación se presentan los principales sistemas de comunicación alfabéticos más frecuentes utilizados por las personas sordociegas, junto con las principales adaptaciones de los mismos. La vía táctil es la única, exclusiva de las personas sordociegas.

##### **a. Sistema dactilológico o alfabeto manual**

El alfabeto manual o alfabeto dactilológico es un sistema de comunicación utilizado por el colectivo de personas sordociegas. Tiene varias adaptaciones dependiendo de la capacidad sensorial de la persona y la habilidad para interpretar las letras.

El sistema dactilológico consiste en la posición de la mano y dedos codificando al alfabeto dactilológico; donde cada letra tiene una representación distinta a las demás. El alfabeto manual fue creado para las personas sordas y adaptado por diferentes variantes para personas con problemas de visión y audición. Las personas sordociegas los utilizan dependiendo de su capacidad sensorial. (Dorado, citado en Álvarez, 2004).



**Figura 1: Alfabeto dactilológico táctil español**

**Fuente:** (ONCE, 2004)

En la Figura 1 se observa el Alfabeto dactilológico táctil español, donde se encuentran todas las letras con la posición de manos y dedos que realiza el interlocutor sobre la palma de la mano de la persona sordociega.

Existen 3 tipos de adaptaciones dependiendo de la capacidad multisensorial que tenga la persona sordociega.

### **a.1. Sistema dactilológico visual o en el aire**

El sistema dactilológico visual se realiza en el aire y es captado por medio de la visión. Debido a que cada individuo es diferente se debe realizar adaptaciones que permitan a la persona sordociega captar las letras del abecedario dactilológico. Por ejemplo variar la distancia permite que el campo de visualización ayude a la persona sordociega a visualizar el alfabeto dactilológico de una mejor manera. Esta modalidad del sistema suele ser utilizada por sordos congénitos.

### **a.2. Sistema dactilológico visual-táctil**

En esta modalidad del sistema dactilológico las letras se realizan igualmente en el aire por medio del interlocutor. La persona sordociega por medio del tacto debe reconocer las letras que son generadas por medio de la combinación de los dedos y la mano.

Las combinaciones deben realizarse despacio, permitiendo que la persona sordociega pueda entender las letras, además el receptor puede realizar un gesto para que el interlocutor continúe a la siguiente letra.

Este sistema es generalmente utilizado por sordos congénitos debido a que la visión se deteriora con el tiempo.

### **a.3. Sistema dactilológico táctil o en palma**

En esta adaptación las combinaciones de las manos y dedos que generan las letras del mensaje se realizan en la mitad de la palma de la mano de la persona sordociega, para que esta pueda entender táctilmente. La persona sordociega condiciona su capacidad sensorial táctil para la recepción de las letras del alfabeto dactilológico táctil.

Esta versión la suelen utilizar personas sordociegas tardíos ya que antes de su pérdida desarrollaron el lenguaje y personas de alto rendimiento que sufren sordoceguera congénita.

### **b. Dedo como lápiz**

Este sistema se utiliza cuando la persona pierde los sentidos sensoriales de la visión y la audición súbitamente en algún accidente o por enfermedad. El interlocutor toma el dedo índice de la persona sordociega y escribe el mensaje en mayúsculas o minúsculas simulando que el dedo es un lápiz. El medio de transmisión del mensaje puede ser el aire, sobre la palma de la mano, o alguna superficie. (Cerrada, 2010).

### **c. Morse**

El código morse es un sistema de comunicación basado en la transmisión y recepción de mensajes empleando sonidos o rayos de luz. El código morse consiste en la representación de las letras del abecedario mediante puntos y rayas generando un código sistemático que se transmite por medio de señales intermitentes. Para separar palabras el tiempo aproximado es el de la raya, para separar las letras se utiliza un espacio de tres puntos. En la Figura 2 se encuentran las letras y su codificación a la clave morse.

Dorado (citado en Álvarez, 2004) explica la adaptación del código morse para la comunicación con personas sordociegas la cual se indica a continuación:

- El interlocutor da un *toque* con la punta de su dedo índice sobre la mano del receptor para representar el punto del sistema morse.
- Una raya del morse se transforma en un *golpe* que efectúa el emisor con la punta de su dedo sobre la palma de la persona sordociega.

Clave Morse					
A	•-	M	--	Y	--•--
B	-•••	N	-•	Z	--•••
C	-•-•	O	---	1	•-----
D	-••	P	•--•	2	••--
E	•	Q	--•-	3	•••--
F	••-•	R	•-•	4	•••-
G	--•	S	•••	5	•••••
H	••••	T	-	6	--••••
I	••	U	••-	7	--••••
J	•---	V	•••-	8	---•••
K	-•-	W	•--	9	-----•
L	•-••	X	-••-	0	-----

**Figura 2: Alfabeto Morse**

**Fuente:** (Franco, 2008)

#### **d. Escritura en letras mayúsculas**

(Galeano, 2010) propone los siguientes parámetros del sistema de escritura en letras mayúsculas:

- El interlocutor escribe en letras mayúsculas con el dedo índice sobre el centro de la palma de la persona sordociega.
- La escritura se realiza mediante el menor número de trazos y realizando poca presión. (Véase Figura 3).
- Se escribe una letra sobre otra de izquierda a derecha.
- Se utiliza letras mayúsculas neutrales y lo más estándares posibles, evitando estilos propios.

Este sistema funciona cuando la persona sordociega conoce el lenguaje oral. En la mayoría de los casos es de gran ayuda en los primeros momentos de la persona que adquiera la sordoceguera porque lo relaciona directamente con sus conocimientos para dar paso a la comunicación.



**Figura 3: Trazos en el sistema de Escritura en letras mayúsculas**

**Fuente:** (ONCE, 2004)

#### **e. Malossi**

De acuerdo con (Galeano, 2010) el Sistema de comunicación malossi es utilizado en Italia. Este sistema alfabético asigna cada una de las letras del alfabeto correspondientes con un punto de los dedos de la mano.

En la Figura 4 se puede visualizar letras verdes grandes en la mano que se encuentran situadas de la A hasta la O, las letras rojas pequeñas van desde la letra P hasta la Z.

La persona sordociega con su mano en posición vertical con la punta de sus dedos hacia arriba y el emisor debe presionar cuando ve las letras verdes grandes y apretar cuando son las letras rojas pequeñas.



**Figura 4: Esquema del alfabeto de Malossi**

**Fuente:** (dbglove, 2015)

#### **f. Alfabeto Lorm**

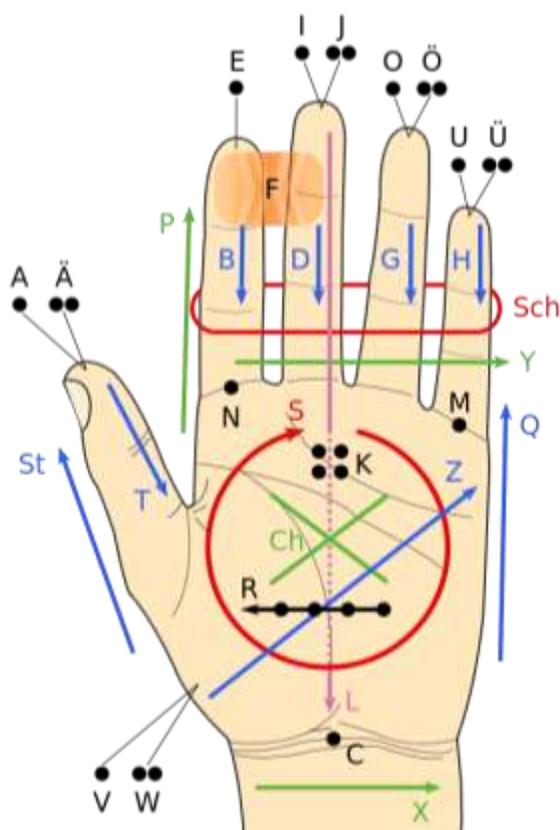
El Alfabeto Lorm es utilizado en países como Alemania, Republica Checa, Bélgica, etc. Las letras del alfabeto corresponden a puntos específicos en la palma o dorso de la mano de la persona sordociega, algunas letras van acompañadas de movimientos de la mano.

En el Esquema del Alfabeto Lorm presente en la Figura 5 se observa los puntos y flechas para la codificación de las letras. El interlocutor por medio de los puntos establecidos en la mano de la persona sordociega realiza presión deletreando el mensaje al Alfabeto Lorm.

Dorado (citado en Álvarez, 2004) expone a continuación las pautas que debe seguir el interlocutor para que la persona pueda comunicarse mediante el Alfabeto Lorm.

- Un punto: El interlocutor debe tocar con la punta de su dedo el punto que se indica en el Esquema del alfabeto Lorm.

- Dos o más puntos: El emisor toca el área indicada en el dibujo con el número de dedos indicados por la asignación de número de puntos.
- Una flecha: El interlocutor debe desplazar la punta del dedo a lo largo del lugar indicado por la flecha, respetando su dirección. Cuando la flecha está dibujada cerca de la mano y no sobre esta, el dedo debe recorrer el costado de la mano, siguiendo el movimiento de la flecha.
- Dos flechas cortas que apuntan una hacia la otra: las puntas de los dedos que se indican deben apretarse una contra la otra, como un pellizco.
- Tres flechas paralelas: El emisor debe deslizar la palma completa a lo largo de la mano del receptor respetando la dirección señalada por las flechas.

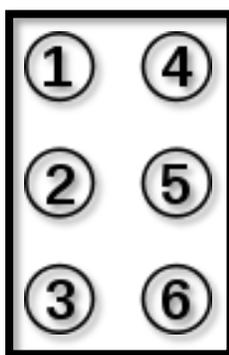


**Figura 5: Esquema del alfabeto Lorm**

**Fuente:** (Flappiefh, 2012)

### g. Braille manual

El sistema braille es un sistema de lectura y escritura táctil pensado para personas no videntes, la codificación del alfabeto se encuentra en celdas de seis puntos organizados como una matriz de tres filas por dos columnas, que se enumeran de arriba a abajo y de izquierda a derecha, tal y como se muestra en la siguiente Figura 6.

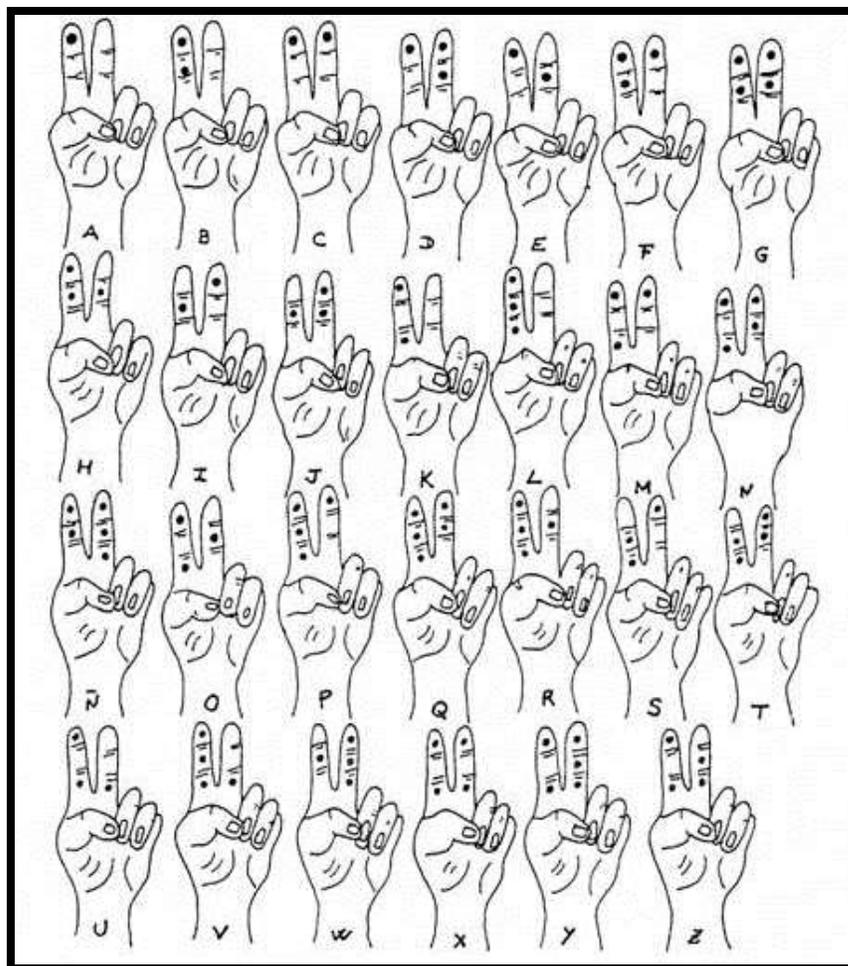


**Figura 6: Disposición de puntos**

**Fuente:** (Hearts, 2003)

El sistema braille no se restringe solo a la lectura y escritura ya que puede convertirse en un sistema de comunicación alternativo entre dos personas (braille manual) por medio de tecnología, de esta manera la persona puede emprender una comunicación cara a cara y a distancia.

El braille manual, es una modificación del sistema de escritura y lectura donde la persona aprovecha el conocimiento para transmitir e interpretar mensajes. El emisor codifica mediante el alfabeto braille la letra que desea comunicar, utilizando las correspondencias de cada letra del alfabeto. En la siguiente figura se observa el alfabeto braille con su correspondiente letra de abecedario.



**Figura 7: Alfabeto braille manual**

**Fuente:** (ONCE, 2004)

De acuerdo con Dorado (citado en Álvarez, 2004) el sistema de braille manual tiene adaptaciones, dependiendo de la preferencia o la facilidad de la persona sordociega para recibir el mensaje; entré otros se puede encontrar:

- La persona sordociega coloca sus manos con la palma hacia abajo y el emisor utiliza los tres dedos centrales de cada una de las manos de la persona sordociega como si fueran los 6 puntos del signo generador. (Véase Figura 8). El emisor debe presionar los puntos que generan la letra que desean enviar al receptor.



**Figura 8: Comunicación de dos personas sordociegas totales**

**Fuente:** (ONCE, 2004)

- El interlocutor escribe con 6 dedos (los dos índices y los dos anulares) como si escribiera en braille sobre la palma de receptor.
- Cualquier otra variante que sea útil para la persona sordociega.

## **1.2. Partes y componentes del dispositivo braille**

(Quiroz, 2008) denomina a dispositivos braille (electrónico) a cualquier aparato electrónico que sirva para la interpretación o generación de lenguaje braille, tanto de forma física (hardware) como virtual (software).

Los dispositivos braille son periféricos externos con conexión a un computador o dispositivos móviles como celulares, tablets, etc. También pueden ir embebidos en otros dispositivos. Por ejemplo una línea braille puede incorporar un teclado para la recepción y envío de mensajes.

### 1.2.1. Partes del dispositivo focus blue 14

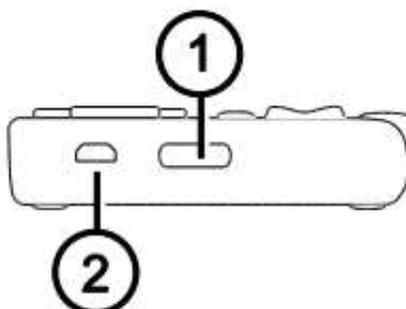
El focus blue 14 posee un teclado de 8 puntos y la línea braille está constituida por 14 celdas. El tiempo de funcionamiento es de 8 horas. La conectividad se realiza mediante USB y Bluetooth. Compatible con dispositivos con plataforma iOS y android. Las dimensiones son 16 cm de largo x 8.2 cm de ancho x 1.9 cm de alto con un peso de 328 gramos. En la Figura 9 se observa la forma del dispositivo.



**Figura 9: Dispositivo focus blue 14**

**Fuente:** (Freedom Scientific, Inc., 2015)

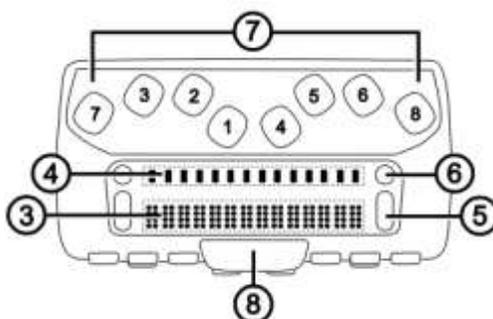
A continuación se presentan las partes físicas del dispositivo Focus Blue 14



**Figura 10: Vista Lateral**

**Fuente:** (Freedom Scientific, Inc., 2015)

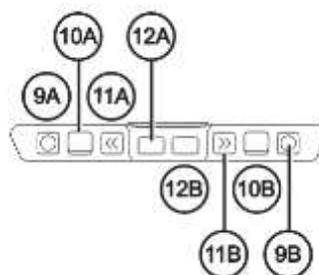
En la Figura 10 se encuentra el interruptor de poder (1) y un puerto estándar micro USB (2). Desde el lado izquierdo del dispositivo, que va de adelante hacia atrás. El puerto USB le permite conectar el dispositivo a un ordenador, o a un adaptador AC.



**Figura 11: Vista Superior**

**Fuente:** (Freedom Scientific, Inc., 2015)

Las celdas braille (3) están situadas hacia la parte frontal del dispositivo. Los botones del router cursor (4) se encuentra ubicado encima de cada celda braille. El router cursor tiene la función de mover el cursor donde lo se presiona, sirve para redactar documentos. En cada extremo de la pantalla de celdas braille se encuentran botones NAV Rocker (5) que se utilizan para una navegación fácil. El botón (6) de modos NAV Rocker que tiene la función de desplazarse por los diferentes modos de navegación. El teclado braille (7) estilo Perkins situado directamente sobre los botones. Debajo de la pantalla braille se encuentra una barra espaciadora (8). Esta tecla se utiliza para generar comandos más una combinación de teclas braille. Véase Figura 11.



**Figura 12: Vista frontal**

**Fuente:** (Freedom Scientific, Inc., 2015)

En la vista de la Figura 12 del dispositivo se encuentran los siguientes botones:

El Botón selector hacia la izquierda (9A) y hacia la derecha (9B) cuando se presionan con otros botones realiza múltiples funciones. El botón Rocker Bar izquierdo (10A) puede mover una línea braille hacia arriba. Rocker Bar derecha (10B) puede mover hacia abajo una línea braille.

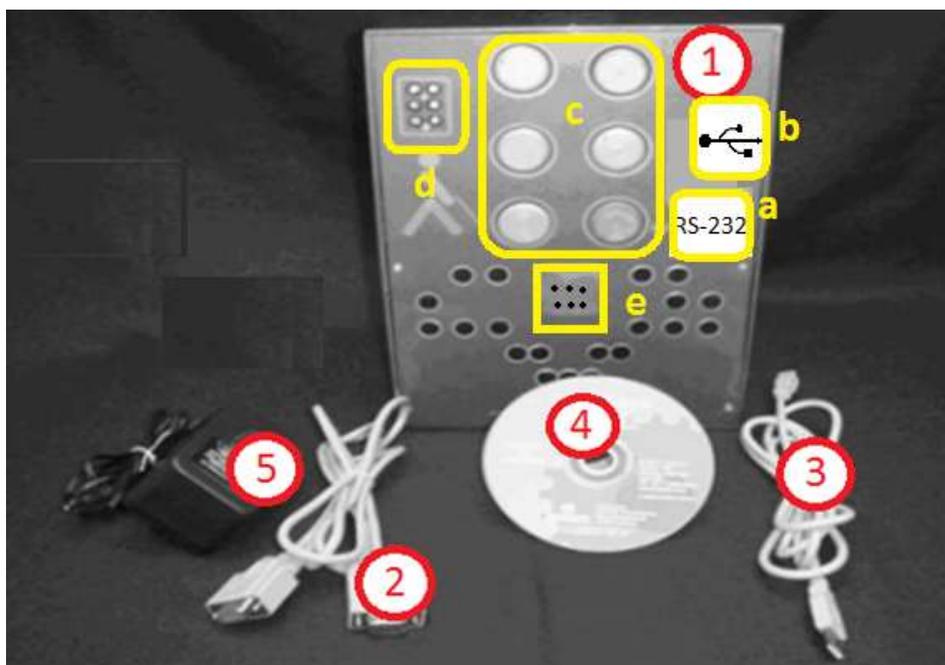
El Botón panorámico izquierdo (11B) permite seleccionar modo lectura y el derecho (11B) permite invertir el modo a escritura en la pantalla braille. La tecla shift izquierda (12A) y la tecla shift derecha (12B) se utiliza junto con la barra espaciadora, teclas en braille, y otros controles para introducir comandos.

El Focus Blue 14 incluye los siguientes componentes:

- Dispositivo Focus Blue 14
- Adaptador de CA
- Cable USB de 1.8 metros
- Estuche
- Manual en forma impresa y en braille
- CD complementario
- Tarjetas de registro de garantía
- Soporte del productos

### **1.2.2. Partes y componentes del dispositivo e\_braille**

En la Universidad Politécnica Salesiana sede en Cuenca se realizó el Sistema electrónico braille (e\_braille) para la ayuda en el aprendizaje de personas no videntes presentado por (Loza, 2006) . El Braille Electrónico se realizó con la ayuda de personas no videntes para permitir un control fácil. El sistema permite leer y escribir en el código braille. En la Figura 13 se observa las partes y componentes del sistema Braille electrónico.



**Figura 13: Partes y Componentes de Braille Electrónico**

**Fuente:** (Loza, 2006)

El hardware del sistema del Braille Electrónico tiene dos terminales de conexión con la PC, estas son:

- Conexión serie (a)
- Conexión USB (b)

El usuario puede elegir la comunicación dependiendo del terminal que tenga la computadora y configurar la conexión para que el dispositivo funcione.

El sistema mecánico del signo generador grande (c) está diseñado a una escala de 20:1 del signo generador normal. El mecanismo de accionamiento es por medio de solenoides, mientras que el mecanismo del signo generador pequeño (d) se acciona con el grande.

El parlante (e) por medio de un sintetizador de voz permite que las letras escritas por medio del dispositivo puedan ser audibles para el no vidente permitiéndole un reconocimiento óptimo de la escritura.

Los componentes del sistema Braille electrónico son:

- Dispositivo Braille Electrónico. (1)
- Cable de interface RS-232 para conectar a una PC estándar al puerto serial. (2)
- Cable de interface USB para conectar una PC estándar por medio de un puerto USB. (3)
- Software del Braille Electrónico. (4)
- Fuente de alimentación de 12 Vcd. (5)

### **1.2.3. Partes y componentes del Guante Móvil Lorm**

En Alemania los investigadores de Berlín (Ulrike , Tom, & Gesche , 2012) introducen un dispositivo de comunicación para personas sordociegas basado en el Alfabeto Lorm.

El Guante Móvil Lorm tiene dos formas de comunicación para personas sordociegas. Es compatible con la comunicación móvil a través de la distancia, por ejemplo, mensaje de texto, chat o correo electrónico, y permite la comunicación paralela de uno o varios dispositivos, lo cual es especialmente útil en la escuela y otros contextos de aprendizaje.

El Guante Móvil Lorm funciona como un traductor simultáneo y hace que la comunicación con los demás sea posible, sin necesidad de conocer el Alfabeto Lorm posible. Como resultado de esto la persona sordociega puede ampliar su comunicación con el mundo.



**Figura 14: Entradas del guante móvil Lorm**

**Fuente:**(Ogden, 2015)

Sensores de presión textiles ubicados en la palma del guante como se muestra en la Figura 14, permiten al emisor escribir mensajes. En el módulo de control existe la interfaz Bluetooth transmite los datos desde el guante hacia el dispositivo móvil. A continuación, se reenvía automáticamente al dispositivo de mano del receptor en forma de un SMS.



**Figura 15: Salidas del guante móvil Lorm**

**Fuente:** (Ulrike , Tom, & Gesche , 2012)

En el modo recepción de mensaje de texto, el mensaje será enviado a través de Bluetooth del dispositivo móvil. Para la recepción los motores de vibración pequeños situados en la parte posterior del guante en los puntos que conforma el Alfabeto Lorm (Véase Figura 15), permiten patrones de retroalimentación táctiles para que el usuario pueda interpretar el mensaje.

### 1.2.4. Dispositivos virtuales

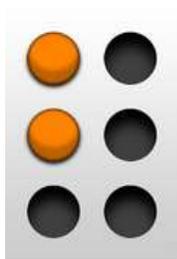
Otro avance de campo que merece ser mencionado son los dispositivos virtuales que como medio físico utilizan el dispositivo móvil.

Se considera que el software es la parte lógica e intangible de un ordenador. En otras palabras, el concepto de software abarca a todas las aplicaciones informáticas que se encuentran en un ordenador; con respecto a dispositivos virtuales se describe aplicaciones de accesibilidad, comunicación, aprendizaje basados en el sistema operativo android.

#### a. BrailleBack

BrailleBack es una aplicación gratuita de Accesibilidad permite a los usuarios no videntes hacer uso de dispositivos braille. El ícono de la aplicación es una celda braille como se muestra en la Figura 16. Esta aplicación permite conectar una línea braille con dispositivos móviles con plataforma android o iOS por medio de Bluetooth.

El contenido de la pantalla se procesa y transfiere al dispositivo braille para que pueda leer los mensajes. Dependiendo del dispositivo puede navegar e interactuar mediante las teclas en la pantalla. Es posible introducir texto usando el teclado braille. La aplicación se descarga directo al dispositivo android de Play Store. (Google Inc, 2013)



**Figura 16: Ícono Braille Back**

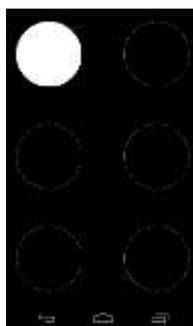
**Fuente:** (Google Inc, 2013)

Dispositivos que pueden ser soportados en esta versión:

- APH Refreshbraille
- Baum VarioConnect
- Esys EuroBraille
- Freedom Scientific Focus Blue (14 y 40 celdas)
- HandyTech (Basic Braille, Active Braille, Braille Star, Braille Wave, Brailino, Easy Braille)
- Harpo Braillepen 12
- HIMS (BrailleSense, Braille EDGE)
- Humanware Brailiant (1ra generación y modelos BI )
- Optelec Alva (BC640, BC680)

#### **b. The Android Braille Slate**

Según la página web (SHREY MALHOTRA, 2014) la aplicación The Android Braille Slate es de aprendizaje para dispositivos android que tiene como objetivo ayudar a los estudiantes con discapacidad visual a instruirse del alfabeto braille. La aplicación simula una celda braille por medio de la pantalla táctil como se indica en la Figura 17. El usuario no vidente por medio del tacto siente la pantalla y mediante vibraciones que están dispuestas en la celda braille reconoce de manera intuitiva el alfabeto braille.



**Figura 17: Letra “a” visualizada en la aplicación**

**Fuente:** (SHREY MALHOTRA, 2014)

### c. **Blind SMS Reader 3.0 PRO**

La aplicación Blind SMS Reader 3.0 desarrollada por (Pisani, 2015) es una aplicación de comunicación diseñada para personas sordociegas permite la lectura en código morse y código braille. El ícono de Blind SMS Reader 3.0 se muestra en la Figura 18.



**Figura 18: Ícono Blind SMS Reader 3.0 Pro**

**Fuente:** (Pisani, 2015)

La aplicación en el modo Braille utiliza la pantalla y la vibración del dispositivo como medio de transmisión dando privacidad al usuario. También tiene un sistema de voz que lee los mensajes recibidos.

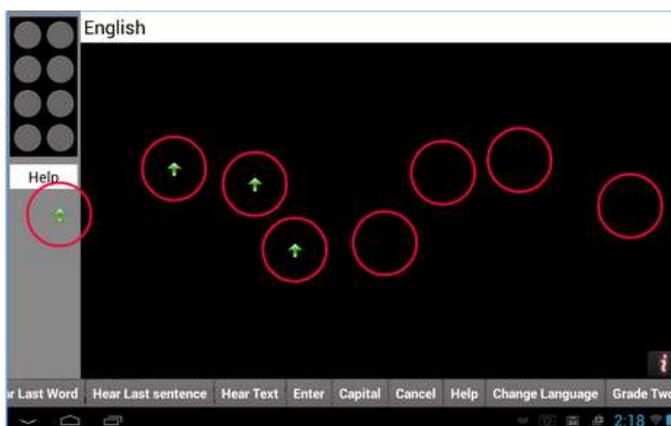
La pantalla codifica el mensaje en Braille de varias celdas, al pasar el dedo sobre los puntos de las celdas donde se encuentran los puntos codificados en Braille se activa la vibración larga del dispositivo, mientras que los espacios vacíos activan una vibración más corta. Los espacios entre las letras y las líneas se identifican por una vibración continua.

La aplicación permite que por medio de las teclas laterales para regular el volumen del celular permita cambios de un mensaje a otro y si se tiene presionado por más tiempo permite cambiar de modo.

La aplicación en modo código Morse inicia tocando la pantalla y para detener presionar de nuevo. Donde el medio de transmisión es la vibración y se transmite mediante las señales intermitentes basándose en el código Morse.

#### d. Super Braille Keyboard

(Inpris, 2015) después de tres años de investigación y desarrollo crea aplicaciones como Super Braille Keyboard. En su fase beta la versión de prueba de dos meses. La aplicación consiste en el teclado Braille virtual en la pantalla táctil de un dispositivo android que permite la escritura en código braille mediante los dedos de la persona con discapacidad visual y auditiva. La posición de las teclas es como una maquina Perkins, pero se calibra en la pantalla continuamente. Los círculos que disponen del código braille son las teclas como se muestra en la Figura 19.



**Figura 19: Pantalla principal Super Braille Keyboard**

**Fuente:** (Inpris, 2015)

Los desarrolladores crean esta aplicación para personas de baja disponibilidad económica; la cual permite un acceso a la tecnología y a las nuevas formas de comunicación.

### 1.3. Técnicas de control aplicadas al proceso

(Gomarís, Biel, Reyes, & Matas, 1999) redacta: “El aspecto más importante de un sistema de control en su dinámica, es cómo se comporta la señal de salida frente a una variación de la señal de entrada. Un conocimiento preciso de

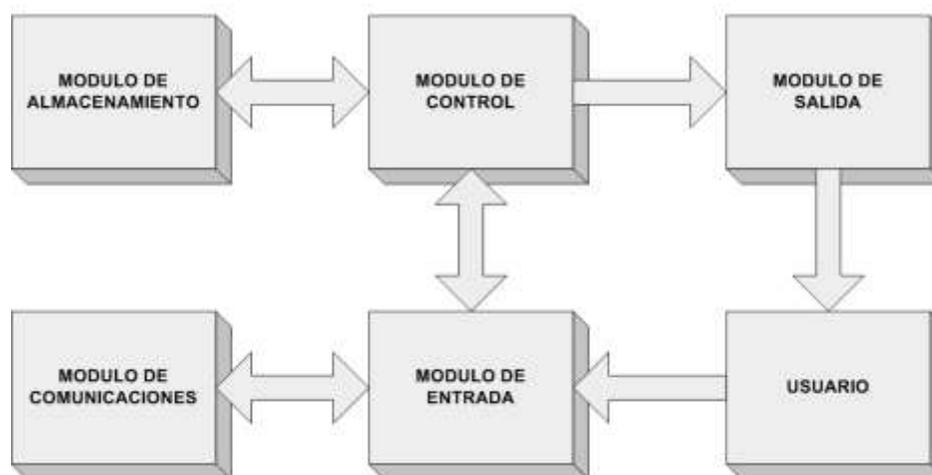
la relación entrada/salida permite predecir la respuesta del sistema y seleccionar la acción de control adecuada para mejorarla. De esta manera, el diseñador conociendo cual es la dinámica deseada, ajustara la acción de control para conseguir el objetivo final.”

Las técnicas de control aplicadas al proceso se encuentran inmersos en la metodología que utilizan varios autores para realizar el control de sus proyectos. Para poder apreciar la técnica de control es importante conocer los módulos que componen los proyectos.

A continuación se presentas proyectos relacionados con dispositivos braille.

### 1.3.1. Dispositivo tecnológico para la optimización del tiempo de aprendizaje del lenguaje Braille en personas invidentes

Los autores (Hernández, Pedraza, & López, 2011) proponen la siguiente metodología. El proyecto en su totalidad se desarrolló a través de cinco módulos principales como se indica en la Figura 20.



**Figura 20: Diagrama de bloques general del diseño**

**Fuente:** (Hernández, Pedraza, & López, 2011)

## **a. Módulo de entrada**

El módulo de entrada opera la iteración invidente-sistema y su función es el aprendizaje de escritura Braille; está constituido con celdas Braille de 6 puntos. Fabricadas de manera manual y basándose en el estándar de medida utilizado en las regletas Braille, con el objetivo de familiarizar a personas sordociegas con la nueva tecnología y minimizar las dificultades.

### **a.1. Estructura Mecánica**

Es un tablero digital de escritura Braille, conformado básicamente por una estructura donde se encuentra la parte electrónica, una regleta fabricada con los mismos estándares que la utilizada convencionalmente y un punzón de agarre ergonómico, integrado todo en un solo sistema.

### **a.2. Captura de Datos**

El proceso de codificación Braille se realiza mediante un tablero digital que permite la captura de los datos. El usuario ingresa el patrón del alfabeto Braille como en un sistema tradicional Braille. La escritura se debe realizar de derecha a izquierda, como en la regleta y punzón.

El módulo de entrada suministra los pulsos eléctricos ingresados por el usuario, los cuales se procesan mediante un microcontrolador; dispositivo encargado de traducir los pulsos recibidos con valores lógicos positivos y negativos para hacer una equivalencia entre el lenguaje Braille y el código ASCII.

Cada punto es interpretado como un bit, por lo que el símbolo generador Braille está constituido por seis bits. Para un fácil manejo de los datos se diseña un arreglo matricial de seis bits, haciendo un barrido de cada punto. Si alguna

de las columnas o bordes de la regleta realiza un contacto con el punto, el algoritmo codificara el patrón de puntos Braille a la letra correspondiente.

#### **b. Módulo de control**

La integración de los módulos, está determinada por el módulo de control, el cual está interconectado por buses de datos hacia el microcontrolador. El algoritmo de control se desarrolla en etapas con el fin de verificar cada proceso y obtener el funcionamiento integral de las tareas simultáneas en la identificación de los datos del módulo de entrada y la coordinación de todo el sistema.

#### **c. Módulo de comunicación**

Para la decodificación y control del sistema de comunicación se desarrolla un código que permita interactuar con el hardware. A continuación se detallan las etapas y secuencias de operación.

- Enlace
- Decodificación
- Transmisión
- Recepción
- Codificación

#### **d. Módulo de almacenamiento**

El microcontrolador posee una memoria interna en el dispositivo será utilizada como buffer de entrada y salida del módulo de comunicación, la memoria externa se utiliza para almacenar los datos que se van a presentar y el mapa de bits con el mensaje que se envía a para visualización y reproducción.

El microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del algoritmo de control, la información se almacena en forma de arreglos matriciales realizando la conversión de cada carácter ingresado a código ASCII.

### 1.3.2. Dispositivos para limitados visuales desarrollados por el grupo aplicabilidad tecnológica de la UMB.

En la Universidad Manuela Beltrán se realizó un dispositivo para el aprendizaje de la lecto-escritura Braille. Para la realización del instrumento, se han organizado por módulos sus funciones de la siguiente manera (Véase Figura 21).



**Figura 21: Módulos del dispositivo para limitados visuales**

**Fuente:** (Dussán, 2003)

#### a. Módulo de Entrada

El módulo de entrada es el encargado de sensar la codificación del Alfabeto Braille. Tiene botones que permiten lectura letra a letra o continúa, verificando por medio de la señal audible.

### **b. Módulo de Lógica y Control**

El módulo recibe la codificación braille transmitida del módulo de entrada y es el encargado de procesar la información obtenida y realizar el control para determinar la salida o respuesta que el sistema genera.

### **c. Módulo de Voz**

La interpretación de la codificación realizada por la persona no vidente es transmitida mediante el módulo de voz. El dispositivo cuenta con dos modos; respuesta audible individual de cada letra, y lectura continua. El objetivo principal de este módulo, será la calidad o nitidez de la voz generada.

### **d. Módulo de Salida**

Realiza las adaptaciones electrónicas necesarias para generar la señal audible por medio de un parlante mediante la codificación del código braille a las letras del abecedario, reproduciendo el sonido para cada letra.

### **1.3.3. Sistemas de control dinámico**

Después de un análisis de los dispositivos presentados en esta sección se empezará a analizar los sistemas de control definido como el conjunto de elementos que interactúan para conseguir la salida deseada, mediante una acción de control. A continuación se presenta los sistemas de control dinámico lazo abierto y lazo cerrado, dependiendo del tratamiento que el sistema de control realice con la señal de salida. (Gomarís, Biel, Reyes, & Matas, 1999).

### a. Sistema en lazo abierto

En el sistema en lazo cerrado la salida no tiene efecto alguno sobre la acción de control. La salida en un sistema lazo abierto no hace referencia a la señal de entrada. Se asigna una operación fija a la entrada sobre la señal de salida. La exactitud del sistema depende de la calibración del mismo. Es necesario conocer la relación entrada/salida para garantizar la inexistencia de perturbaciones externas e internas del sistema. En la Figura 22 se muestra el diagrama de bloques de un sistema en lazo abierto.

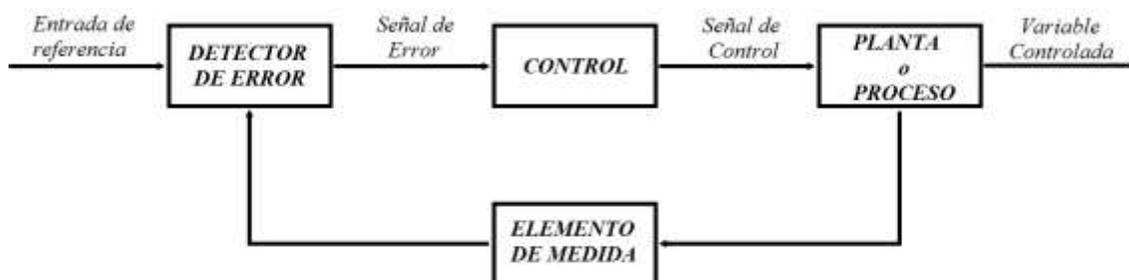


**Figura 22: Diagrama de bloques de un sistema en lazo abierto**

**Fuente:** (Gomarís, Biel, Reyes, & Matas, 1999)

### b. Sistema en lazo cerrado

En los sistemas en lazo cerrado existe retroalimentación es decir que la señal de salida tiene efectos sobre el control.



**Figura 23: Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado**

**Fuente:** (Gomarís, Biel, Reyes, & Matas, 1999)

La salida se compara con la entrada de referencia, la cual envía una señal de control proporcionada por el control del sistema, que será proporcional a la diferencia encontrada entre la señal de entrada y la señal medida a la salida, con el objeto de la corrección del error o su desviación.

En la Figura 23 se puede observar el diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado donde la principal ventaja es la retroalimentación que permite que las perturbaciones o los parámetros internos no afecten a la señal de salida por medio de un elemento de medida.

#### **1.3.4. Sistemas combinatoriales y secuenciales**

Gomarís et al. (1999) menciona que los sistemas combinatoriales y secuenciales se basan en las instrucciones lógicas. Los datos de entrada y salida son binarios e indican que los estados poseen dos estados o valores (ejemplo: un indicador de activado o no, o un interruptor pulsado o no). El control es de tipo on off y se basa en las condiciones de entrada del sistema.

#### **1.3.5. Control de encendido y apagado (on/off).**

En un sistema de control encendido y apagado solo existen dos posiciones, la variable controlada tiene dos posiciones fijas, que en muchos casos, es encendido y apagado. El control de dos posiciones es relativamente simple y barato, razón por la cual su uso es extendido en sistemas de control tanto industriales como domésticos según indica (Ogata, 2003).

### **1.4. Comunicación**

Según (Stanton , Etzel, & Walker, 2007), la *comunicación* es "la transmisión verbal o no verbal de información entre alguien que quiere expresar una idea y quien espera captarla o se espera que la capte"

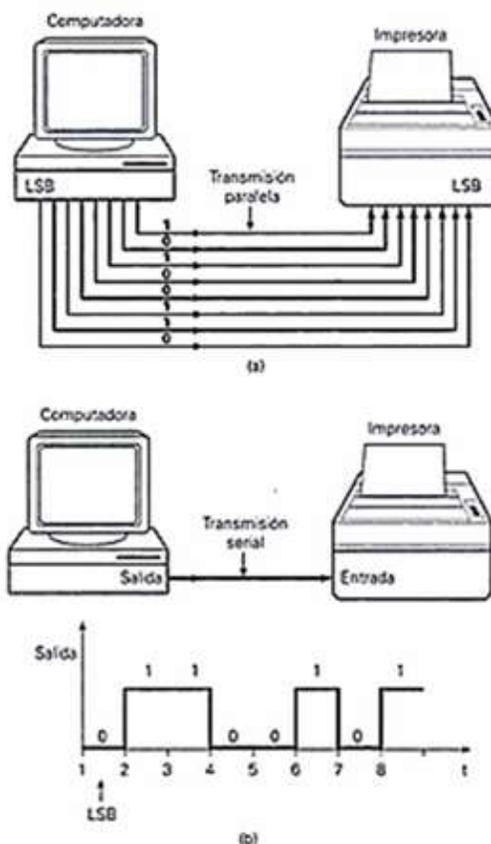
La *intercomunicación* es la transmisión recíproca de información, datos, conocimientos, experiencias entre dos o más personas, seres vivos, lugares o mecanismos.

(Tomasi, Wayne, 2003) redacta:

“En el mundo de las comunicaciones de datos, se define datos en general como información que se almacena en forma digital. La palabra datos es plural: una sola unidad de datos se llama dato. La comunicación de datos es el proceso de transferir información digital, por lo general, en forma binaria, entre dos o más puntos. Se define la información como conocimiento, noticia o información secreta. La información que se ha procesado, organizado y guardado se llama datos. Los datos pueden ser de naturaleza alfabética, numérica o simbólica, y están formados por cualquiera de los siguientes símbolos, o una combinación de ellos: alfanuméricos codificados en binario, programas de microprocesador, códigos de control, direcciones de usuarios, datos de programa o información de base de datos. Tanto en la fuente como en el destino, los datos están en forma digital: sin embargo, durante la transmisión, pueden estar en forma digital o analógica.”

#### **1.4.1. Transmisión de datos en serie y en paralelo**

La información que se transmite está en forma binaria, y por lo general, se representa como voltaje en las salidas de un circuito de envío, conectadas a las entradas de un circuito de recepción. En la Figura 24 se observa los dos métodos básicos que se emplean para transmitir información digital.



**Figura 24: Transmisión serial y paralela.**

**Fuente:** (Tocci & Widmer, 2003)

En el ejemplo de (Tocci & Widmer, 2003) envió del número binario 10100110 se transmite de la computadora a una impresora usando la transmisión paralela y serial. En la *transmisión paralela* presente en la Figura 24 (a) cada bit del número binario tiene una línea de la salida del computador y esta salida está conectada a una entrada de la impresora de tal manera que la transmisión es simultánea.

La Figura 24 (b) hace referencia a la *transmisión serial* donde existe una sola y única conexión entre el computador y la impresora.

Para el envío de datos se produce una señal digital cuyo voltaje cambiará de acuerdo a los voltajes regulares con el número binario en un intervalo de tiempo. El LSB o bit menos significativo se transmite primero; esto es típico de la transmisión serial.

La transmisión de datos puede ser más rápida en paralelo por la simultaneidad de transmisión de los bits, al contrario la transmisión serial se produce bits a bits a la vez pero más eficiente en costos ya que necesita una línea.

#### **1.4.2. Configuraciones**

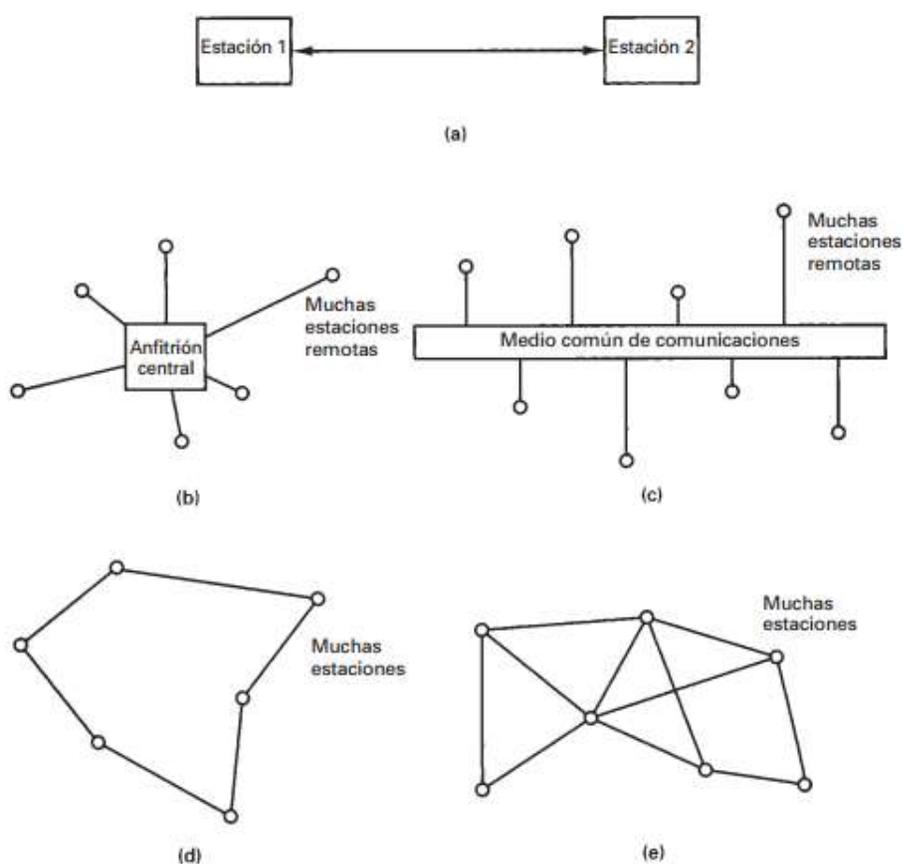
Los circuitos de comunicación de datos se pueden clasificar, en general, como de dos o de varios puntos. La configuración de dos puntos permite dos estaciones o lugares, mientras que la configuración varios puntos también conocida como multipuntos permite tres o más estaciones.

La configuración de dos puntos puede transferir información entre una computadora central y una terminal remota de cómputo, dos computadoras centrales o dos terminales remotas de cómputo. Una configuración multipunto se usa para interconectar una sola computadora central (anfitrión) con muchas terminales remotas de cómputo, aunque cualquier combinación de tres o más computadoras o terminales de cómputo forman un circuito de varios puntos. (Tomasi, Wayne, 2003).

#### **1.4.3. Topologías**

La topología se conoce también como arquitectura de un circuito de comunicación de datos define la forma en que se interconectan los distintos lugares dentro de la red.

La Figura 25 muestra las diversas configuraciones y topologías de circuito para redes de comunicación de datos como: (a) punto a punto; (b) estrella; (c) bus o multisalida; (d) anillo o lazo; (e) malla.



**Figura 25: Topologías de red de datos**

**Fuente:** (Tomasi, Wayne, 2003)

#### 1.4.4. Modos de Transmisión

Existen cuatro modos de transmisión para circuitos de comunicaciones. (Tomasi, Wayne, 2003) presenta los siguientes modos:

- **Simplex:** El modo simplex es conocido como solo recepción; la transmisión de datos es unidireccional, sólo de transmisión o sólo en un sentido. Los programas de televisión y radio son ejemplos de transmisión simplex.
- **Semidúplex (HDX).** En el modo semidúplex la transmisión de datos es bidireccional, pero no puede suceder en el mismo tiempo. Las líneas semidúplex también se llaman líneas de dos sentidos alternas. Un ejemplo son los radios transmisores de banda civil es un ejemplo de transmisión semidúplex.
- **Dúplex (FDX).** En el modo dúplex, las transmisiones es bidireccional pero deben ser entre las mismas dos estaciones. Las líneas dúplex también se llaman de dos sentidos simultáneos, o en ambos sentidos. Las líneas telefónicas son ejemplo de transmisión dúplex.
- **Dúplex total/general (F/FDX).** En este modo es posible la transmisión en bidireccional al mismo tiempo, pero no es necesario entre las mismas dos estaciones; es decir, una estación transmite a una segunda estación y recibe al mismo tiempo de una tercera estación. El modo dúplex total sólo es posible en circuitos de varios puntos. El sistema postal en Estados Unidos es un ejemplo de transmisión dúplex total/general.

#### 1.4.5. Código ASCII

(Carretero, 2009) menciona que el código ASCII (American Standard Code for Information Interchange) conocido también como código alfanumérico se utiliza para representar todos los números y letras del alfabeto, también símbolos, caracteres especiales y ordenes de control para periféricos en los PC.

El ASCII es un conjunto de caracteres de siete bits, y tiene 27, o 128 combinaciones. Con el ASCII, el bit menos significativo se llama b0 y el más significativo se llama b6. El b7 no es parte del código ASCII, sino se reserva, en general, como bit de paridad. Hoy en día el ASCII es el código más utilizado en transmisión de datos.

#### **1.4.6. Bluetooth**

Según (Muller, Nathan, 2002) el Bluetooth es una solución integrada de hardware, software y requerimientos de interoperabilidad. El conjunto de especificaciones Bluetooth responde a las necesidades de conexión inalámbrica de corto alcance. La combinación de conmutación de circuitos y de paquetes hace del protocolo de banda base Bluetooth apropiados para la transmisión de datos y voz. La implementación de la tecnología inalámbrica Bluetooth también conocida como IEEE 802.15.1 en dispositivos de transmisión de corto alcance permite un menor tamaño y reducción de costos.

La tecnología inalámbrica Bluetooth utiliza la banda de radio ISM (Industrial, Scientific, Medical; aplicaciones industriales, científicas y médicas). Las bandas ISM incluyen rangos de frecuencia entre: 902-928 MHz y 2,4-2,484 GHz, que no requiere licencia de operador por las autoridades reguladoras de comunicación.

A continuación se detallan las especificaciones de la tecnología Bluetooth:

##### **a. Funcionamiento del estándar**

El protocolo banda base combina las técnicas de conmutación de circuitos y de paquetes y para asegurar que los paquetes lleguen en orden. La velocidad para un canal asimétrico de datos puede llegar a 721 kbit/s en un sentido y 57,6 kbit/s en el otro, o 432,6 kbit/s en ambos sentidos si el enlace es simétrico.

Es importante recalcar el tamaño mínimo que debe ocupar, ya que va a ir incorporado en dispositivos portátiles, además de un consumo de potencia muy reducido (hasta un 97% menos que un teléfono móvil). Si el dispositivo Bluetooth no intercambia datos, entonces establecen el modo de "espera" para ahorrar energía, quedando a la escucha de mensajes. La Tabla 1 resume las características de funcionamiento de los productos Bluetooth que trabajan en el rango de 2.4 GHz.

**Tabla 1**  
**Características de funcionamiento**

<b>Característica/Función</b>	<b>Funcionamiento</b>
<b>Tipo de conexión</b>	Expansión de espectro(saltos de frecuencia)
<b>Espectro</b>	Banda ISM de 2.4 GHz
<b>Potencia de transmisión</b>	1 mili vatio(mW)
<b>Velocidad de datos total</b>	1 Mbps utilizando saltos de frecuencia
<b>Alcance</b>	Hasta 10 metros
<b>Estaciones soportadas</b>	Hasta ocho (8) dispositivos por picorred
<b>Canales de voz</b>	Hasta tres (3)
<b>Seguridad de datos</b>	Para autenticación, una clave de 128 bits; para cifrado, el tamaño de la clave es configurable entre 8 y 128 bits.
<b>Direccionamiento</b>	Cada dispositivo tiene una dirección MAC de 48 bits que se utiliza para establecer una conexión con otro dispositivo.

**Fuente:** (Muller, Nathan, 2002)

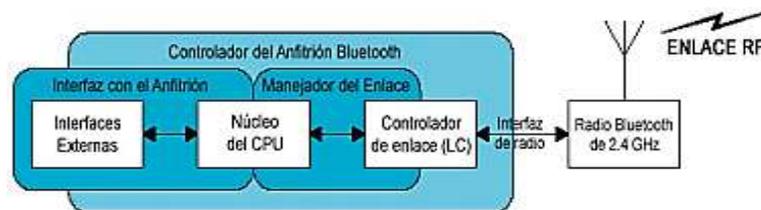
## **b. Arquitectura de Hardware**

La arquitectura hardware del dispositivo Bluetooth se muestra en la Figura 26, está compuesta por dos partes. Un dispositivo de radio, encargado de la modulación y transmisión de la señal; y un controlador digital que está compuesto por un CPU, que tiene internamente un procesador de señales digitales (DSP - Digital Signal Processor) también llamado Link Controller o controlador de Enlace.

El LC o Link Controller está encargado de hacer el procesamiento de la banda base y del manejo de los protocolos ARQ (Automatic Repeat-reQuest) y FEC (Forward Error Correction) de capa física. Además, se encarga de las funciones de transferencia tanto asíncrona para la encriptación de datos como síncrona para la codificación de audio. Los enlaces asíncronos soportan el tráfico de datos sin garantía de entrega.

El CPU del dispositivo se encarga de atender las instrucciones relacionadas con Bluetooth del dispositivo anfitrión, para así simplificar su operación. Para ello, sobre el CPU corre un software denominado Link Manager (Manejador de enlace) que tiene la función de comunicarse con otros dispositivos por medio del protocolo LMP (Link Manager Protocol).

(Huidobro, 2005)



**Figura 26: Arquitectura de Hardware de un chip Bluetooth**

**Fuente:** (Vergara, 2008)

Entre las tareas realizadas por el LC y el Link Manager, destacan las siguientes:

- Envío y Recepción de Datos.
- Empaginamiento y Peticiones.
- Determinación de Conexiones.
- Autenticación.
- Negociación y determinación de tipos de enlace, por ejemplo SCO o ACL
- Determinación del tipo de cuerpo de cada paquete.
- Ubicación del dispositivo en modo sniff o hold.

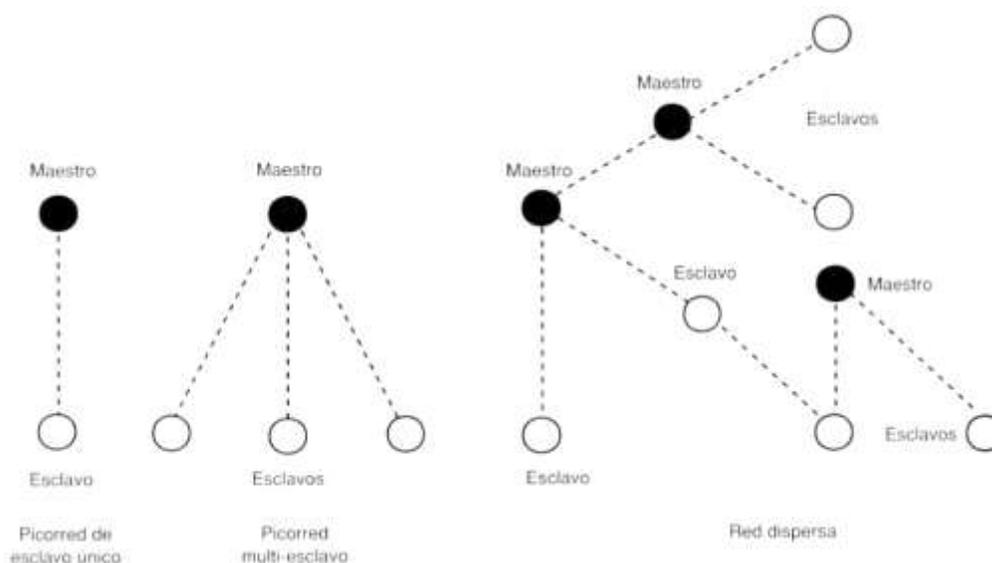
### c. Topología Bluetooth

(Huidobro, 2005) indica que en la topología Bluetooth existen dos configuraciones: maestro o esclavo. En una picorred el maestro es el encargado de la sincronización de los dispositivos estableciendo su reloj y secuencia de saltos para la sincronización. Los esclavos son las unidades de la picorred que se sincronizan con el maestro

(Muller, Nathan, 2002) comenta que los dispositivos, se comunican en redes denominadas picorred. Estas redes tienen posibilidad de crecer hasta tener 8 conexiones punto a punto o multipunto permitiendo picorredes múltiples.

Además, se puede extender la red mediante la formación de red dispersa (scatternet). Una scatternet es la red producida cuando dos dispositivos pertenecientes a dos picorredes diferentes, se conectan.

En la Figura 27 se muestran las topologías bluetooth.

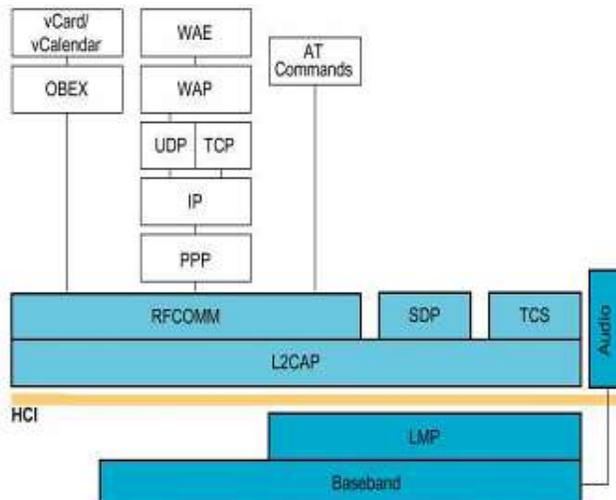


**Figura 27: Topología Bluetooth**

**Fuente:** (Muller, Nathan, 2002)

#### d. Pila de Software

(Huidobro, 2005) establece un sistema de niveles para la pila del software. El objetivo principal de las especificaciones Bluetooth es la compatibilidad de los dispositivos con el dispositivo anfitrión mediante una interfaz denominada HCI (Host Controller Interface), la interoperabilidad se logra cuando las aplicaciones situadas en dispositivos separados se apegan al estándar. Cada aplicación distinta utiliza una pila de protocolo diferente. Independientemente de la aplicación específica, la pila de protocolos de datos y físico comunes se muestra en la Figura 28.



**Figura 28: Pila de Software**

**Fuente:** (Vergara, 2008)

El SDP (protocolo utilizado para encontrar otros dispositivos Bluetooth dentro del rango de comunicación), RFCOMM (protocolo utilizado para emular las conexiones de puerto serial) y TCS (protocolo de control de telefonía), interactúan con el controlador de banda base a través del protocolo L2CAP se encarga de la segmentación y reensamblaje de los paquetes para poder enviar paquetes de mayor tamaño a través de la conexión Bluetooth.

La pila del Software Bluetooth se compone por cuatro niveles. Los niveles y los protocolos que incluyen se resumen en la Tabla 2.

**Tabla 2**

**Resumen de la pila del software**

Nivel del protocolo Bluetooth	Componentes de la pila
<b>Protocolos fundamentales de Bluetooth</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Banda Base</li> <li>• LMP (Link Manager Protocol - Protocolo Gestor de enlace).</li> <li>• L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Protocol - Protocolo de Adaptación y Control del Enlace lógico).</li> <li>• SDP (Service Discovery Protocol - Protocolo de Descubrimiento de Servicios).</li> </ul>
<b>Protocolo de sustitución de cable</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RFCOMM (Radio Frequency Communication- Comunicación por Radiofrecuencia).</li> <li>• Comandos AT</li> </ul>
<b>Protocolos de control de telefonía</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TCS BIN (Telephony Control Specification Binary - Especificación de Control de Telefonía Binario).</li> </ul>
<b>Protocolos adoptados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PPP (protocolo punto a punto).</li> <li>• UDP (User Datagram Protocol - Protocolo de Datagramas de Usuario).</li> <li>• TCP (Transmission Control Protocol - Protocolo de Control de Transmisión)</li> <li>• IP (Internet Protocol -Protocolo Internet)</li> </ul>
<b>Nivel del protocolo Bluetooth</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OBEX (Object Exchange Protocol - Protocolo de Intercambio de Objetos).</li> <li>• WAP (Wireless Application Protocol - Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas).</li> <li>• vCard</li> <li>• vCalendar</li> <li>• IrMC (Infrared Mobile Communications - Comunicaciones Móviles por Infrarojos).</li> <li>• WAE (Wireless Application Environment- Entorno de Aplicaciones Inalámbricas)</li> </ul>

**Fuente:** (Muller, Nathan, 2002)

### e. Transmisión

Bluetooth está diseñado para usar acuses de recibos (acknowledgement) y saltos de frecuencias (frequency hopping), lo cual hará conexiones robustas. Todos los datos en el canal de la picorred se transmiten en paquetes, y saltarán a una nueva frecuencia después de que cada paquete es recibido, lo cual no solo ayuda a los problemas de interferencia, sino que añade seguridad.

El método síncrono es usado principalmente para voz, y el asíncrono es principalmente usado para transmitir datos. Dentro de un "picorred" cada par conexión maestro-esclavo puede usar un modo de transmisión distinto. La división de tiempo "dúplex", es usado para transmisión asíncrona y sincrónica, y ambos soportan 16 tipos de paquetes, cuatro de los cuales son paquetes de control, que son los mismos en cada tipo.

Debido a la necesidad de tranquilidad en la transmisión de datos, los paquetes en transmisión sincrónica son entregados en intervalos reservados, los paquetes son enviados en grupos sin permitir la interrupción de otras transmisiones. Los enlaces asíncronos soportan tanto transmisión simétrica como transmisión asimétrica. (Huidobro, 2005)

### f. Protocolo de Conexión

Las conexiones Bluetooth según (Huidobro, 2005) son establecidas a través de las siguientes técnicas:

- **Standby:** En este modo se encuentran no conectados y escuchan mensajes cada 1,28 segundos, sobre 32 saltos de frecuencias.
- **Page/Inquiry:** Si un dispositivo desea conexión con otro dispositivo, éste le envía un mensaje de tipo page si se encuentra emparejado; Y si no hay emparejamiento manda una petición a través de un mensaje de page. La unidad "master" envía 16 páginas de mensajes idénticos, en 16

saltos de frecuencias, a la unidad "esclavo". Si no hay respuesta, el "maestro" retransmite en los otros 16 saltos de frecuencia.

- **Active:** Ocurre la transmisión de datos.
- **Hold:** Cuando el dispositivo maestro o el esclavo establece no transmitir datos entonces el chip Bluetooth conserva el poder.
- **Sniff:** Se utiliza solo en esclavos es para conserva el poder. Durante este modo, el, no toma un rol activo en la picorred, pero escucha a un reducido nivel.
- **Park:** El modo park es un nivel más reducido, que el modo hold. Durante este, el esclavo es sincronizado a la picorred, por eso no requiere un reactivación completa. En este estado, ellos no tienen direcciones MAC y solo escuchan para mantener su sincronización con el maestro y chequear los mensajes.

#### g. Seguridad

(Muller, Nathan, 2002) comenta que las señales Bluetooth pueden ser interceptadas como cualquier señal inalámbrica por tanto requieren de mecanismos de seguridad para prevenir ser intervenidos y los intentos de falsificar el origen de los mensajes a continuación se presentan los siguientes métodos:

- Modo 1: Los dispositivos desactivan las funciones de seguridad de nivel de enlace permitiendo el intercambio de datos que contengan información no sensible. El intercambio de tarjetas de contacto y calendarios son ejemplos típicos de transferencia de datos no seguros.
- Modo 2: Proporciona nivel de seguridad de servicio, permite que las aplicaciones se ejecuten en paralelo y dependen de las seguridades internas de la aplicación.
- Modo 3: Proporciona seguridad de nivel de enlace, donde el gestor de enlace impone una seguridad de nivel común para todas las aplicaciones en el momento de su configuración de conexión.

## CAPÍTULO II

### ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo por medio del análisis del marco teórico se define los requerimientos de las partes que conforman el dispositivo de comunicación braille. El diseño permite la selección y describe el porqué de las partes utilizadas para el proyecto. La implementación describe como fue montada la parte electrónica y mecánica del dispositivo con sistema de comunicación braille e interfaz android para la intercomunicación de personas sordociegas.

#### 2.1. Diseño de la comunicación

El diseño de comunicación se realizó mediante una revisión literaria de la *Sección 1.2*, donde se encuentra dos principales interfaces de comunicación las cuales son: USB y Bluetooth.

Para la selección de la comunicación se fundamentó en la interfaz montada en sistema operativo android; por esta razón se optó por la comunicación de redes inalámbricas debido a que el android fue diseñado principalmente para dispositivos móviles con pantalla como: teléfonos inteligentes y tablets que no disponen de varias entradas usb.

##### 2.1.1. Parámetros de diseño

Los siguientes parámetros permiten escoger la mejor tecnología inalámbrica para los requerimientos de este proyecto.

- Potencia de consumo
- Rango

- Costos
- Frecuencia

### 2.1.2. Bluetooth versus Wi-Fi

La tecnología Bluetooth tiene como objetivo sustituir los cables entre dispositivos de comunicación y otros tipos de terminales, los cuales tienen un alcance de 10 metros en condiciones normales. Mientras que Wi-Fi tiene un rango de 10 metros en interiores y 100 metros al aire libre, esto para un equipo estándar. Las tecnologías Bluetooth y Wi-Fi tienen limitaciones de rango y de ancho de banda por esa razón cada una tiene aplicaciones diferentes.

Las tecnologías Bluetooth y Wi-Fi son las más utilizadas en el siglo XXI. La tecnología Bluetooth se utiliza como una sustitución del cable para dispositivos tales como los teléfonos móviles, cámaras fotográficas, altavoces, auriculares, etc. La tecnología Wi-Fi se encarga del acceso a Ethernet inalámbrico de alta velocidad. En la siguiente Tabla 3 se muestra las diferencias principales de la tecnología.

**Tabla 3**  
**Comparación de Wi-Fi vs Bluetooth**

	Bluetooth	Wi-Fi
<b>Línea de Vista</b>	No	No
<b>Configuración</b>	Punto a Punto Punto a Multipunto	Punto a Punto Punto a Multipunto
<b>Tasa de transferencia</b>	1Mbps	11 Mbps
<b>Potencia Consumo</b>	Reducido	Elevado
<b>Frecuencia</b>	2.4 GHz	2.4 GHz
<b>Rango</b>	10 metros	10 hasta 100 metros
<b>Seguridad</b>	Baja	Moderada
<b>Numero de dispositivos</b>	8	32
<b>Precio</b>	Costoso	Accesible

**Fuente:** (Reyes, 2014)

### 2.1.3. Justificación

Después de un análisis de las dos tecnologías actuales Bluetooth y Wi-Fi, se observó que Bluetooth es todavía una tecnología que se mantiene en progreso, lo que permite que siga siendo usada y distribuida en todo el mundo, por tal motivo sus costos son accesibles y es más fácil su implementación.

Las características técnicas de la tecnología Wi-Fi son las mejores comparadas con la tecnología Bluetooth, pero la tecnología Bluetooth posee una equidad en varios aspectos como: bajo consumo de energía, conexión con varios dispositivos a la vez, no necesita línea de vista, su área de cobertura es eficiente para que una persona se conecte a los equipos que considere necesario.

Otra de las ventajas de utilizar la tecnología bluetooth es el uso de una banda sin licencia en la frecuencia de 2.4GHz, seguridad incorporada, facilidad de uso, disponibilidad mundial, estándar abierto.

El módulo seleccionado es Bluetooth HC-05 mostrado en la Figura 29, tiene una configuración de fábrica para trabajar como maestro o esclavo. En el modo maestro puede conectarse con otros módulos Bluetooth, mientras que en el modo esclavo queda a la escucha peticiones de conexión.



**Figura 29: Módulo Bluetooth CZ-HC-05**

**Fuente:** (DX.com, 2014)

Las características del módulo HC-05 son:

- Tensión de alimentación: 3.3V a 5V
- Frecuencia: 2.4GHz banda ISM
- Seguridad: Autenticación y encriptación.
- Velocidad Asíncrona: 2.1Mbps (Max) / 160 kbps
- Velocidad Sincrónica: 1Mbps/1Mbps
- Soporta comandos AT para configuración a través de un puerto serie.
- Configuración por defecto para el puerto COM: 9600, N, 8,1
- Temperatura de trabajo: -20 °C a +75 °C
- Dimensiones: 26.9m x 13mm x 2.2 mm
- Corriente: 30mA máx.
- Tamaño módulo principal: 28 mm x 15 mm x 2,35 mm

## **2.2. Diseño del sistema de control**

La selección del sistema de control es la parte más importante del sistema, de este depende las diferentes tareas que pueda realizarse en el dispositivo.

(Gomarís, Biel, Reyes, & Matas, 1999) explica que un sistema está formado por un conjunto de elementos relacionados que por medio de la interacción ofrecen una señal del salida mediante una acción de control.

### **2.2.1. Requerimientos del sistema de control**

- Rastreo de las señales del teclado de braille.
- Decodificación del alfabeto braille.
- Enlace de comunicación inalámbrica.
- Codificación al alfabeto braille.
- Identificación de los diferentes modos de operación.

De acuerdo a los requerimientos mencionados, el sistema control se realizará en base a una tarjeta electrónica de bajo consumo, con la capacidad de manejar las entradas y salidas correspondientes al teclado y celda braille, un módulo de comunicación inalámbrico, procesa la información recibida y enviará los datos codificados en alfabeto braille.

### 2.2.2. Identificación de las conexiones en la tarjeta de control

Cada elemento analizado en la *Sección 1.2* permite conocer la cantidad de entradas y salidas digitales que son necesarias para conocer la tarjeta de control, en la Tabla 4 se puede observar las entradas y salidas digitales totales de los elementos que conforman el sistema de control.

**Tabla 4**  
**Conexiones requeridas por el dispositivo**

	No. ENTRADAS	No. SALIDAS	TIPO
Teclado Braille	6		Digitales
Celda Braille		6	Digitales
Tecla enter	1		Digitales
Indicador de encendido y apagado		1	Digital
Indicador de maestro esclavo		1	Digital
Interfaz de comunicación serial	1	1	Bus de datos
Encendido y apagado Bluetooth		1	Digital

Después de analizar los requerimientos y las conexiones requeridas por el sistema de control se procede a la selección de la tarjeta principal.

### 2.2.3. Selección de la tarjeta de control

La tarjeta de control es el núcleo principal del dispositivo braille, de esta depende el correcto funcionamiento y las funciones que debe realizar como son: rastrear las entradas del teclado braille, decodificar y codificar los datos, procesar y enlazarse con la aplicación desarrollada en la plataforma android; además se consideró el tamaño del controlador y la disponibilidad en el mercado. Los requerimientos de la tarjeta principal se detallan a continuación:

- 8 entradas digitales.
- 11 salidas digitales.
- Puerto de comunicación serial.

A continuación se presentan las siguientes tarjetas electrónicas disponibles en el mercado local.

#### a. Baby Orangutan B-328 Robot Controller

La tarjeta electrónica Baby Orangutan B-328 se muestra en la Figura 30, la misma tiene dimensiones pequeñas pero posee características diferentes de las demás. Contiene un microcontrolador AVR de alto desempeño y dos controladores para motores incluidos en los mismos 24 pines. Debido al control de motores la tarjeta de control tiene como objetivo el control de robots de dimensiones pequeñas.

Su rango de operación es de 5 a 13,5 V, con un cristal resonador de 20 MHz, tiene 24 pines de las cuales las 16 pueden ser utilizadas como entradas y salidas digitales, y 8 de ellas pueden ser usadas por canales de entrada analógicos.



**Figura 30: Tarjeta de control Baby Orangutan B-328**

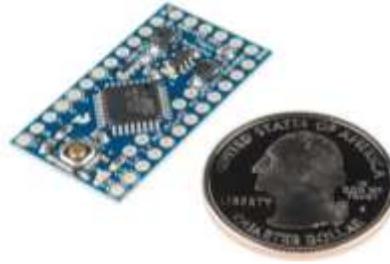
**Fuente:** (pololu, 2013)

Las características de la tarjeta Baby Orangutan B-328 Robot Controller son:

- Microcontrolador: ATmega328P
- Voltaje de entrada: 5 a 13,5V (15V máx.)
- Digital pines I/O: 16 (de las cuales 6 proporcionan salidas PWM)
- Pines de entrada analógicos: 8
- Corriente DC por E/S: 40 mA
- Memoria Flash: 32 Kb
- SRAM: 2Kb
- EEPROM: 1 Kb
- Velocidad de reloj: 20 MHz
- Medidas: 3,04 x 1,78 cm
- Precio: 29,9 dólares americanos

#### **b. Arduino Mini Pro**

El Arduino Pro Mini es una placa electrónica basada en el ATmega328. La tarjeta de control tiene 14 pines digitales de entrada o salida, 6 entradas analógicas, un resonador de a bordo, un botón de reinicio, y los agujeros para el montaje de conectores macho. Los 6 pines de entrada o salida pueden ser utilizados como salidas PWM. La programación se realiza mediante su plataforma arduino y se realiza por medio del cable FTDI de seis pines.



**Figura 31: Tarjeta arduino mini pro**

**Fuente:** (sparkfun, 2013)

En la Figura 31 se hace referencia del tamaño con una moneda de 25ctvs para apreciar su tamaño compacto. Los 14 pines digitales en la tarjeta de control arduino mini pro se puede utilizar como una entrada o salida, utilizando `pinMode ()`, `digitalWrite ()`, y `digitalRead ()` function comandos de la plataforma arduino.

La tarjeta arduino mini pro opera con una fuente de energía continua de 3,3 o 5 voltios (dependiendo del modelo). Los pines pueden proporcionar o recibir un máximo de 40 mA y tiene una resistencia de pull-up (desconectado por defecto) de 20-50 kOhms. A continuación se presentan las especificaciones técnicas de la tarjeta de control.

- Microcontrolador: ATmega328P
- Voltaje de entrada: 3.3 a 5V (dependiendo del modelo)
- Digital pines I/O: 14 (de las cuales 6 proporcionan salidas PWM)
- Pines de entrada analógicos: 6
- Corriente DC por E/S: 40 mA
- Memoria Flash: 32 Kb
- SRAM: 2Kb
- EEPROM: 1 Kb
- Velocidad de reloj: 20 MHz
- Medidas: 3,3 x 1,78 cm
- Precio: 7 dólares americanos

## **2.2.4 Justificación**

Después del análisis de las tarjetas electrónicas detalladas anteriormente, se optó por la tarjeta arduino mini pro, debido a su tensión de operación de 3,3 voltios, la cantidad de entradas y salidas digitales adecuadas para el dispositivo, un puerto de comunicación serial asíncrono y además su tamaño reducido y disponibilidad en el mercado local para una fácil adquisición del componente. En el *Anexo 3* se presenta el datasheet de la tarjeta arduino mini pro, donde se visualiza las entradas y salidas para el presente proyecto.

## **2.3. Diseño electrónico del dispositivo de comunicación braille**

Para el diseño electrónico se consideró principalmente la portabilidad, funcionalidad y autonomía eléctrica en el dispositivo, además se pretende utilizar elementos disponibles en el mercado local, facilitando el mantenimiento y reparación del mismo.

### **2.3.1. Selección y justificación de partes del dispositivo braille**

Una vez analizadas las partes y componentes de los dispositivos braille en la *Sección 1.2*, se determinó las siguientes partes para el diseño del dispositivo braille. A continuación se detallan los siguientes:

- Teclado braille
- Celda braille
- Tecla enter
- Indicador de poder
- Indicador maestro esclavo
- Interruptor de poder

El objetivo principal es buscar opciones para las partes que conforman el dispositivo con sistema de comunicación braille las mismas que se encuentren en el mercado comercial.

### a. Teclado braille

La selección del teclado braille se basa en el sistema de comunicación Braille manual descrita en la *Sección 1.1.3.g*, también la adaptación para el envío y recepción de datos, donde el signo generador es utilizado para la transmisión de mensajes.

El ingreso de los datos al dispositivo se lo realizará mediante un teclado braille, que dispone de seis interruptores. En la Tabla 5 se presenta los interruptores disponibles en el mercado con sus respectivas características.

**Tabla 5**  
**Características de diferentes tipos de interruptores**

Tipo	Ventajas	Desventajas	Observaciones
<b>Interruptor blanco 6 pines THT con led 12x12x8mm</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación LED.</li> <li>• Varios colores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor consumo energético.</li> <li>• Mayor número de pines.</li> <li>• Alto costo.</li> </ul>	La iluminación no es relevante, debido a que el dispositivo se encuentra dirigido a personas con discapacidad visual.
<b>Interruptor táctil 4 pines THT 12X12X12mm</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor consumo energético.</li> <li>• Bajo costo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existen varios colores.</li> </ul>	Disponible en cualquier electrónica del país.
<b>Interruptor de Membrana SMT 4X4X0.8mm</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se colocan directamente sobre un circuito impreso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño reducido</li> <li>• Tecnología de montaje superficial</li> </ul>	Necesitan un soporte mecánico para su funcionamiento.

El teclado braille utilizará la disposición de puntos del sistema de comunicación braille manual donde la celda de seis puntos está organizada como una matriz de tres filas por dos columnas.

Una vez analizado los diferentes pulsadores para el teclado, se optó por utilizar un conjunto de interruptores táctiles de 4 pines de dimensiones 12mm de largo x 12mm de ancho x 12mm de altura como se observa en la Figura 32, debido a que su tamaño permitirá una mejor distribución del teclado braille. Además su bajo costo y disponibilidad en el mercado local, facilitará el mantenimiento del dispositivo.



**Figura 32: Interruptor táctil de 4 pines THT**

**Fuente:** (sparkfun, 2013)

#### **b. Celda braille**

Para la interpretación del alfabeto braille en el dispositivo, se requiere seleccionar un actuador, cuyas características cumplan con los requerimientos para la comunicación por medio del tacto. La celda braille es la parte más importante del dispositivo, ya que de éste depende la recepción de los mensajes.

(Écija, 2000) realizó una investigación de la vía táctil como admisión de datos, para concretar que los nuevos instrumentos se diseñen acorde al canal sensorial táctil. Esta investigación contó con una población de sujetos de audición normal, de sordos y una de ciegos. Los resultados obtenidos relativos al umbral táctil fueron que las personas no videntes perciben discretamente mejor que las otras poblaciones. También concluyó que la muñeca y la yema de los dedos es el punto más sensible. Pero que es imposible introducir por la vía

táctil la variación de frecuencias que se precisa para discriminar una palabra, y afirma que los instrumentos que se diseñen deben aportar un código sencillo y diferenciado. En base a la *Sección 1.2.3*, correspondiente a partes y componentes del Guante Móvil Lorm. El dispositivo utiliza como medio de transmisión de datos la vía táctil.

Se decidió optar como celda braille del dispositivo, un arreglo de microvibradores, debido a que las personas sordociegas desarrollan la vía táctil, además de su reducido tamaño y bajo costo. En la Figura 33 se muestra el microvibrador de dimensiones de 10mm de diámetro por 2mm de alto.



**Figura 33: Microvibrador**

**Fuente:** (pololu, 2014)

Las características técnicas del microvibrador son necesarias para el correcto funcionamiento con la tarjeta de control. En la Tabla 6 se observa las características del microvibrador.

**Tabla 6**

**Características técnicas del microvibrador**

<b>Tamaño:</b>	<b>10 mm diámetro, 2.0 mm alto.</b>
<b>Peso:</b>	0.8 gramos
<b>Voltaje de operación:</b>	2,5 - 3,5 V
<b>Velocidad a 3V:</b>	14500 RPM
<b>Corriente a libre carga a 3V:</b>	60 mA (80 mA máx.)
<b>Resistencia:</b>	29 ± 6Ω

Fuente: (pololu, 2014)

### c. Tecla enter

Para la selección del interruptor momentáneo que cumple la función de tecla enter; es la tecla que se utiliza para indicar al dispositivo de comunicación braille que la cadena de caracteres finalizó, se optó por la misma alternativa utilizada en el teclado braille correspondiente a interruptores táctiles de 4 pines como se observa en la Figura 32, para mantener la estética del dispositivo.

### d. Indicadores

La selección de los indicadores se basa principalmente en el bajo consumo energético y su reducido tamaño. En este proyecto no son importantes debido a que la señal táctil es la única que permite generalizar el dispositivo de comunicación braille para personas sordociegas.

A continuación se detallan las siguientes alternativas con sus características eléctricas y dimensiones.

**Tabla 7**

**Comparación de Indicadores LED**

TIPO DE LED	V LED	CORRIENTE	Dimensiones
azul/blanco (alta luminosidad)	3.7 V	20 mA	5 mm
Rojo (alta luminosidad)	1.2 V	20mA	5 mm
Rojo	1.2 V	5 mA	3 mm
Verde/Amarillo	1.6 V	5 mA	3 mm

En base a la Tabla 7 se seleccionaron los leds; color rojo para indicador de poder y color verde para indicador de maestro esclavo, el tamaño del led es 3mm de diámetro, debido a su bajo consumo energético y reducido tamaño, se seleccionó como indicadores del dispositivo de comunicación braille.

### e. Interruptor de poder

La selección del interruptor de poder fue mediante búsqueda en el mercado nacional donde se encontró dos opciones que se presentan en la Tabla 8.

**Tabla 8**

#### Características de interruptores momentáneos

INTERRUPTOR	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	DIMENSIONES	GRÁFICO
<b>INTERRUPTOR METÁLICO 3 VIAS</b>	Corriente: 0.3A Voltaje: 50VCC	Ancho: 3.7 mm Alto: 8.5 mm	
<b>INTERRUPTOR PLÁSTICO 3 VIAS</b>	Corriente: 0.2A Voltaje: 30VCC	Ancho: 4 mm Alto: 11.6 mm	

El interruptor momentáneo con mejores características es el interruptor metálico 3 vías debido a que es el más pequeño y a su capacidad de paso de corriente es 0.3 A y voltaje soportado igual a 50 V.

### 2.3.2. Esquema del circuito electrónico

El esquema de la placa electrónica se lo realizó mediante el software ISIS, un programa de ruteo de esquemas inteligente que permite diseñar el circuito eléctrico para simularlo en tiempo real. En la Figura 34 se observa las partes que componen el circuito electrónico y las conexiones necesarias para su correcto funcionamiento.

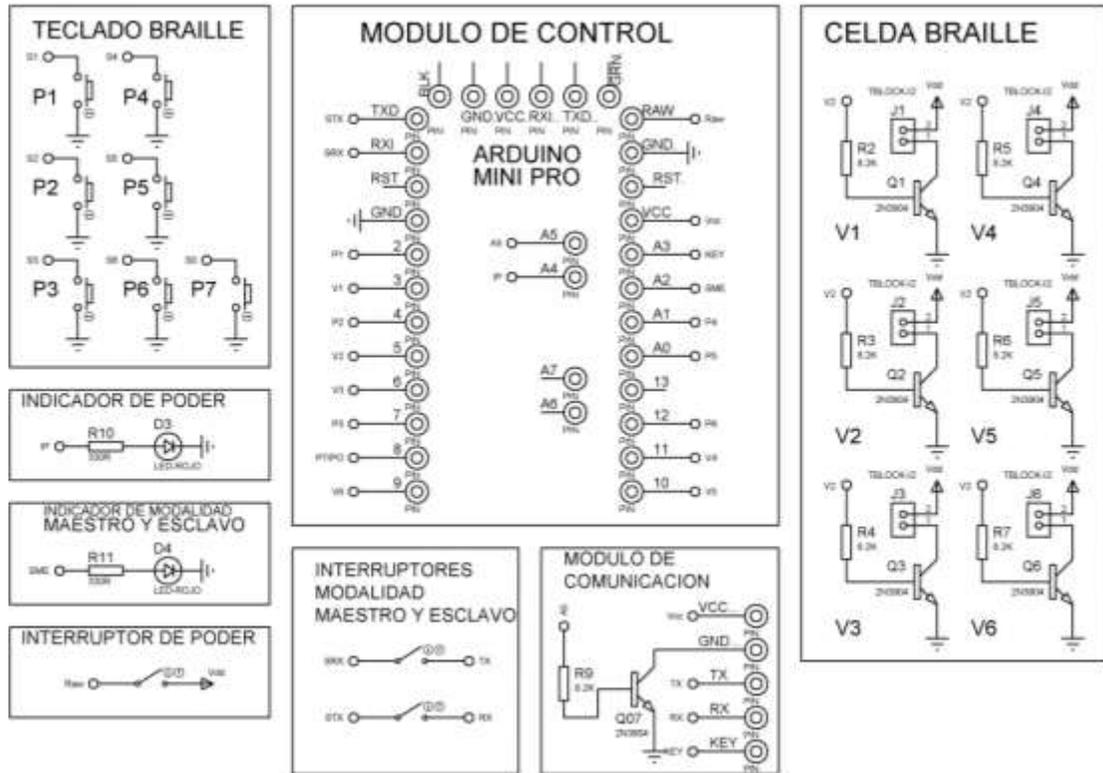


Figura 34: Esquema electrónico del dispositivo braille

Para conocer el funcionamiento del circuito electrónico se dividió en 4 módulos como se muestra en la siguiente figura:

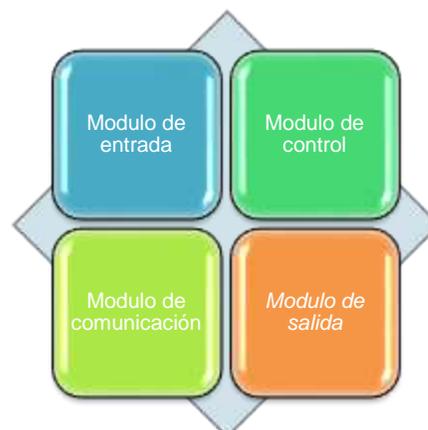


Figura 35: Módulos del dispositivo braille

**Módulo de entrada:** Es un teclado braille provisto de 6 teclas que es el encargado de la captura de datos braille. Los datos son escritos por una persona sordociega para poder entablar una comunicación.

**Módulo de control:** Una vez realizado la captura de datos ingresada por el usuario, El módulo de control es el encargado de codificar los pulsos eléctricos del teclado y hace una equivalencia con el código ASCII. También cumple la función de interpretar el código ASCII procesar y activar los diferentes puntos de la celda braille para interpretar los caracteres enviados por un dispositivo braille.

**Módulo de comunicación:** Es el que trasmite la equivalencia del código ASCII a la interfaz de usuario o a un segundo dispositivo de comunicación braille por medio de la tecnología inalámbrica bluetooth

**Módulo de salida:** Una vez transmitido el código ASCII al segundo dispositivo braille este realiza las tareas del módulo de control codificando el ASCII al código braille mediante el arreglo de vibradores llamada celda braille para que la persona sordociega intérprete la información.

#### **2.4. Implementación del dispositivo de comunicación braille**

Una vez realizado el diseño electrónico del dispositivo braille mediante el software ISIS se procede con la elaboración de la placa electrónica, es la parte principal debido que en esta se encuentran las conexiones de todas las partes electrónicas para su funcionamiento; el diseño de la carcasa y la construcción de la misma, tiene como función proteger los elementos electrónicos y dar soporte a la misma.

### 2.4.1 Placa Electrónica

La placa electrónica se realiza en ARES complemento de ISIS, permite conocer la posición de los elementos dentro de la placa. Se realizó una placa de medidas 58mm de alto y 90 mm de largo buscando optimizar el espacio para tener como resultado un dispositivo de dimensiones pequeñas. En la Figura 36 se presenta el esquema de la placa electrónica con las pistas y posiciones de los elementos electrónica que la componen.

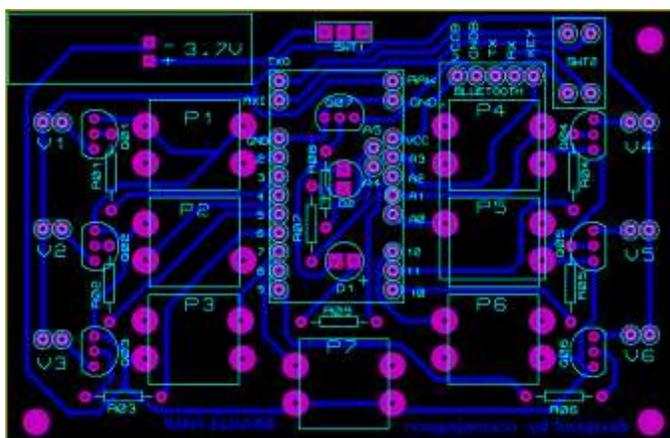


Figura 36: Esquema de la placa electrónica del dispositivo braille

#### a. Cálculos de elementos electrónicos

Para el dimensionamiento de los elementos electrónicos de la placa, se tomó en consideración las cargas a activar por la tarjeta electrónica principal para el funcionamiento del dispositivo de comunicación braille.

##### a.1. Resistencia de la Celda Braille

La celda braille del dispositivo está constituida por microvibradores cuyas características eléctricas se encuentran disponibles en la Tabla 6.

En este caso para el accionamiento de los micro vibradores se requiere una capacidad en corriente de 60 miliamperios con un voltaje de operación a 3 voltios, tomando en cuenta que los pines digitales de la tarjeta electrónica principal manejan un corriente máxima de 40 miliamperios por cada pin, se procede a amplificar la corriente mediante la utilización de un transistor bipolar. En el *Anexo 2* se encuentra el datasheet del transistor bipolar 3904.

Aplicando la Ecuación 1, se calcula la corriente que debe circular en la base del transistor, seleccionando un  $\beta$  menor o igual a 200, para asegurar la saturación del transistor cuya corriente en el colector debe ser 60 miliamperios.

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} \quad \text{Ecuación 1}$$

En donde:

$I_b$ : Corriente en la base

$I_c$ : Corriente en el colector

$\beta$ : Ganancia del Transistor

Entonces se obtiene el siguiente resultado:

$$I_b = \frac{60 \text{ mA}}{200}$$

$$\boxed{I_b = 300 \mu\text{A}}$$

Para el cálculo de la resistencia de base en el transistor bipolar 2n3904 cuya corriente en el colector máxima es de 100 miliamperios, se aplica la Ecuación 2.

$$R_b = \frac{V_{ss} - V_{be}}{I_b}$$

Ecuación 2

En donde:

$V_{ss}$ : Voltaje de la fuente

$V_{be}$ : Voltaje base emisor

$I_b$ : Corriente en la base

$R_b$ : Resistencia en la base

Entonces:

$$R_b = \frac{3,3 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{300 \mu\text{A}}$$

$$R_b = \frac{3,3 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{300 \mu\text{A}}$$

$$R_b = 8666,66 \Omega$$

Debido a la disponibilidad comercial se selecciona una resistencia de 8,2 k $\Omega$ .

## a.2. Resistencia de Indicadores

Para el dimensionamiento de la resistencia limitadora en los indicadores de tipo led, se tomó en consideración el voltaje de la fuente de 3.3 voltios, la corriente de consumo máxima y la caída de tensión de los leds que se encuentran asignados en la Tabla 7.

Aplicando la Ecuación 3, se calcula el valor de la resistencia en la base del transistor bipolar.

$$R = \frac{V_{ss} - V_D}{I}$$

Ecuación 3

En donde:

$V_{ss}$ : Voltaje de la fuente

$V_D$ : Caída de tensión en el diodo

$I$ : Corriente máxima del indicador.

$R$ : Resistencia limitadora

Entonces:

$$R_{LED\ ROJO} = \frac{3,3\ V - 1,2\ V}{5\ mA}$$

$$\boxed{R = 420\ \Omega}$$

$$R_{LED\ VERDE} = \frac{3,3\ V - 1,6\ V}{5\ mA}$$

$$\boxed{R = 340\ \Omega}$$

Debido a la disponibilidad comercial se selecciona una resistencia de 470  $\Omega$  para el led rojo que tiene la función de indicador de poder y para el led verde que indica el tipo de conexión maestro o esclavo se selecciona una resistencia de 390  $\Omega$ .

### a.3. Batería

Para seleccionar la batería se debe conocer la autonomía eléctrica que se desea que cumpla el dispositivo de comunicación braille, también debe

considerar un uso moderado del mismo, asegurando de esta manera un bajo número de recargas diarias.

La capacidad eléctrica de la fuente de energía del dispositivo se puede determinar en base a la Tabla 9 donde se encuentran los elementos electrónicos y la corriente que consumen cada una de las partes que conforman el dispositivo de comunicación braille.

**Tabla 9**

**Consumo de elementos electrónicos**

<b>Elemento electrónico:</b>	<b>Corriente de consumo:</b>
<b>Indicador de poder</b>	15mA
<b>Indicador maestro y esclavo</b>	15mA
<b>Pin de salida tarjeta arduino mini pro</b>	40mA
<b>Celda braille</b>	60mA
<b>Bluetooth</b>	30mA
<b>Teclado braille</b>	0,17mA

La corriente de consumo total es de 160,17 mA

Aplicando la Ecuación 4 se puede obtener la carga eléctrica que cumpla con los requerimientos de la aplicación.

$$Q = I * t$$

Ecuación 4

En donde:

Q: Carga Eléctrica (mAh)

I: Intensidad (mA)

t: Tiempo (h)

La carga eléctrica necesaria es:

$$Q = 160,17\text{mA} * 10\text{h}$$

$$Q = 1601,7 \text{ mAh}$$

La carga eléctrica para cumplir el funcionamiento de 10 horas en el dispositivo es de 1601,7 mAh, sin embargo no es bueno descargar la batería hasta llegar a cero en cada ciclo de carga; si se desea conservar la vida útil de una batería que es de 2 a 3 años no se debe consumir más del 80% de su carga, dejando el 20% restante en la batería. Mediante la Ecuación 5 se encuentra la carga para que la batería no se descargue completamente.

$$Q = \frac{Q}{0,8}$$

Ecuación 5

$$Q = 2002,125 \text{ mAh}$$

Debido a la disponibilidad comercial se optó por un batería de capacidad 2000 mAh proporcionada por la batería de polímero litio, aumentado el tiempo de operación para dos horas y media. En la Figura 37 se muestra la batería.



**Figura 37: Batería de polímero de iones litio**

**Fuente:** (sparkfun, 2014)

En el *Anexo 4* se encuentran las especificaciones de la batería de polímero de iones litio que se utilizó en el presente proyecto.

#### a.4. Circuito de carga

Debido al tamaño del dispositivo no se realizó el circuito de carga en el PCB ya que el tamaño aumentaría drásticamente se optó por buscar un cargador disponible en el mercado internacional con el menor tamaño, además la batería de polímero de litio necesita un cargador específico.



**Figura 38: SparkFun Li-Po Cargador básico**

**Fuente:** (sparkfun, 2015)

El SparkFun Li-Po se muestra en la Figura 38, es un cargador básico de 3.7V y carga a un ritmo de 500 mAh. Está diseñado para cargar las baterías de polímero de litio de una sola célula o de varias. El circuito de carga, tiene, conector de la batería tipo JST utilizado por la batería seleccionada en el ítem anterior, y un conector micro-USB. La Ecuación 6 permite calcular el tiempo que demora en cargar la batería.

$$TC = \frac{Q_B}{Q_C} \quad \text{Ecuación 6}$$

En donde:

**TC:** Tiempo de (h)

**$Q_B$ :** Carga Eléctrica Batería (mAh)

**$Q_C$ :** Capacidad de Carga (mAh)

La capacidad de carga es:

$$TC = \frac{2000 \text{ mAh}}{500 \text{ mAh}}$$

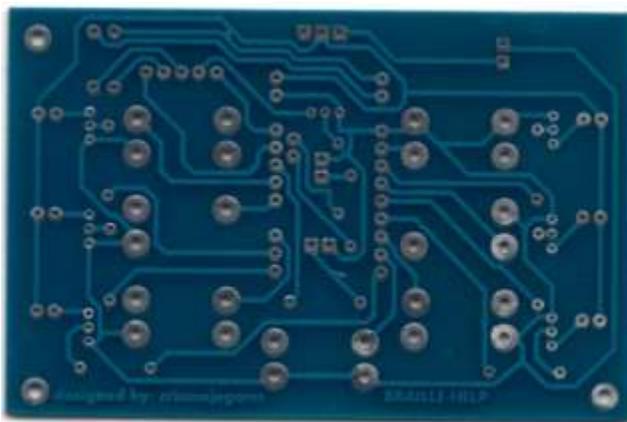
$$TC = 4 \text{ h}$$

El tiempo de carga que demora el circuito de carga SparkFun Li-Po Cargador básico es de 4 horas para llegar a su carga completa; debido a que la capacidad de carga es 500 mAh y la batería del dispositivo de comunicación braille de 2000 mAh.

### b. Montaje de los elementos electrónicos

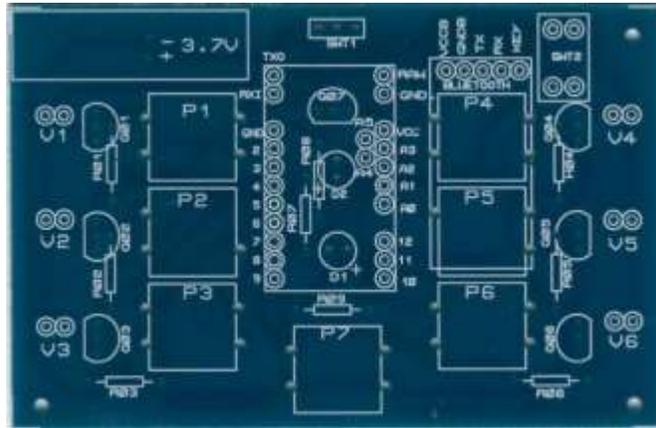
Una vez realizado el trazo de las pistas de la tarjeta y generado el archivo mediante Ares se envió el diseño para la elaboración en un laboratorio de circuitos impresos.

La placa electrónica tiene una máscara de anti soldado llamado soldermask en inglés. La máscara de anti soldado es un barniz que se aplica a los circuitos impresos para evitar cortocircuitos entre pistas, y brinda protección contra agentes externos que favorecen la corrosión de las pistas. El color que se utiliza para el recubrimiento de las pistas es el verde, rojo y azul; este depende del fabricante. La Figura 39 muestra la placa electrónica con el recubrimiento anti soldado.



**Figura 39: Placa electrónica con recubrimiento anti soldado**

La serigrafía se imprime para indicar la posición y referencia de los componentes que posee el circuito para facilitar el ensamblado. La serigrafía puede ir en ambas capas externas o caras del circuito impreso. En la Figura 40 se puede apreciar la serigrafía, que corresponde a todo lo impreso en color blanco. En el *Anexo 1* se observa la lista de componentes de la placa electrónica.



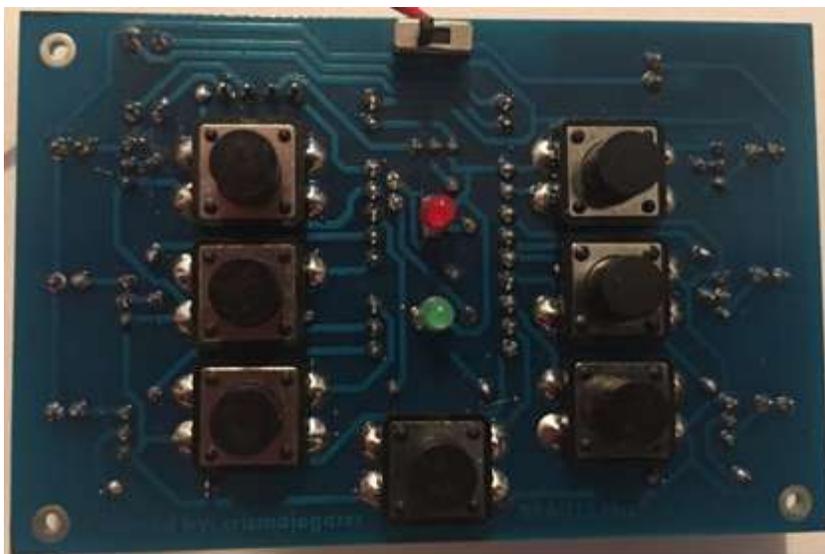
**Figura 40: Serigrafía de los componentes electrónicos**

A continuación se procede al soldado de los componentes como se muestra en la Figura 41 mediante la técnica “through hole” o tecnología de agujeros pasantes, la cual consiste en que los elementos electrónicos atraviesen la placa por los pines correspondientes.

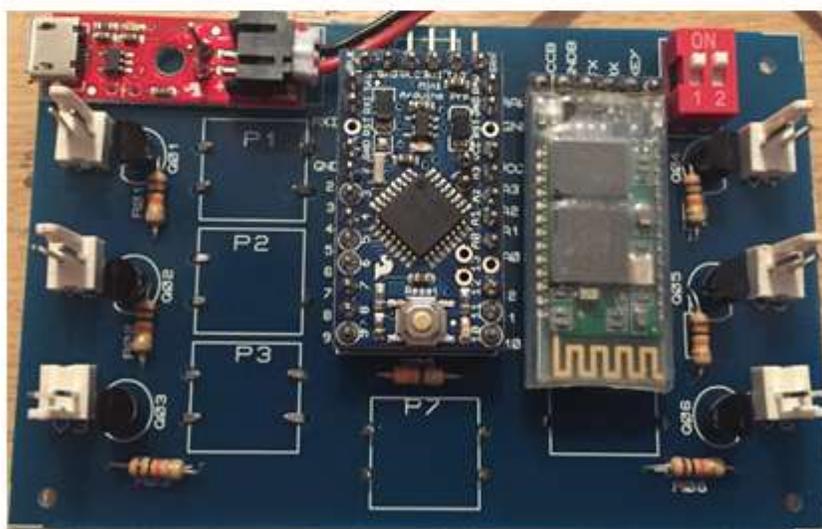


**Figura 41: Proceso de soldado**

Se elaboran dos placas electrónicas en fibra de vidrio con su máscara anti soldado y serigrafía para los dispositivos con sistema de comunicación braille e interfaz android para la intercomunicación de personas sordociegas. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede observar las placas electrónicas con los componentes ya montados.



(a) Vista superior



(b) Vista posterior

**Figura 42: Placa electrónica**

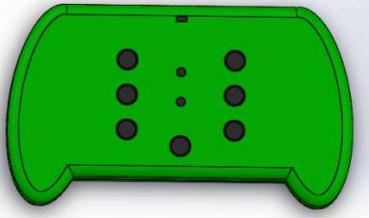
## 2.4.2. Diseño mecánico del dispositivo braille

El diseño mecánico del dispositivo de comunicación braille se realizó para dar soporte a la placa electrónica mediante alternativas de diseño realizadas en SolidWorks que es una herramienta de simulación y diseño.

Las alternativas de diseño se encuentran en la siguiente tabla, fueron impresas en 3D en plástico PLA para realizar pruebas funcionales con las personas sordociegas donde la población calificó el sistema con tres palabras. Las calificaciones cualitativas se midieron en torno a la funcionalidad del teclado (entrada de datos), la celda braille (salida de datos) y la portabilidad del dispositivo.

**Tabla 10**

**Alternativas para la carcasa del dispositivo braille.**

	<b>Teclado braille</b>	<b>Celda Braille</b>	<b>Portabilidad</b>
 <p><b>ALTERNATIVA 1</b></p>	Excelente	Mala	Mala
 <p><b>ALTERNATIVA 2</b></p>	Excelente	Buena	Buena
 <p><b>ALTERNATIVA 3</b></p>	Excelente	Excelente	Buena

### **a. Requerimientos ergonómicos generales para dispositivos distintos al teclado**

Las normas técnicas están referidas al trabajo de oficina con equipos de PVD, si bien la aplicación de gran parte de sus recomendaciones puede ser también destinada a otras actividades donde usen dichos equipos.

Los requerimientos ergonómicos para dispositivos distintos al teclado se basa en las normas técnicas desarrolladas en el seno del Comité Europeo de Normalización (CEN) en colaboración con ISO, concretamente en las normas ISO-9241 y EN-ISO 9241.

A continuación se detallan los siguientes.

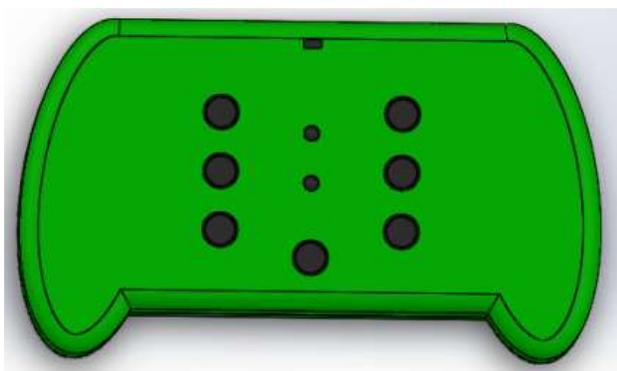
- Proporcionar una retroalimentación ("feed-back") adecuada.
- Estar diseñados de acuerdo con las expectativas del usuario (por ejemplo, que respeten los estereotipos de accionamiento).
- Ser eficientes y confortables durante la realización de la tarea. Ser estables y seguros durante la práctica habitual de trabajo.
- Posibilitar la transferencia de habilidades adquiridas con otros dispositivos. Estar diseñados de forma que sea fácil aprender a utilizarlos.
- Estar diseñados de forma que minimicen la carga física y mental del usuario.
- Estar diseñados de forma que no limiten la capacidad física o mental del usuario.
- Estar diseñados de forma que permitan su accionamiento con arreglo al espacio dinámico óptimo del usuario.
- Estar diseñados de forma que tengan en cuenta la posición relativa del dispositivo en relación con otros equipos y el resto de los componentes de la tarea.

- Estar diseñados de forma que se minimice la carga muscular estática.
- Estar diseñados de forma que la fuerza de accionamiento sea compatible con los requerimientos de retroalimentación, mínima carga de trabajo y accionamiento no accidental.
- Estar diseñados de forma que permitan un fácil mantenimiento.
- Estar diseñados de forma que el efecto al medio ambiente sea mínimo (ruido, campos electromagnéticos, etc.).
- Carecer de bordes o esquinas agudas. Permitir que el usuario descanse los dedos o la mano en el dispositivo sin que éste se active.
- Estar contruidos con materiales poco conductores del calor.

#### b. Justificación del diseño mecánico

En el análisis de las diferentes alternativas de diseño mediante los usuarios sordociegos, requerimientos ergonómicos y análisis estructural.

La elección fue la **Alternativa 3** (véase Figura 43) por lo siguiente criterios:



**Figura 43: Alternativa 3**

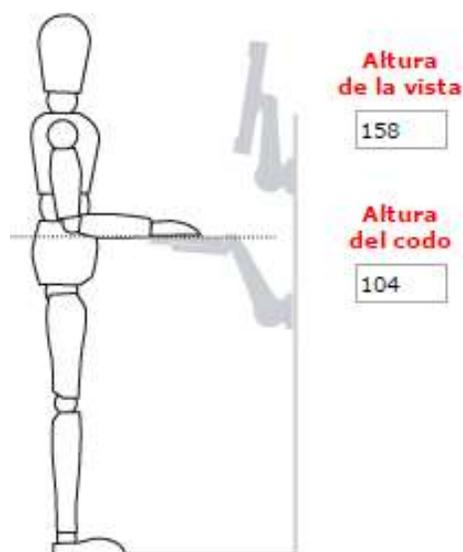
- El teclado como entrada de datos es excelente.
- La salida de datos por medio de la celda braille es excelente.
- La portabilidad es buena debido a su tamaño.
- Cumple la mayoría de requerimientos ergonómicos.

### c. Análisis Estructural

El análisis estructural se realiza mediante el software SolidWorks, mediante la simulación del dispositivo en condiciones reales, uno de los requerimientos ergonómicos generales para dispositivos distintos del teclado es la posición relativa del dispositivo en relación con otros equipos, permite adaptar la estación de trabajo a las necesidades del usuario.

El estudio de caída mediante el modelo de plasticidad de von Mises permite conocer la tensión máxima que un material elástico puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes.

Para el estudio de caída se utilizó una persona de altura promedio de Ecuador que va desde 1,68 a 1,70 m dato proporcionado por (MapGenia, 2010); para situar el dispositivo y tener un confort óptimo mediante la herramienta de instalación de trabajo proporcionada por (ERGOTRON, 2015) donde para una persona de altura de 1,70 m para la utilización de dispositivos como teclados, el dispositivo debe estar a la altura del codo con una distancia desde el piso de 1,04 m como se muestra en la Figura 44, esta altura se utiliza para realizar el estudio de caída.



**Figura 44: Confort ergonómico óptimo a la altura del codo**

(Groover, 1997) menciona que el ABS (Poliacrinotrilo butadieno estireno) es un plástico de ingeniería que reúne una excelente combinación de propiedades mecánicas, resistencia al impacto, resistencia mecánica, rigidez, estabilidad a alta temperatura; sus aplicaciones típicas incluyen componentes para automóviles, aparatos electrónicos, artefactos entre otros.

Por lo que para la realización del presente proyecto se considera el plástico ABS como material constructivo del dispositivo. En la Tabla 11 se muestra las propiedades mecánicas del ABS.

**Tabla 11**  
**Propiedades mecánicas plástico ABS**

ABS (Poliacrinotrilo butadieno estireno)	
<b>Elongación</b>	10 a 30%
<b>Coefficiente de Poisson</b>	0,394
<b>Módulo de elasticidad</b>	2100 Mpa
<b>Resistencia a la tensión</b>	50 Mpa
<b>Limite elástico</b>	38,8 Mpa
<b>Gravedad específica</b>	1,05 g/cm <sup>3</sup>

**Fuente:** (Groover, 1997)

En este caso para realizar el análisis computacional se realiza una suposición en condiciones reales, el dispositivo cae libremente desde la altura de operación 1,4 m, la gravedad es igual a 9,81 m/s<sup>2</sup>.

Aplicando la Ecuación 7, se calcula la velocidad final con la que llega al suelo.

$$V_f^2 = V_0^2 + 2 g \cdot h \quad \text{Ecuación 7}$$

En donde

$V_f$ : Velocidad final

$V_0$ : Velocidad inicial

g: Gravedad de la tierra  
 h: Altura

Entonces:

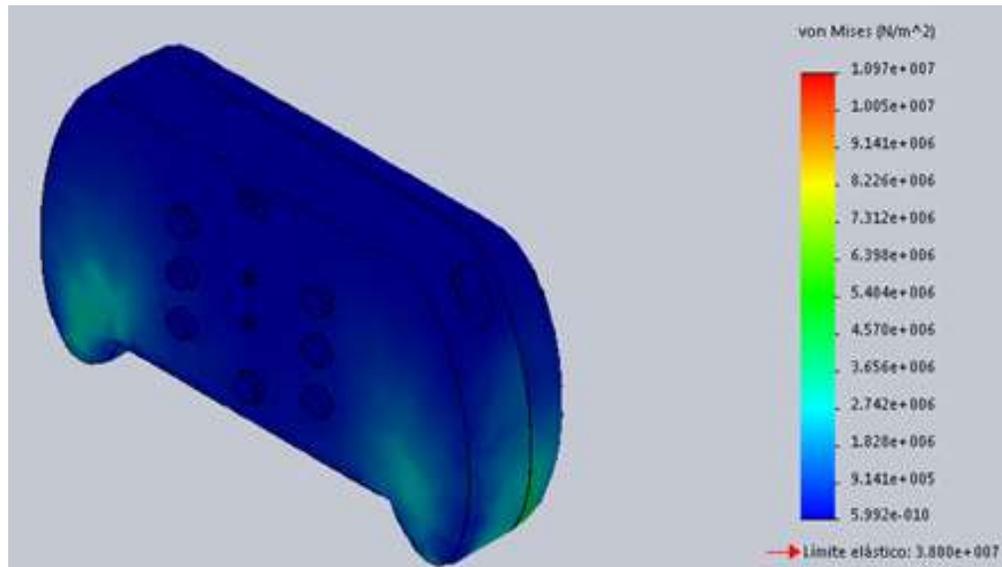
$$V_f^2 = 0^2 + 2(9,81)(1,4)$$

$$V_f^2 = 27,47$$

$$V_f = \sqrt{27,47}$$

$$V_f = 5,24 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Se procede a realizar el análisis de plasticidad von Mises mediante la simulación en el software SolidWorks que se muestra en la Figura 45 con una caída de 1,4 m y una velocidad de 5,24 m/s<sup>2</sup>.

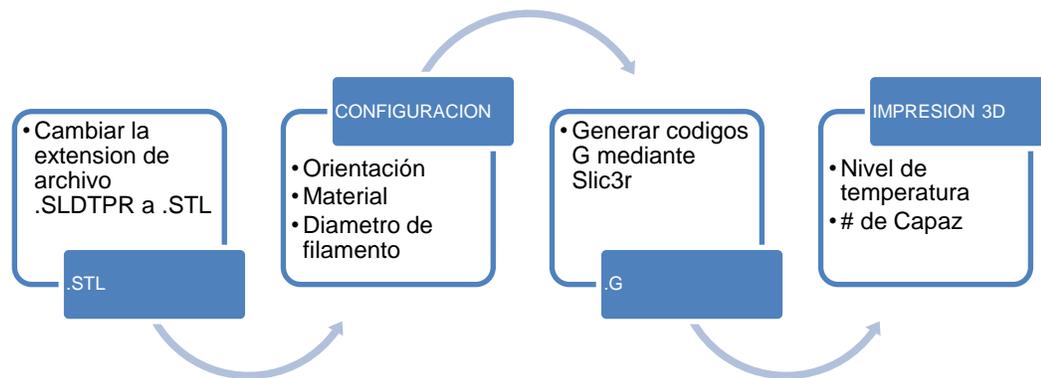


**Figura 45: Análisis de plasticidad von Mises**

Una vez culminado el análisis computacional se determina el esfuerzo máximo de 10,97 MPa que no sobrepasa el límite elástico de 38,8 MPa; asegurando que el dispositivo de comunicación puede resistir caídas desde la altura de operación.

#### d. Fabricación del dispositivo de comunicación braille.

El proceso de fabricación del dispositivo de comunicación braille es realizado mediante prototipo rápido. La fabricación se realizó mediante una impresora 3D utilizando material PLA; para el presente proyecto se utilizó una impresora Printbot Metal Simple. La impresión 3D permite una producción rápida y de bajo costo.



**Figura 46: Diagrama del proceso de impresión**

La Figura 46 muestra el proceso de impresión de las partes que componen el dispositivo de comunicación braille.

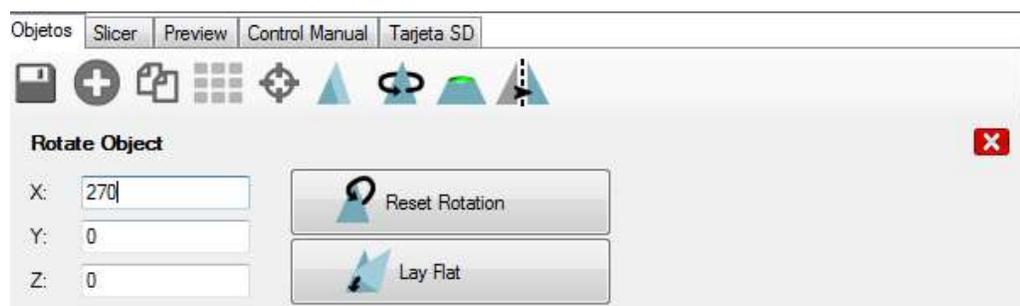
La primera etapa corresponde al cambio de extensión del archivo .SLDTPR a .STL, La extensión guarda la información geométrica del objeto tridimensional 3D que utilizan las impresoras 3D para la fabricación de piezas.



**Figura 47: Opción guardar como en SolidWorks**

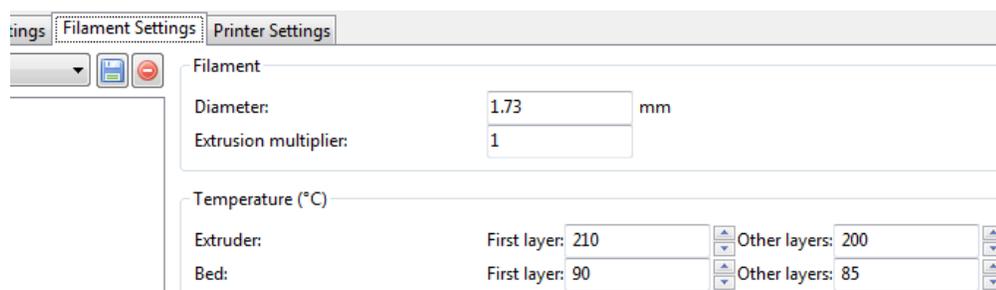
La Figura 47 muestra la ventana de SolidWorks que permite guardar la extensión .STL necesaria para el proceso de impresión.

La segunda etapa del proceso se realiza en Repetier Host donde por medio de los comandos de objeto que se muestran en la Figura 48, se ubica la pieza que se desea imprimir en una posición correcta y que este dentro de la cama de impresión para ocupar el mínimo de material.



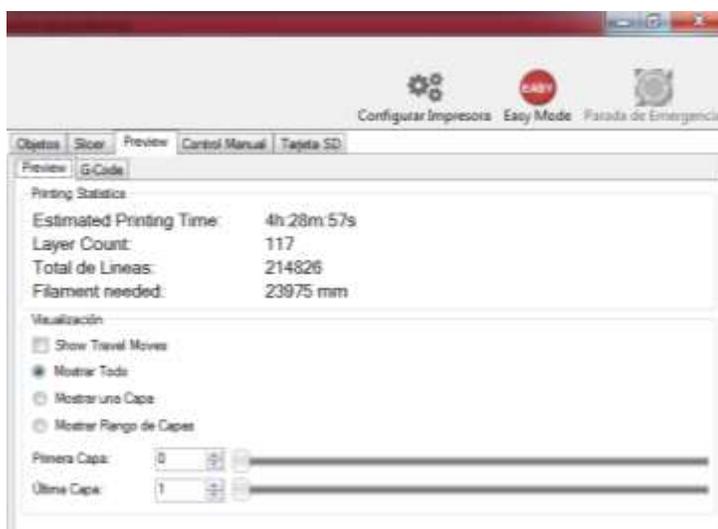
**Figura 48: Comandos de objeto**

En esta etapa se configura el diámetro del extrusor, la temperatura de la cama de la impresora y del extrusor que son parámetros establecidos por los diferentes plásticos. En el caso del PLA plástico utilizado para la impresión del dispositivo de comunicación braille. El diámetro del extrusor es de 1.73mm y la temperatura de la cama para la primera capa 210°C y del extrusor de 90°C y para otras capas la temperatura es 200°C y 85°C, configuración que se muestra en la Figura 49.



**Figura 49: Configuración de parámetros de impresión 3D**

Después de las configuraciones pertinentes se procede a generar el archivo .G mediante el programa Slic3r, el cual convierte un modelo 3D digital en instrucciones para la impresión 3D; en el software se puede observar el tiempo de impresión, el número de capas y el filamento necesario para la impresión, como se muestra en la Figura 50.



**Figura 50: Vista previa del software Slic3r**

Generado los códigos de impresión se procede a la impresión de las diferentes piezas que conforman el dispositivo de comunicación braille. La impresora debe alcanzar la temperatura de la primera capa de impresión para imprimir, cuando se realiza la impresión de las diferentes piezas; se debe observar el correcto funcionamiento de la impresora y si existe alguna interrupción o problema, realizar un paro de emergencia para proteger la impresora y el recurso material.

Finalizado el proceso de impresión se procede a retirar el material de soporte generados y realizar la inspección de las partes que componen el dispositivo de comunicación braille, comprobando las tolerancias dimensionales, si la pieza tiene algún desperfecto se procede a la repetición de la impresión desde la primera etapa.

En la siguiente Tabla 12 se describe el nombre del elemento impreso y el tiempo de impresión.

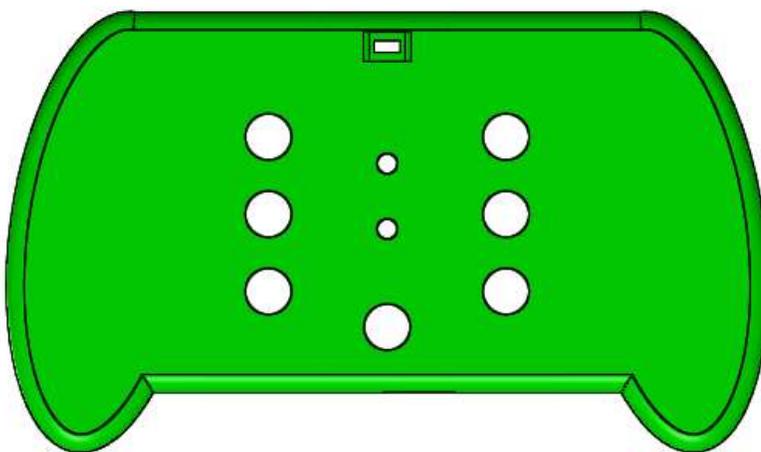
**Tabla 12**

**Detalles de la impresión 3D**

Ord.	Nombre del elemento	Cantidad	Tiempo de impresión
1	Tapa frontal	2	8h 50min
2	Tapa posterior	2	7h 10min
3	Soporte de vibradores	2	4h 44min
<b>TOTAL</b>		6	20h 44 min

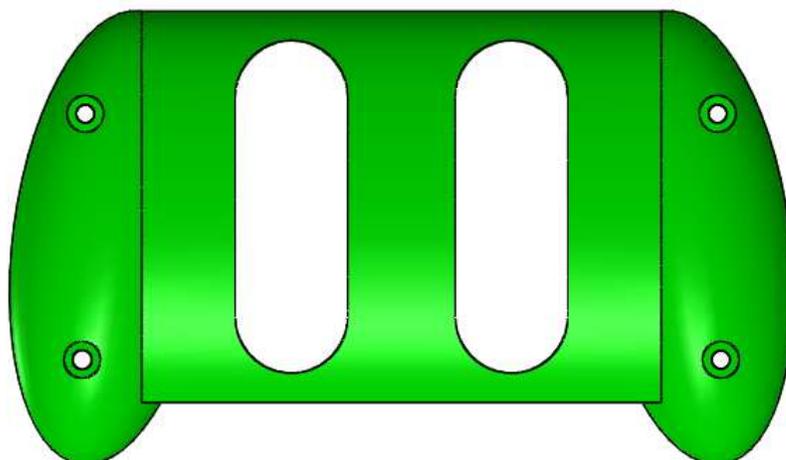
El proceso de impresión total es de 20 horas 44 minutos aproximadamente, y por dispositivo es de 10 horas 22 minutos, se construyeron las tres partes que componen cada dispositivo de comunicación braille.

La Figura 51 muestra la forma de la tapa frontal del dispositivo de comunicación braille donde se observa los orificios para el teclado braille y el interruptor de encendido.



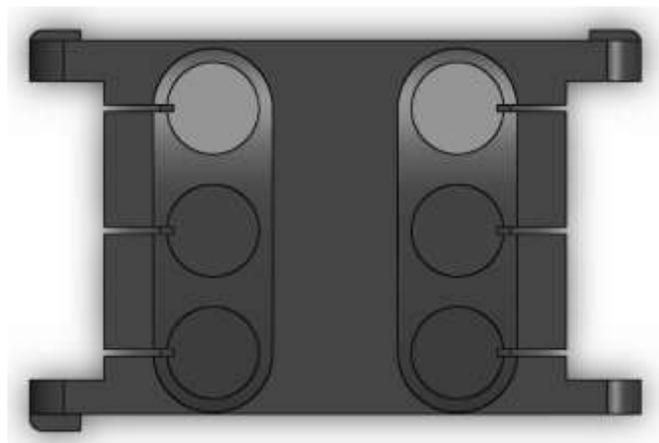
**Figura 51: Tapa frontal**

La tapa posterior del dispositivo de comunicación se observa en la Figura 52, tiene dos ranuras donde se introduce el soporte de vibradores y cuatro orificios para los tornillos de sujeción.



**Figura 52: Tapa posterior**

La Figura 53 muestra el soporte de vibradores que contienen la celda braille y en la parte posterior tiene una cavidad para la batería.

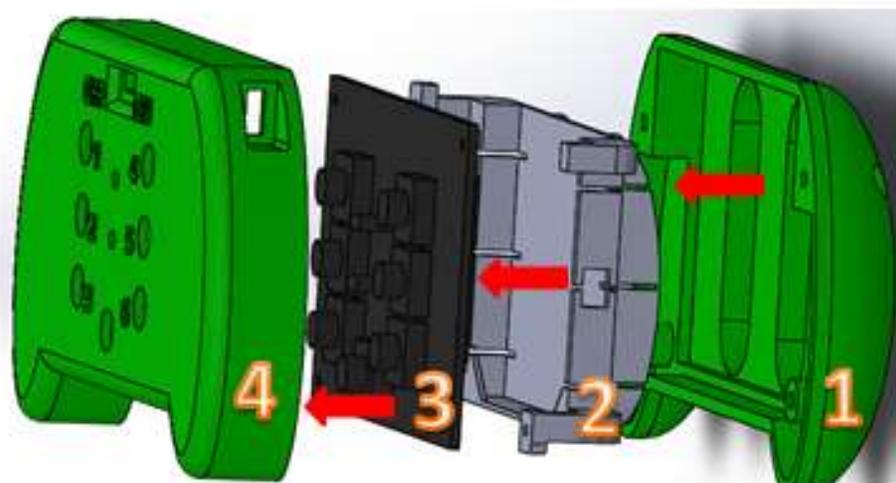


**Figura 53: Soporte de vibradores**

En el Anexo 6 se encuentran las láminas de dibujo, donde se detalla de una mejor manera las vistas y medidas de las partes que componen el dispositivo de comunicación braille.

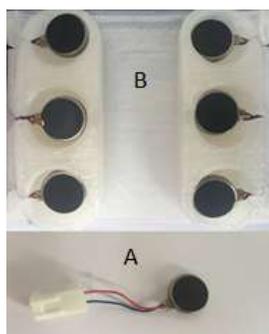
### 2.4.3. Ensamblaje del dispositivo de comunicación braille

Finalizada el montaje de la placa electrónica y la fabricación del dispositivo de comunicación por medio de la impresora 3D se procede a realizar la unión de las partes que componen el dispositivo de comunicación braille. En la Figura 54 mostrada a continuación se presenta el ensamblaje de los componentes principales.



**Figura 54: Ensamblaje del dispositivo de comunicación braille.**

Para comenzar se procede a instalar la celda braille conformada por vibradores en el soporte (2). En la Figura 55 (A) se muestra un vibrador con su conector hembra el cual permite que se cambie si sufre algún daño o se deteriora con el tiempo.



**Figura 55: Celda Braille**

Para que los vibradores permanezcan en el mismo lugar pero permitan una buena vibración se optó por encerarlos con un pedazo de tela flexible que rodea la celda braille y se introduce el soporte de los vibradores(2) a la tapa posterior (3) y mediante presión quedan unidos, como se muestra en la Figura 56.



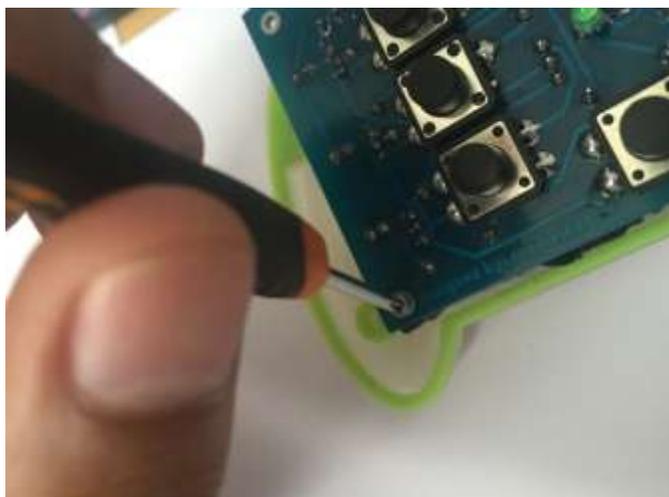
**Figura 56: Ensamblaje de la tapa posterior con el soporte de vibradores**

En la Figura 57 se observa el montaje de la placa electrónica (3) con el soporte de los vibradores (2) que además contiene la batería del dispositivo de comunicación braille.



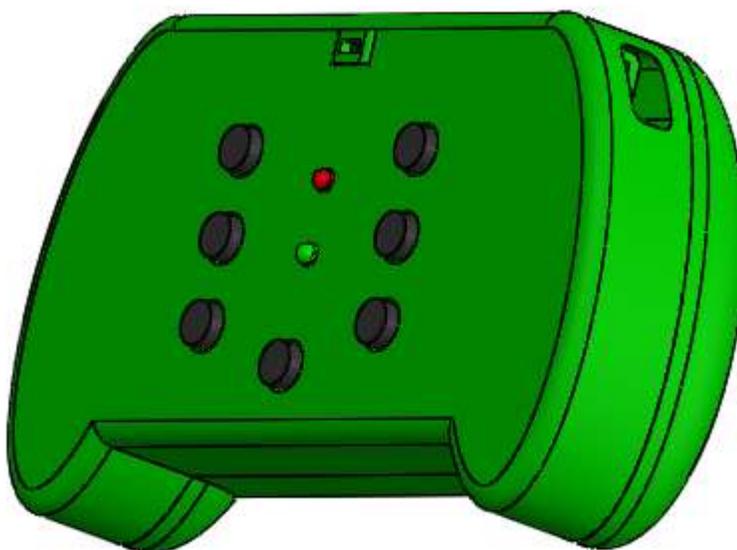
**Figura 57: Ensamblaje de la placa electrónica con el soporte de vibradores**

Seguidamente se atornilla la placa electrónica con el soporte de vibradores (2), como se muestra en la Figura 58; lo que permite que no exista ningún movimiento y que el siguiente paso todo quede correctamente alineado.



**Figura 58: Sujeción de la placa electrónica con los vibradores**

En la Figura 59 se muestra el ensamblaje terminado donde se observa el dispositivo de comunicación braille en 3D.



**Figura 59: Dispositivo de comunicación braille**

Finalmente se procede con la unión de todas las partes que componen el dispositivo braille. Para lo cual se introduce los cuatro tornillos que sujetan la pieza posterior y la pieza principal como se observa en la Figura 60.



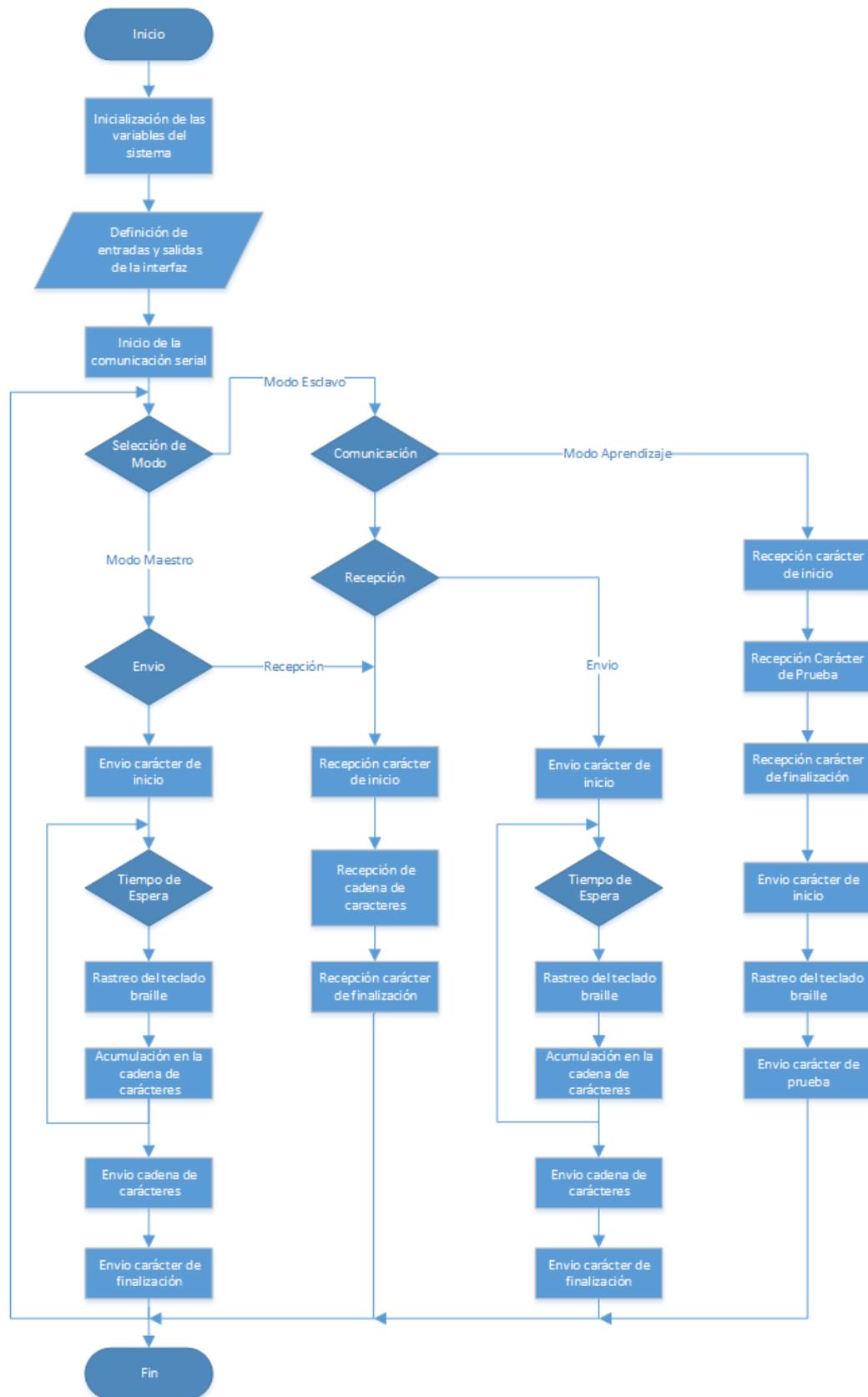
**Figura 60: Ensamblaje de la pieza principal con la pieza posterior**

## **2.5. Programación de la tarjeta de control**

Arduino es una plataforma de código abierto para la creación de prototipos basada en software y hardware libre, flexible y fácil de usar. Se creó para programadores que desarrollan objetos interactivos y autónomos.

El algoritmo de control desarrollado en la plataforma Arduino de código abierto, debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Manejo de comandos AT.(Comandos internos bluetooth )
- Inicialización de la comunicación.
- Rastreo de las señales del teclado braille y botón enter)
- Procesamiento de los datos recibidos y enviados.
- Manejo de la celda braille y los indicadores.



**Figura 61: Algoritmo de control del dispositivo braille**

En la Figura 61 se puede interpretar de manera sencilla el funcionamiento del algoritmo de control, iniciando por la definición de variables, entradas y salidas de la placa electrónica.

Para realizar el manejo de datos salientes y entrantes de manera serial, se requiere la definición del puerto de comunicación a una velocidad de 9600 baudios; sin embargo el modo de operación bluetooth ya sea maestro o esclavo, es definido por el usuario mediante la tecla enter.

Al elegir el modo maestro en el dispositivo, el mismo tiene la capacidad de enlazarse con otro dispositivo que se encuentre en modo esclavo para entablar una comunicación punto a punto, el modo esclavo permitirá conectarse con el dispositivo inteligente que cuente con la aplicación Android, en este modo la aplicación gestionará el modo de comunicación.

Indistintamente del modo en el que se encuentre el dispositivo, el algoritmo del microcontrolador realiza las siguientes operaciones:

- Rastreo de las señales del teclado braille.
- Codificación de las señales entrantes a alfabeto latino.
- Decodificación a alfabeto braille del mensaje entrante.
- Manejo de instrucciones de acuerdo al modo de comunicación.

## **2.6. Programación de la aplicación android**

App Inventor es una plataforma de programación visual de Google para crear aplicaciones de software para dispositivos con sistema operativo Android. El editor de bloques de la aplicación utiliza la librería de java, Open Blocks para programar a partir de bloques. El sistema es gratuito y se puede descargar fácilmente de la web <http://appinventor.mit.edu/explore/get-started.html>.

Las aplicaciones realizadas en App Inventor están limitadas por su simplicidad de uso, dependiendo del programador puede realizar aplicaciones complejas que permiten cubrir necesidades del usuario en el sistema operativo Android.

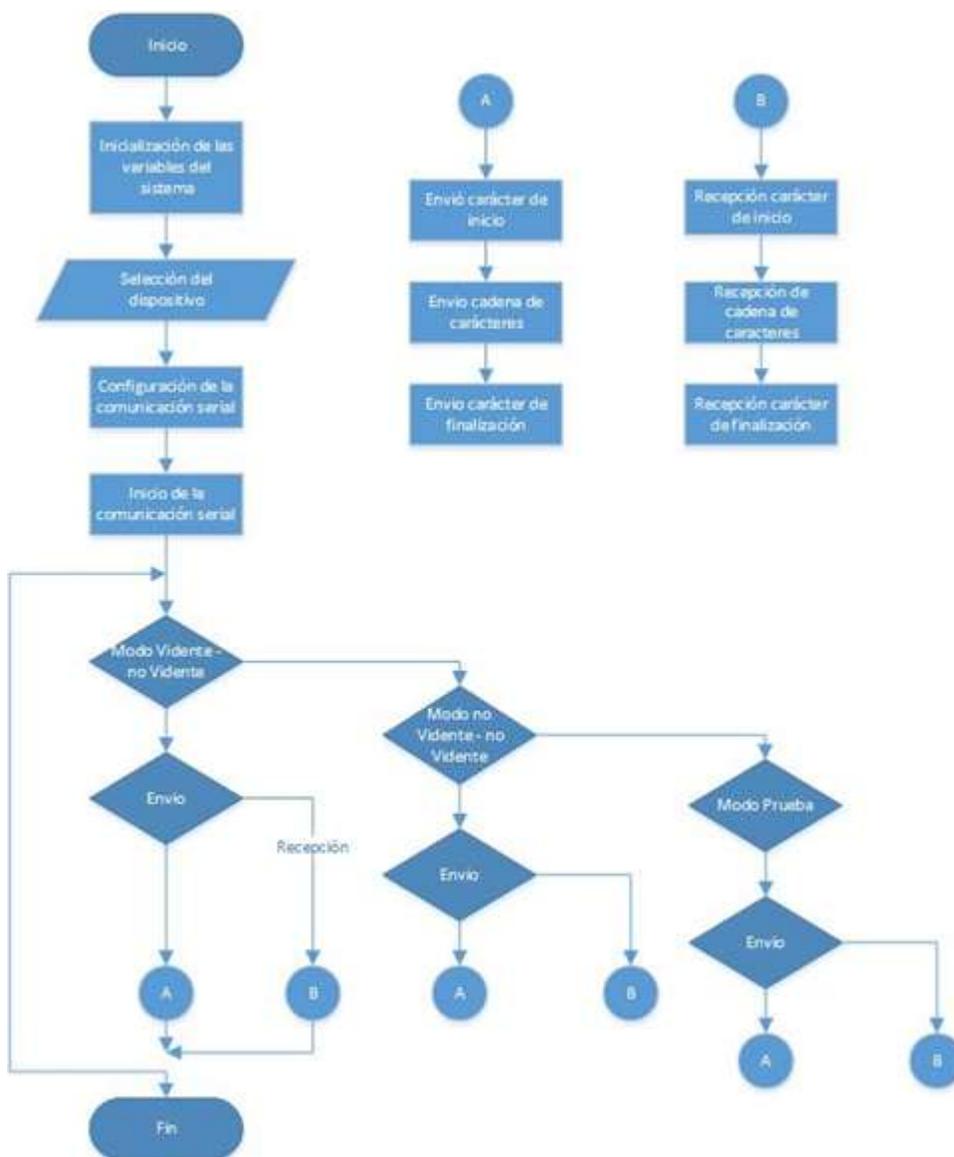
La aplicación desarrollada en la plataforma android para el dispositivo de comunicación braille cuenta con las siguientes funciones:

- Interfaz de comunicación inalámbrica bluetooth.
- Selección del dispositivo de comunicación.
- Manejo de los modos de operación.
- Apertura de la comunicación.
- Cierre de la comunicación.

En la Figura 62, se observa el diagrama de flujo de la interfaz, aplicación desarrollada en la plataforma android, mismo que consta de una rutina principal para la selección del modo de operación y tres subrutinas para la ejecución de las tareas en base al modo seleccionado.

El algoritmo de control inicia por definición de variables globales y locales. Para este caso cuenta con funciones similares al algoritmo del microcontrolador detalladas a continuación:

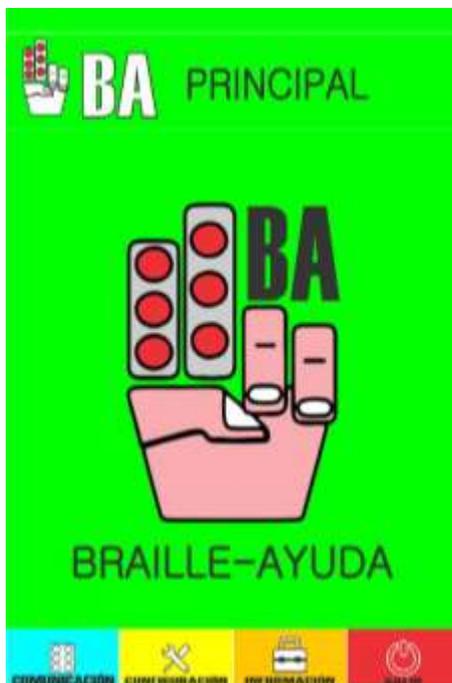
- Selección del dispositivo a conectarse en base al identificador MAC del módulo Bluetooth.
- Selección del modo de comunicación con los dispositivos braille.
- Envío y recepción de los datos según el modo de comunicación.
- Interpretación del mensaje recibido.



**Figura 62: Diagrama de flujo de la interfaz gráfica android**

La interfaz de usuario utiliza un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles por la programación. En el *Anexo 5* se encuentra la información para la instalación y una breve descripción del funcionamiento total de la aplicación.

A continuación, se describe la interfaz gráfica principal de usuario y el funcionamiento de la aplicación en la interfaz de comunicación.



**Figura 63: Pantalla principal de la aplicación Braille-Ayuda**

En la Figura 63 se observa la pantalla principal de la aplicación del dispositivo de comunicación que de ahora en adelante se llama Braille-Ayuda. La pantalla principal de la aplicación contiene submenús con distintas tareas, que permitirán navegar en las siguientes opciones.

- COMUNICACIÓN
- CONFIGURACIÓN
- INFORMACIÓN
- SALIR

En la Figura 64 se puede observar el submenú desplegado correspondiente a los modos de operación disponibles para el usuario.

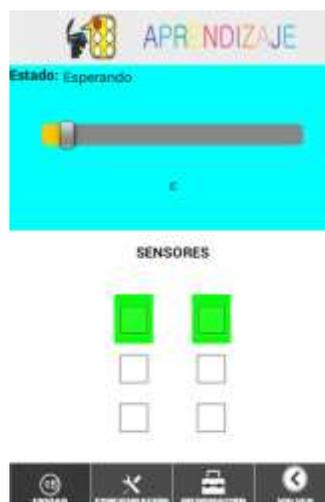
- Aprendizaje
- Vidente – No Vidente
- No Vidente – No Vidente



**Figura 64: Submenú de la pestaña comunicación**

Además en esta pantalla se podrá identificar el dispositivo que se encuentra enlazado, dependiendo de la configuración realizada.

La pantalla del modo Aprendizaje observada en la Figura 65, muestra la distribución de la pantalla, en donde se puede obtener información del estado de la comunicación, la selección de la letra a evaluar, y un arreglo de una celda braille virtual donde el usuario podrá observar las respuestas sensadas por el dispositivo, mismo que será evaluado por la aplicación. Asimismo desde esta pantalla se podrá acceder a los menús principales habilitados.



**Figura 65: Modo Aprendizaje**

La pantalla del modo Vidente-no Vidente se observa en la Figura 66; consta de un indicador para el estado de la conexión presente en todos los modos, en donde se puede obtener información del estado de la comunicación, dos cajas de textos donde se muestra la información enviada y recibida, un botón para el envío de mensajes y acceso a los menús principales habilitados.



**Figura 66: Modo de Interacción Braille.**

Finalmente la pantalla del modo no Vidente-no Vidente, consta de un indicador para el estado de la conexión de los dos dispositivos brailles requeridos para este modo, y una caja de texto donde se puede visualizar los mensajes emitidos por los dispositivos, actuando el usuario como un mediador en la sala de conversación, mostrado en la Figura 67.



**Figura 67: Intercomunicador**

## CAPÍTULO III

### PRUEBAS Y RESULTADOS

Una vez implementado el dispositivo con sistema de comunicación braille e interfaz android para la intercomunicación de personas sordociegas, se procede a realizar las pruebas con la colaboración de la Unidad Especial De No Videntes Cotopaxi; cuenta con 17 personas entre niños y adultos. La población para realizar las pruebas fue el grupo de personas adultas conformado por 3 personas que utilizan la regleta y punzón como medio de comunicación. El instrumento para realizar las pruebas es la aplicación braille-ayuda permite examinar el funcionamiento del dispositivo.

Es importante recalcar que debido a la población se utilizó a personas no videntes. El sistema no tiene ayuda de voz o visual debido a que el dispositivo funciona para todos los grupos de personas sordociegas que de alguna u otra manera hayan adoptado el sistema de comunicación braille para la relación con su entorno por medio del tacto.

#### **3.1. Pruebas del sistema de reconocimiento de señales sensadas**

En el modo aprendizaje de la aplicación android braille-ayuda se puede realizar la prueba de reconocimiento de señales. La prueba se realizó con el grupo de personas adultas que conforman la Unidad Especial De No Videntes Cotopaxi.

El siguiente procedimiento utiliza la sub aplicación aprendizaje; a continuación se detallan los pasos para la prueba de reconocimiento de señales sensadas.

- (1) Seleccionar la letra por medio de la barra desplazamiento, eligiendo una letra desde la A hasta la Z.
- (2) Presiona RUN y es enviada al dispositivo en una secuencia de vibraciones.
- (3) A continuación el usuario después de que los vibradores del signo generador generan la letra en braille debe digitar la letra por medio de los interruptores.
- (4) Mediante una tabla realizada en Excel se tabulan los resultados que se muestran en la Tabla 13. Donde existe dos casos; El **afirmativo** puede observar en la Figura 68 (a) si el usuario digita la letra correcta por medio del dispositivo se despliega un mensaje “Excelente la letra recibida corresponde a la petición de la prueba”. Además cuando se selecciona la letra en la celda braille, aparece su codificación pintada de color verde y cuando el usuario va digitando, se visualiza las entradas que realizó. El **negativo** si el usuario digita mal la letra enviada por la aplicación, se despliega un mensaje “La letra ingresada no corresponde a la petición de la prueba.” Observe Figura 68(b)



**Figura 68: Prueba de aprendizaje**

La Tabla 13 mostrada a continuación presenta las pruebas de reconocimiento de señales sensadas desde la letra A hasta la Z.

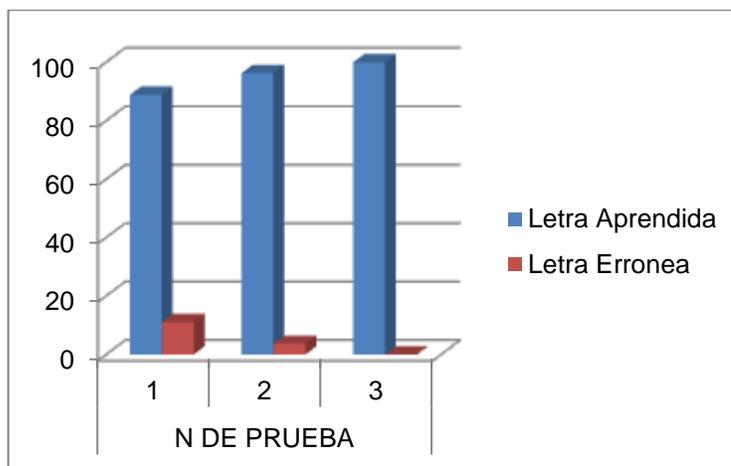
Tabla 13

## Tabulación de señales sensadas

Población	1			2			3		
N Prueba Letra	1	2	3	1	2	3	1	2	3
a									
b									
c									
d									
e									
f									
g			X	X			X		
h									
i									
j	X						X		
k									
l									
m									
n							X		
ñ	X	X			X	X			
o									
p				X					
q				X		X	X	X	
r				X	X				
s									
t									
u									
v									
w									
x	X			X					
y								X	X
z									

X corresponde al caso negativo

## USUARIO 1

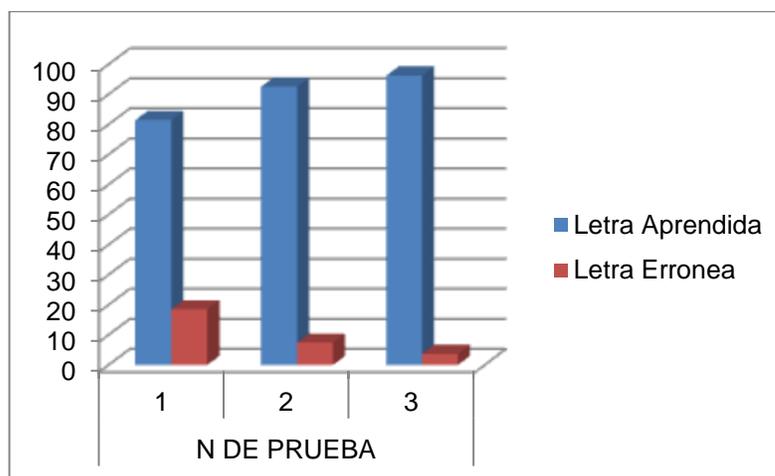


**Figura 69: Pruebas realizada al Usuario 1**

## INTERPRETACIÓN:

El usuario 1 al momento de realizar la primera prueba, se pudo determinar que no logró reconocer tres letras del alfabeto, lo que representa un 11,11% de error. En la segunda prueba el nivel de error bajó a un 3,70% debido a que el usuario no pudo reconocer una letra, y en la tercera prueba el usuario respondió al 100% de efectividad en el reconocimiento de las letras.

## USUARIO 2

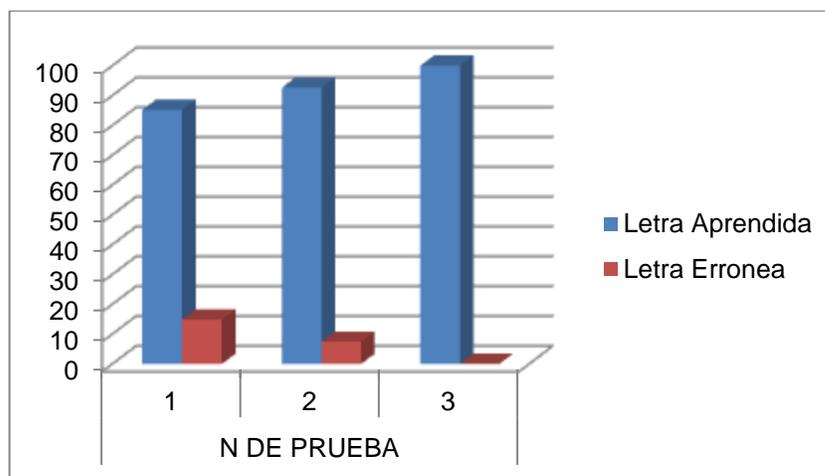


**Figura 70: Pruebas realizada al Usuario 2**

## INTERPRETACIÓN:

El usuario 2 en la primera prueba, no logró reconocer cinco letras del alfabeto lo que representa un 18,52% de error. En la segunda prueba el nivel de error bajó a un 7,40% debido a que el usuario no pudo reconocer dos letras, y en la tercera prueba el usuario respondió al 96,29% de efectividad en el reconocimiento de las letras ya que tuvo un margen de error del 3,70% debido a que pudo identificar veintiséis letras del alfabeto.

## USUARIO 3

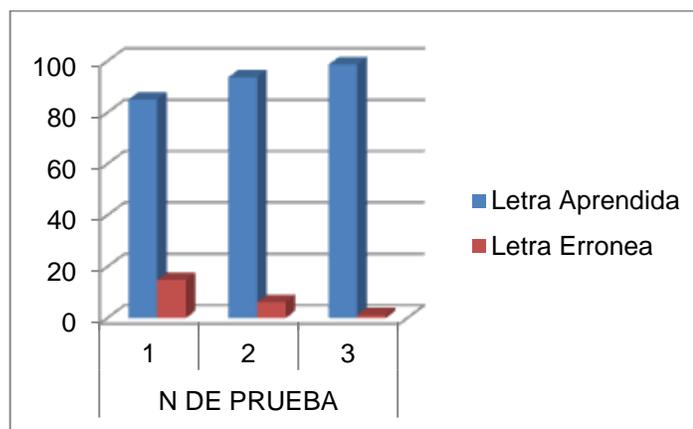


**Figura 71: Pruebas realizada al Usuario 3**

## INTERPRETACIÓN:

El usuario 3 al momento de realizar la primera prueba, se pudo determinar que logró reconocer veintitrés letras del alfabeto lo que representa un 85,29% de fiabilidad. En la segunda prueba el nivel de error es 7,40% debido a que el usuario no pudo reconocer dos letras, y en la tercera prueba el usuario respondió al 100% de efectividad en la identificación de las letras del alfabeto.

## POBLACIÓN



**Figura 72: Prueba total**

### INTERPRETACIÓN:

La población en la primera prueba, obtuvo un error de 14,81% debido a que la población no logró reconocer doce letras del alfabeto. En la segunda prueba el nivel de error bajó considerablemente a 6,17% debido a que la población no pudo reconocer 5 letras, y en la tercera prueba la población respondió con 98,77% de efectividad en la identificación de las letras del alfabeto dando un margen de error de 1,23%.

### 3.2. Pruebas de comunicación

La prueba de comunicación se realiza utilizando dos métodos que se presentan a continuación:

Método 1: Se realizará mediante la aplicación Braille-Ayuda; donde se encuentra la sub aplicación: *Persona sin discapacidad-Persona sordociega* y una aplicación cronómetro donde se obtiene los tiempos de escritura de las palabras elegidas aleatoriamente. A continuación se muestra la Figura 73 donde se encuentra la aplicación braille ayuda y la aplicación cronómetro.



**Figura 73: Aplicación braille ayuda y cronometro**

Método 2: Se realizará una medición de tiempo por medio de la aplicación *cronómetro* a la escritura en el método tradicional regleta y punzón mostrado en la Figura 74, donde se observa a la persona escribiendo con regleta y punzón.



**Figura 74: Método regleta y punzón**

El objetivo de la prueba de comunicación es comparar el método de escritura tradicional con el método del dispositivo braille, mediante el tiempo que demora la persona en escribir un texto. En la Tabla 14 se observa los tiempos de escritura con los dos métodos.

**Tabla 14**  
**Dispositivo vs Regleta**

PALABRA	TIEMPO (s)	
	Método 1 Braille- Ayuda	Método 2 Regleta y punzón
cantante	13.94	18.09
monica	10.07	16.50
hola	8.67	15.65
viento	12.06	20.75
colores	12.73	19.95
figura	13.09	20.50
mar	4.19	11.42
esperanza	15.07	34.81

### **INTERPRETACIÓN:**

La prueba de comunicación se realizó con el objetivo de ver el tiempo que una persona no vidente puede tardar para mandar un mensaje a un receptor mediante el dispositivo de comunicación braille y el método regleta punzón, el dispositivo de comunicación obtuvo mayor velocidad de digitación ya que el estudiante recibe una confirmación vibratoria cada vez que ingresa un carácter, generando un reflejo condicionado y una reacción rápida en el momento de expresar una idea.

### **3.3. Pruebas de transmisión de datos**

La prueba de rendimiento del software se realiza basándose en la investigación realizada por (Enríquez, 2013); determinando la velocidad de transmisión de datos en diferentes distancias y la fiabilidad que brinda la tecnología bluetooth.

Con la finalidad de determinar el funcionamiento del dispositivo se somete el mismo a una prueba de estrés en el puerto de comunicaciones, mediante un software desarrollado por “AGG Software”. Esta aplicación realiza un envío de

tramas de datos aleatorios a través del puerto asignado por el terminal de comunicación serial Bluetooth enlazado al computador donde se realizará la prueba, para posteriormente calcular la velocidad de transferencia a diferentes distancias, tomando en consideración el rango de cobertura de aproximadamente de 10 metros correspondiente al estándar de comunicación Bluetooth.

**Tabla 15**

**Resultados pruebas de transmisión de datos**

Muestra	Distancia	Velocidad	Paquetes Enviados	Paquetes Recibidos	Disminución de Velocidad
1	1 m	1,01 KB/s	806	1	0%
2	2 m	949,71 B/s	773	1	8,17%
3	3 m	779,46 B/s	495	1	24,63%
4	4 m	727,79 B/s	890	30	29,63%
5	5 m	690,32 B/s	853	4	33,25%
6	6 m	655,86 B/s	802	1	36,58%
7	7 m	603,65 B/s	812	2	41,63%
8	8 m	559,29 B/s	824	1	45,92%
9	9 m	238,79 B/s	520	1	76,91%
10	10 m	136,71 B/s	212	1	86,78%

La disminución de la velocidad de transmisión se obtiene tomando como referencia la velocidad inicial de transmisión tomada a un metro de distancia, utilizando la Ecuación 8.

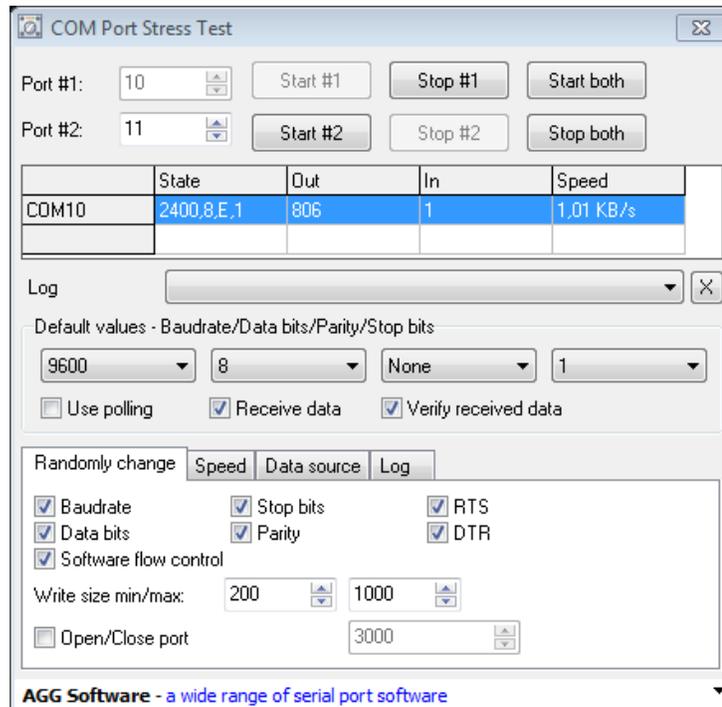
$$\%Baja\ de\ velocidad = \left(1 - \frac{V_n}{V_0}\right) * 100\% \quad \text{Ecuación 8}$$

En donde:

$V_n$ : Velocidad de transmisión en la muestra n.

$V_0$ : Velocidad inicial de transmisión.

A continuación se presenta la muestra de la velocidad de transmisión inicial en la Figura 75 y algunas muestras aleatorias para comprobar la veracidad de la prueba realizada.



**Figura 75: Muestra de la prueba inicial de transmisión de datos**



**Figura 76: Muestra 2 de la prueba de comunicación de datos**



**Figura 77: Muestra 4 de la prueba de comunicación de datos**

	State	Out	In	Speed
COM10	110.7.N.2	802	1	655.86 B/s

**Figura 78: Muestra 6 de la prueba de comunicación de datos**

	State	Out	In	Speed
COM10	2400.7.E.2	824	1	559.29 B/s

**Figura 79: Muestra 8 de la prueba de comunicación de datos**

	State	Out	In	Speed
COM10	2400.8.O.1	212	1	136.71 B/s

**Figura 80: Muestra 10 de la prueba de comunicación de datos**

### INTERPRETACIÓN:

Una vez realizado el proceso de prueba de transmisión de datos, se pudo determinar que la transmisión de datos en el dispositivo diseñado funciona correctamente, sin embargo también se determinó que generalmente en los sistemas de comunicación inalámbrica la velocidad de transmisión disminuye al incrementar la distancia entre transmisor y receptor, lo que implica que el tiempo de respuesta al envío y recepción aumenta pero sin evidencia de una pérdida parcial o total de paquetes.

### 3.4. Validación de la hipótesis

La implementación de un sistema de comunicación braille permitirá mejorar la intercomunicación con personas discapacitadas.

La validación de la hipótesis se realiza mediante el método de chi cuadrado, donde se evalúa la relación de dos variables. Para la cual es necesaria de una hipótesis alternativa y una hipótesis nula que se describen a continuación.

$H_1$ : Existe mejora de la intercomunicación con personas discapacitadas mediante el dispositivo con sistema de comunicación braille. (Hipótesis alternativa)

$H_0$ : No existe mejora (Hipótesis nula)

Para validar la hipótesis mediante el método de chi cuadrado se utilizará la prueba de señales sensadas, que permite la intercomunicación donde el usuario 1(emisor) envía por medio del teclado una letra, al recibir el usuario 2 (receptor) debe escribir mediante el teclado; para conocer si la señal enviada es igual a la señal recibida.

La Ecuación 9 según (Spigel & Stephens, 2009) es una medida de la discrepancia entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas la proporciona el estadístico  $\chi^2$  dado por

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j}$$

Ecuación 9

En donde:

- $\chi^2$ : Chi cuadrado
- $O_j$ : Frecuencia absoluta observada
- $E_j$ : Frecuencia esperada

La Tabla 16 corresponde a la frecuencia observada de la prueba realizada en la *Sección 3.1* de las 27 señales enviadas, existiendo dos casos el afirmativo y el negativo.

**Tabla 16**

**Frecuencia Observada en prueba de señales sensadas**

Ord	Señal sensada	Afirmativo	Negativo	# de pruebas
1	a	9	0	9
2	b	9	0	9
3	c	9	0	9
4	d	9	0	9
5	e	9	0	9
6	f	9	0	9
7	g	6	3	9
8	h	9	0	9
9	i	9	0	9
10	j	7	2	9
11	k	9	0	9
12	l	9	0	9
13	m	9	0	9
14	n	8	1	9
15	ñ	5	4	9
16	o	9	0	9
17	p	8	1	9
18	q	5	4	9
19	r	7	2	9
20	s	9	0	9
21	t	9	0	9
22	u	9	0	9
23	v	9	0	9
24	w	9	0	9
25	x	7	2	9
26	y	7	2	9
27	z	9	0	9
<b>Suma Total</b>		222	21	243

Para obtener el chi cuadrado, es necesario calcular la frecuencia con la Ecuación 10 que se detalla a continuación:

$$Freq. Esperada. Afirmativa = \frac{hxNa}{N}$$

Ecuación 10

En donde:

h: Número de pruebas

Na: Suma total de pruebas afirmativas

N: Suma Total de pruebas

La frecuencia esperada negativa se utiliza la Ecuación 10 se sustituye Na por Nn que es igual a la suma total de pruebas negativas. En la Tabla 17 se muestra la **frecuencia esperada afirmativa** y la **frecuencia esperada negativa**.

**Tabla 17**

**Frecuencia esperada**

	Afirmativo	Negativo	# de pruebas
<b>Freq. esperada</b>	8,222	0,778	
<b>Suma Total</b>	222,000	21,000	243,000

Los grados de libertad se expresan en la siguiente ecuación:

$$v = (h - 1) * (k - 1)$$

Ecuación 11

En donde:

- v: Grados de libertad
- h: Numero de pruebas
- K: Numero de opciones

Entonces:

$$v = (27 - 1) * (2 - 1)$$

$$v = 26$$

Los valores de frecuencia observada se utilizan en la siguiente tabla para el cálculo del chi cuadrado, mediante la Ecuación 9.

**Tabla 18**

**Cálculo del Chi cuadrado**

Condición/Prueba	O	E	(O-E)	(O-E) <sup>2</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E
Si-1	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-2	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-3	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-4	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-5	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-6	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-7	6,000	8,222	-2,222	4,938	0,601
Si-8	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-9	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-10	7,000	8,222	-1,222	1,494	0,182
Si-11	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-12	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-13	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-14	8,000	8,222	-0,222	0,049	0,006
Si-15	5,000	8,222	-3,222	10,383	1,263
Si-16	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-17	8,000	8,222	-0,222	0,049	0,006
Si-18	5,000	8,222	-3,222	10,383	1,263
Si-19	7,000	8,222	-1,222	1,494	0,182
Si-20	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-21	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-22	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-23	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-24	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
Si-25	7,000	8,222	-1,222	1,494	0,182

Continua 

<b>Si-26</b>	7,000	8,222	-1,222	1,494	0,182
<b>Si-27</b>	9,000	8,222	0,778	0,605	0,074
<b>No-1</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-2</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-3</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-4</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-5</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-6</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-7</b>	3,000	0,778	2,222	4,938	6,349
<b>No-8</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-9</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-10</b>	2,000	0,778	1,222	1,494	1,921
<b>No-11</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-12</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-13</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-14</b>	1,000	0,778	0,222	0,049	0,063
<b>No-15</b>	4,000	0,778	3,222	10,383	13,349
<b>No-16</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-17</b>	1,000	0,778	0,222	0,049	0,063
<b>No-18</b>	4,000	0,778	3,222	10,383	13,349
<b>No-19</b>	2,000	0,778	1,222	1,494	1,921
<b>No-20</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-21</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-22</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-23</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-24</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
<b>No-25</b>	2,000	0,778	1,222	1,494	1,921
<b>No-26</b>	2,000	0,778	1,222	1,494	1,921
<b>No-27</b>	0,000	0,778	-0,778	0,605	0,778
			Chi		60,05
			cuadrado		

Después de calcular los grados de libertad y el chi cuadrado, se procede a buscar en el *Anexo 7*, con el valor de Chi cuadrado 60.05 y el grado de libertad igual a 26 dando un valor  $x^2$ .995 igual a 48.3.

Como  $\chi^2_{.995}=48.3$ , y 60.05 es mayor que 48.3, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe mejora de la intercomunicación con personas discapacitadas mediante el dispositivo con sistema de comunicación braille con el grado de confiabilidad de 99.99%.

La Psicóloga Belén Chiluisa trabaja con personas especiales en la Unidad Especial de No Videntes Cotopaxi por 6 años. La profesional explica lo siguiente: “Las personas no videntes para utilizar el método regleta y punzón se demoran aproximadamente 6 meses; debido a que el sistema de educación primero inicia con el reconocimiento del dispositivo, después la identificación de los 6 puntos (signo generador) para poder llegar a la lectura y escritura de vocales, letras, sílabas hasta formar palabras y finalmente oraciones. Además menciona que la escritura por medio de la regleta es más fácil que la lectura que se realiza mediante la yema del dedo índice.” Gracias a la colaboración de la psicóloga se determinó que el dispositivo de comunicación braille en pocos días de prueba obtuvo buenos resultados ya que la comprensión de las letras y vocales del abecedario son principales para una correcta comunicación.

La prueba de señales sensadas que permite codificar las vocales y letras del abecedario al código braille, realizada en tres días obtuvo resultados excelentes debido a que por medio del dispositivo, la población tuvo un error de 1,23% lo que indica que para el tiempo que utilizaron el dispositivo tuvieron una buena sensibilidad para captar la codificación braille, por lo tanto si se continua el proceso de aprendizaje, se llegará a una intercomunicación total.

Posteriormente, se realizó dos pruebas adicionales que son:

- Prueba de comunicación
- Prueba de transmisión de datos

En la prueba de comunicación se observó que el tiempo de escritura con el dispositivo de comunicación braille es más rápido que el método regleta y

punzón, además no cometen errores al escribir el mensaje con el dispositivo de comunicación braille.

La prueba de transmisión de datos en el dispositivo diseñado funciona correctamente permitiendo la comunicación entre dos personas sordociegas.

La hipótesis propuesta en el presente proyecto es satisfactoria puesto que después de realizar las diferentes pruebas; la comunicación mejora y se disminuye los tiempos de escritura de mensajes para llegar al receptor mediante la implementación de un dispositivo con sistema de comunicación braille e interfaz android para la intercomunicación de personas sordociegas.

### 3.5. Análisis técnico económico

El dispositivo de comunicación braille ha sido implementado exitosamente cumpliendo los requerimientos ergonómicos para dispositivos distintos del teclado de las normas ISO-9241 y EN-ISO 9241, y las necesidades de las personas sordociegas en la comunicación; razón por la cual es necesario identificar la inversión realizada. En esta sección se abordan el costo del dispositivo de comunicación braille, para lo cual es necesario saber el costo de los materiales y los costos de mano de obra. En la Tabla 19 mostrada a continuación se muestra los costos del plástico ABS para la impresión 3D.

**Tabla 19**  
**Costos de impresión 3D**

Ord.	Descripción	Cantidad (c/mgr)	Precio unitario (USD)	Precio final (USD)
1	Pieza principal	131,8	0,25	32,95
1	Pieza posterior	112,8	0,25	28,2
1	Soporte vibradores	64,93	0,25	16,23
<b>TOTAL:</b>				<b>77,38</b>

El costo total del material utilizado por la impresora 3D es igual a 77,38 USD para la carcasa del dispositivo de comunicación braille.

En la Tabla 20 se muestran los costos de los componentes eléctricos que fueron utilizados para la implementación electrónica y el correcto funcionamiento del dispositivo braille.

**Tabla 20**  
**Costos de componentes electrónicos**

Ord.	Descripción	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio final (USD)
1	Pulsadores	7	0,35	2,45
2	Led	2	0,6	1,2
3	Interruptor	1	0,75	0,75
4	Circuito de carga	1	7,95	7,95
5	Tarjeta arduino mini pro	1	9,95	9,95
6	Transistor 3904	7	0,3	2,1
7	Resistencias de 8,2 k $\Omega$	7	0,14	0,98
8	Resistencias de 470 $\Omega$	1	0,08	0,08
9	Resistencias de 390 $\Omega$	1	0,08	0,08
9	Conectores macho y hembra	6	0,5	3
10	DIP switch	1	0,3	0,3
11	Batería	1	12,95	12,95
12	Espadín	1	0,75	0,75
13	Placa electrónica	1	18	18
14	Vibradores	6	3,14	18,84
<b>TOTAL:</b>				<b>79,38</b>

El costo de los componentes electrónicos es de 79,38 USD, el costo total de materiales es igual al costo de impresión 3D más el costo de los componentes electrónicos que es igual a 156,76 USD.

Se realizaron dos dispositivos de comunicación braille por lo que el costo total de materiales es igual a 313,52 USD.

Para la estimación de costos de ingeniería se aplica la Ecuación 12 de costo humano la cual se expresa a continuación.

$$\text{Costo (USD)} = k \times (\text{N horas hombre}) \quad \text{Ecuación 12}$$

En donde:

k: Valor profesional en USD

N horas hombre: Cantidad de horas por persona requerida

**Tabla 21**

**Costos de ingeniería y costo total del proyecto**

Ord.	Descripción	k(USD)	N horas hombre	Subtotal (USD)
	Ingeniería del proyecto	20	50	1000
	Montaje e implementación	3	8	24
	Costo de materiales			313,52
	<b>TOTAL:</b>			1337,52

El costo de inversión del proyecto “Diseño e Implementación de un dispositivo con sistema de comunicación braille e interfaz android para la intercomunicación de personas sordociegas es de \$ 1337,52 USD.

El costo total por dispositivo con sistema de comunicación braille es de 668,76 USD. Dispositivos como focus blue 14 que se encuentra en la *Sección 1.2.1* para personas sordociegas están a un costo de 1,295.00 USD.

Al comparar el costo de los dispositivos, se determina que el costo es menor; razón por la cual se puede investigar más el dispositivo para en un futuro fabricar los dispositivos de comunicación braille a nivel industrial.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- Se diseñó y construyó de manera exitosa el dispositivo electrónico de comunicación para alfabeto braille, cuyo control es realizado mediante una tarjeta electrónica Arduino Mini Pro de mínimo consumo energético basado en el Microcontrolador Atmega 328 que tiene como fuente una batería recargable, y su comunicación inalámbrica fue implementada bajo el estándar bluetooth que permite la interacción del alfabeto braille con otro dispositivo de las mismas características, y la interacción del alfabeto braille a latino o viceversa con la aplicación desarrollada en la plataforma libre android.
- La información técnica adquirida sobre los dispositivos para comunicación en alfabeto braille, permitieron solventar la necesidad de requerimientos y entregaron bases sólidas para el diseño y construcción de un dispositivo que permita la intercomunicación de personas sordociegas, con la posibilidad de comunicación y monitoreo de una persona sin deficiencias, alcanzando de esta manera desarrollar un proyecto con todas las funciones de los dispositivos existentes en el mercado.
- Los parámetros de diseño establecidos en el ámbito mecánico, electrónico y de control, permitieron diseñar un dispositivo con las características necesarias que faciliten la familiarización del nuevo sistema e interpretación del alfabeto braille con otros dispositivos

similares, además de obtener el desarrollo el prototipo de manera sistemática, alcanzando todas las expectativas y funcionalidades requeridas para usuarios con este tipo de deficiencia.

- El algoritmo de control del dispositivo electrónico fue desarrollado en la plataforma libre Arduino, misma que permitió entablar un interfaz amigable entre el dispositivo y el usuario, disponiendo de diferentes modos que permiten familiarizarse con el alfabeto braille y la comunicación con otros dispositivos y teléfonos inteligentes que cuenten con la aplicación android.
- La aplicación desarrollada en el sistema operativo Android, permitió establecer una interfaz gráfica en el teléfono inteligente, que permite interactuar con los diferentes modos de comunicación de los dispositivos braille, denotando el modo prueba donde se realiza la retroalimentación de una letra enviada al dispositivo, y el modo intercomunicador braille que permite a la aplicación android realizar monitoreo de la conversación entre personas con estas deficiencias.
- Se validó la hipótesis de la presente investigación mediante la prueba de independencia del chi cuadrado, determinando que existe mejora de la intercomunicación con personas con discapacidades mediante el dispositivo con sistema de comunicación braille con el grado de confiabilidad de 99.99%.
- Las pruebas de funcionamiento del dispositivo dirigidas a personas con discapacidad visual y auditiva, permitieron determinar que el dispositivo se adapta a las necesidades de intercomunicación en alfabeto braille y cumple con cabalidad con el funcionamiento del diseño.

- La prueba de transmisión del estándar bluetooth entregaron como resultados una óptima velocidad de transmisión, lo cual implica un buen tiempo de respuesta entre los dispositivos braille, permitiendo manejar con fluidez el alfabeto entre personas con el tipo de discapacidades mencionadas.
- La carcasa cumple con criterios de ergonomía para dispositivos distintos de teclado, permitiendo que al operar el dispositivo de comunicación braille la persona no vidente se adapte físicamente

#### **4.2. Recomendaciones.**

- Se pueden considerar otras alternativas para la celda braille del dispositivo electrónico, que deben ser estudiadas y analizadas previamente, mejorando la facilidad de recepción de mensajes en alfabeto braille, por ende la mejora de tiempo de comunicación entre dispositivos.
- Para el presente proyecto se recomienda implementar una fuente de energía alternativa basada en paneles solares u otro medio alternativo que permita mantener la autonomía del dispositivo, mejorando su funcionalidad.
- Se puede considerar la implementación de una pantalla gráfica en el dispositivo, la misma que pueda entregar datos informativos del dispositivo, sin embargo se debe analizar detenidamente debido a que estos dispositivos están orientados a personas que poseen deficiencias auditivas y visuales.
- Para el presente proyecto se puede considerar realizar una carcasa más robusta y liviana, tomando en cuenta el nivel de protección de las

personas contra choques eléctricos, sin embargo como se trabaja con un nivel seguro de tensión no debe ser analizado a fondo el nivel de protección.

- Una vez analizado el dispositivo en funcionamiento con personas, se recomienda implementar un control de intensidad vibratoria para las celdas braille, debido a que las personas poseen diferentes niveles de sensibilidad en sus dedos, entregando una mejor adaptabilidad a las personas con discapacidades.
- 
- Para futuros proyectos se recomienda realizar un análisis físico del estudio de caída para asegurar que el dispositivo no sufra deformaciones.
- Utilizar una impresora 3D con mejor resolución para tener un acabado más profesional de la carcasa del dispositivo de comunicación braille.
- Se puede considerar la implementación de la aplicación en varios sistemas operativos como Windows Mobile y IOs de Apple, mejorando la adaptabilidad del proyecto a cualquier plataforma.
- Realizar una revisión minuciosa de las partes que componen el dispositivo de comunicación braille antes de su mecanizado por posibles cambios.
- Para el presente proyecto se puede implementar un manual en braille para que las personas no videntes no necesiten ayuda al momento de manipular el dispositivo de comunicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, D. (2004). La sordoceguera. Una discapacidad singular. En O. N. Españoles, *La sordoceguera. Un análisis multidisciplinar* (Primera ed., págs. 88-91). Madrid: Estudios.
- Carretero, A. (2009). En *Electrónica* (pág. 288). Madrid: Editex.
- Cuadrado, J. T. (1989). Uso y abuso de los sistemas de comunicación. En *Comunicación, lenguaje y educación* (págs. 81-84). Madrid: CL & E.
- Dorado, M. G. (2004). Sistemas de comunicación de personas sordociegas. En O. n. Españoles, *La sordoceguera. Un análisis multidisciplinar* (págs. 129-168). Madrid: Estudios.
- Gomarís, S., Biel, D., Reyes, M., & Matas, J. (1999). En *Teoría de control* (págs. 17,18). México: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR.
- Gómez, P. (2000). En I. (. MARTÍNEZ, *La Sordoceguera. Intervención Psicopedagógica*. (págs. 207-264). Madrid: ONCE.
- Huidobro, J. (2005). La tecnología Bluetooth. En J. Huidobro, *Sistemas Telemáticos* (págs. 112-115). España: Thonson Ediciones Spain.
- Muller, Nathan. (2002). En *Tecnología Bluetooth* (págs. 45-90). Madrid: McGRAW-HILL.
- Ogata, K. (2003). Modelo matemático de sistemas dinámicos. En K. Ogata, *Ingeniería de Control Moderna* (pág. 984). Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.
- Ogden, L. E. (13 de Marzo de 2015). *BBC*. Recuperado el 27 de Julio de 2015, de <http://www.bbc.com/future/story/20150312-how-to-talk-online-with-only-touch>
- Spigel, M., & Stephens, L. (2009). CHI CUADRADO. En M. Spigel, & L. Stephens, *ESTADÍSTICA* (págs. 294-299). México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES,S.A. de C.V.
- Stanton , W., Etzel, M., & Walker, B. (2007). En *Fundamentos de marketing* (Vol. Decimo cuarta, pág. 511). Mexico,D.F.: McGraw-Hill Interamericana.

Tocci, R., & Widmer, N. (2003). Conceptos introductorios. En *SISTEMAS DIGITALES* (págs. 16-17). Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.

Tomasi, Wayne. (2003). Comunicación de datos. En *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (pág. 524). México: PRENTICE-HALL INC.

## NETGRAFIA

Cerrada, S. (8 de Mayo de 2010). *Sistemas de comunicación para personas sordociegas*. Recuperado el 29 de Julio de 2015, de <http://www.feandalucia.ccoo.es/indicei.aspx?p=62&d=230>

dbglove. (14 de Enero de 2015). *dbglove*. Recuperado el 10 de Junio de 2015, de <http://www.dbglove.com/0/themes/1/img/Malossi.png>

*DX.com*. (15 de Febrero de 2014). Recuperado el 13 de Julio de 2015, de [http://img.dxcdn.com/productimages/sku\\_298911\\_2.jpg](http://img.dxcdn.com/productimages/sku_298911_2.jpg)

Dussán, M. (3 de Diciembre de 2003). *redalyc*. Recuperado el 28 de Julio de 2015, de <http://www.redalyc.org/pdf/304/30400309.pdf>

Écija, M. (Mayo de 2000). *Google Books*. Recuperado el 12 de Agosto de 2015, de [https://books.google.com.ec/books?id=7Y9BAQAAQBAJ&pg=PR1&lpg=PR1&dq=Validaci%C3%B3n+del+%C2%A8PROYECTO+MARTA%C2%A8+COMO+AYUDA+TECNICA+A+LA+COMUNICACION+PARA+DEFICIENTES+AUDITIVOS&source=bl&ots=tD60Evev2Z&sig=T34tYfTeq8Wv-kWrC707D\\_EW594&hl=es-419&sa=X&ved=](https://books.google.com.ec/books?id=7Y9BAQAAQBAJ&pg=PR1&lpg=PR1&dq=Validaci%C3%B3n+del+%C2%A8PROYECTO+MARTA%C2%A8+COMO+AYUDA+TECNICA+A+LA+COMUNICACION+PARA+DEFICIENTES+AUDITIVOS&source=bl&ots=tD60Evev2Z&sig=T34tYfTeq8Wv-kWrC707D_EW594&hl=es-419&sa=X&ved=)

Enríquez, P. (2013). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ INALÁMBRICA PARA CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS CISCO PARA LA EMPRESA AKROS CÍA. LTDA*. Recuperado el 17 de Julio de 2015, de <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/319>

*ERGOTRON*. (2015). Recuperado el 2015 de Agosto de 24, de <http://www.ergotron.com/tabid/305/language/es-ES/default.aspx>

- Flappiefh. (5 de Junio de 2012). *wikimedia commons*. Recuperado el 26 de Junio de 2015, de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alphabet\\_de\\_Lorm\\_allemand.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alphabet_de_Lorm_allemand.svg)
- Franco, J. D. (11 de Agosto de 2008). *ICESI*. Recuperado el 10 de Junio de 2015, de [http://www.icesi.edu.co/blogs\\_estudiantes/jdcol/2008/08/11/el-telegrafo/](http://www.icesi.edu.co/blogs_estudiantes/jdcol/2008/08/11/el-telegrafo/)
- Freedom Scientific, Inc. (2015). *freedomscientific*. Recuperado el 10 de Junio de 2015, de <http://www.freedomscientific.com/products/blindness/Focus14Documentation>
- Galeano, E. (Noviembre de 2010). *crkitty's blog*. Recuperado el 11 de Junio de 2015, de <https://crkitty.files.wordpress.com/2010/11/sac2.doc>
- Google Inc. (12 de Agosto de 2013). *GOOGLE PLAY*. Recuperado el 8 de Junio de 2015, de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.googlecode.eyesfree.brailleback>
- Groover, M. (1997). Pólimeros. En *Fundamentos de Manufactura Moderna* (pág. 199). Mexico, Naulcapan de Juárez, México: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICA, S.A.
- Hearts, K. o. (31 de Diciembre de 2003). *WIKIPEDIA*. Recuperado el 10 de Junio de 2015, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Braille\\_\(lectura\)#/media/File:Brailleschrift\\_06\\_KMJ.svg](http://es.wikipedia.org/wiki/Braille_(lectura)#/media/File:Brailleschrift_06_KMJ.svg)
- Hernández, C., Pedraza, L., & López, D. (28 de Octubre de 2011). *redalyc*. Recuperado el 27 de Julio de 2015, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42222409015>
- Inpris. (31 de Mayo de 2015). *GOOGLE PLAY*. Recuperado el 10 de Junio de 2015, de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.upsense.keyboard.twohands>

- Loza, O. (julio de 2006). *Repositorio Digital-UPS*. Recuperado el 22 de Julio de 2015, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8518/1/Sistema%20electrónico%20braille%20para%20la%20ayuda%20en%20el%20aprendizaje%20de%20personas%20no%20videntes.pdf>
- MapGenia. (2010). *TARGETMAP*. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de <http://www.targetmap.com/viewer.aspx?reportId=6467>
- ONCE. (2004). Recuperado el 22 de Julio de 2015, de <http://www.once.es/otros/sordoceguera/HTML/indice.htm>
- Pisani, M. (6 de Diciembre de 2015). *GOOGLE PLAY*. Recuperado el 10 de Junio de 2015, de <https://play.google.com/store/apps/details?id=michelepisani.sms.pro.blindsmsreader>
- pololu*. (3 de Enero de 2013). Recuperado el 15 de Julio de 2015, de <https://www.pololu.com/product/1220>
- pololu*. (16 de Febrero de 2014). Recuperado el 11 de Julio de 2015, de <https://www.pololu.com/product/1638>
- Quiroz, Z. (Mayo de 2008). *SlideShare*. Recuperado el 29 de Juno de 2015, de [http://es.slideshare.net/qger/capitulo-3-3687363?from\\_action=save](http://es.slideshare.net/qger/capitulo-3-3687363?from_action=save)
- Reyes, F. (5 de Diciembre de 2014). *TELECOMUNICACIONES:MERCADOS Y TECNOLOGIAS*. Recuperado el 28 de Julio de 2015, de <http://telecomunicaciones-peru.blogspot.com/2014/12/redes-wpan-wireless-personal-area.html>
- sparkfun*. (1 de Marzo de 2013). Recuperado el 12 de Julio de 2015, de <https://www.sparkfun.com/products/11114>
- sparkfun*. (23 de Marzo de 2014). Recuperado el 13 de Julio de 2015, de <https://www.sparkfun.com/products/8483>
- sparkfun*. (31 de Octubre de 2015). Recuperado el 13 de Julio de 2015, de <https://www.sparkfun.com/products/10217>
- SHREY MALHOTRA. (2014). *SHREY MALHOTRA*. Recuperado el 10 de Junio de 2015, de <http://shreymalhotra.in/the-android-braille-slate/>

Ulrike , G., Tom, B., & Gesche , J. (19 de Febrero de 2012). *Design Research Lab*. Recuperado el 24 de Julio de 2015, de <http://www.design-research-lab.org/projects/mobile-lorm-glove/>

Vergara, S. A. (Agosto de 2008). *Tecnología Bluetooth*. Recuperado el 22 de Junio de 2015, de <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/6883/ice%20%20173a.pdf?sequence=1>

# **ANEXOS**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue realizado por el señor Cristhian Mauricio Garzón Jeréz bajo nuestra supervisión.

**ING. MARCO SINGAÑA  
DIRECTOR**

**ING. VICENTE HALLO  
DIRECTOR DE LA CARRERA**

**DR. JUAN CARLOS DÍAZ  
SECRETARIO ACADÉMICO**