

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Electrónico*

PROYECTO TÉCNICO CON ENFOQUE SOCIAL

**“PROTOTIPO DIDÁCTICO PARA LA AYUDA EN EL
APRENDIZAJE Y APLICACIÓN DEL ALFABETO
BRAILLE DE NIÑOS NO VIDENTES”**

AUTOR:

PEDRO ANDRÉS ASMAL ARIAS

TUTOR:

ING. EDUARDO PINOS VÉLEZ

CUENCA - ECUADOR

2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Pedro Andrés Asmal Arias con documento de identificación N° 0104053012, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: **“PROTOTIPO DIDÁCTICO PARA LA AYUDA EN EL APRENDIZAJE Y APLICACIÓN DEL ALFABETO BRAILLE DE NIÑOS NO VIDENTES”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Electrónico*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, abril del 2019



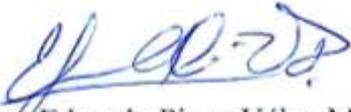
Pedro Andrés Asmal Arias

C.I.: 0104053012

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“PROTOTIPO DIDÁCTICO PARA LA AYUDA EN EL APRENDIZAJE Y APLICACIÓN DEL ALFABETO BRAILLE DE NIÑOS NO VIDENTES”**, realizado por Pedro Andrés Asmal Arias, obteniendo el *Proyecto Técnico con enfoque social* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, abril del 2019



Ing. Eduardo Pinos Vélez M.Sc.
CI: 0102942190

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Pedro Andrés Asmal Arias con documento de identificación N° 0104053012, autor del trabajo de titulación: **“PROTOTIPO DIDÁCTICO PARA LA AYUDA EN EL APRENDIZAJE Y APLICACIÓN DEL ALFABETO BRAILLE DE NIÑOS NO VIDENTES”**, certifico que el total contenido del *Proyecto Técnico con enfoque social* es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, abril del 2019



Pedro Andrés Asmal Arias

C.I.: 0104053012

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, por todas las bendiciones recibidas, por haberme dado la fuerza y apoyo para trabajar, además de los elementos necesarios, para llegar a cumplir una etapa más en mi formación académica y personal.

Expreso también mi agradecimiento, a los docentes de la carrera de Ingeniería Electrónica, y de manera especial, al Ingeniero Eduardo Pinos Vélez, tutor de este trabajo de titulación, que con su ayuda, tiempo y conocimiento, ha colaborado y conducido para la realizar y culminar el mismo, con éxito y los resultados esperados. También agradezco de manera general a todos los trabajadores, colaboradores y a la Universidad Politécnica Salesiana, por haberme permitido realizar y finalizar mis estudios universitarios, en esta querida institución.

Finalmente, manifiesto también mi agradecimiento, a la Unidad Educativa “Claudio Neira Garzón”, a su directora y docentes, en el área de discapacidad visual, por la apertura brindada hacia el desarrollo del prototipo, a las consultas realizadas y por los consejos y opiniones recibidos. Y así también, a todas las personas que contribuyeron de alguna manera para este trabajo, muchas gracias.

Pedro Andrés Asmal Arias

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado, de manera muy especial a mis padres, Miguel Asmal y Ana Arias, quienes han sido mi guía e inspiración, han velado por mi bienestar y educación, han depositado su apoyo y confianza en mí en todo momento y han sido parte del camino para alcanzar mis sueños.

A mis hermanos, Pablo, Paz y Joseph, por estar siempre presentes y apoyándome en todo momento, ellos han sido parte esencial para el esfuerzo y trabajo realizado a lo largo de todos los años de estudio, y a más de mis palabras de agradeciendo también quiero entregarles palabras de motivación y ánimo para que continúen con los suyos.

Finalmente a todos, mis familiares y amigos, que de manera directa o indirecta, contribuyeron con su apoyo y ayuda, en cada una de las etapas realizadas para la ejecución de este trabajo y en cada uno de los aspectos, de esta manera le hago saber que son muy especiales e importantes en mi vida; muchas gracias por el apoyo y el cariño.

Pedro Andrés Asmal Arias

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
ÍNDICE GENERAL	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
RESUMEN	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO	XIV
JUSTIFICACIÓN (IMPORTANCIA Y ALCANCES)	XVI
OBJETIVOS	XVIII
Objetivo General	XVIII
Objetivos Específicos	XVIII
1 CAPÍTULO 1: EL SISTEMA BRAILLE	1
1.1 ¿Qué es Braille?	1
1.2 Estructura y características del sistema	3
1.2.1 Estructura del sistema Braille	3
1.2.2 Parámetros dimensionales del braille	4
1.2.3 Series del sistema braille	5
1.3 ¿Cómo se utiliza el sistema Braille?	7
1.3.1 Tipos de movimientos de lectura	8
1.3.2 Tipos de patrones de lectura	8
1.4 Lectura Braille	9
1.5 Escritura Braille	10
1.5.1 Escritura a mano	10
1.5.2 Escritura a maquina	11
1.6 Ventajas y obstáculos del Braille	13
1.6.1 Ventajas del Braille	13
1.6.2 Obstáculos del Braille	13
2 CAPÍTULO 2: DIDÁCTICA E INSTRUCCIÓN BRAILLE	15
2.1 Situación de las personas no videntes	15
2.1.1 El braille en la sociedad	15
2.1.2 Trabajos que brindan ayuda en la alfabetización Braille	16

2.2	Búsqueda de un nuevo aporte que ayude en el proceso de Alfabetización e instrucción del sistema Braille	20
2.2.1	Preparación para el acceso al mundo de las letras	21
2.2.2	Aprendizaje formal de la lectoescritura	21
2.2.3	Mejora de las estrategias lectoras.....	21
2.2.4	Descubrimiento de nuevas formas y estilos	21
2.3	Principios didácticos.....	22
2.3.1	Elementos que Participan en el Aprendizaje de la lectura táctil	22
2.3.2	Elementos básicos que intervienen en la adquisición de lectura táctil.	23
2.3.3	Elementos básicos que intervienen en la Escritura táctil	24
2.4	Desarrollo cognitivo del niño no vidente	25
2.5	Dificultades en el proceso de lectoescritura Braille	27
2.5.1	Dificultades del código	27
2.5.2	Dificultades del tacto.....	28
2.6	Métodos de enseñanza	28
2.6.1	Alborada.....	28
2.6.2	Bliseo	29
2.6.3	Pérgamo.....	29
2.6.4	Punto a punto	30
2.6.5	Tomillo.....	30
2.7	Proceso de enseñanza	30
2.7.1	Aprendizaje de conceptos espaciales y de cantidad.....	31
2.7.2	Aprender a usar correctamente las manos.....	31
2.7.3	Conocer la celda base del sistema Braille	31
2.7.4	Inicio del aprendizaje de lectura y escritura en Braille	32
2.7.5	Introducción de las letras mayúsculas.....	33
2.7.6	Vocales acentuadas	33
2.7.7	Signos de puntuación	33
2.7.8	Los numeros.....	33
2.7.9	Lectura y escritura en papel	33
2.7.10	Escritura en pauta.....	34
2.7.11	Escritura a máquina.....	34
3	CAPÍTULO 3: PROTOTIPO DE ENSEÑANZA Y APLICACIÓN	35
3.1	Diseño del Prototipo	35
3.1.1	Consultas e Investigación.....	36
3.1.2	Conceptualización	37
3.2	Alcances de Software y Hardware	39
3.2.1	Alcances de Software.....	39
3.2.2	Alcances de Hardware.....	40

3.3	Descripción y presentación del Software	41
3.3.1	Modo 1: Aprendizaje.....	41
3.3.2	Modo 2: Práctica	41
3.3.3	Modo 3: Teclado	42
3.3.4	Modo 4: Calculadora.....	42
3.3.5	Modo 5: Reloj	42
3.4	Elementos y Circuito Electrónico.....	43
3.4.1	Microcontrolador PIC18F2550	45
3.4.2	Modulo MP3-TP-16P.....	46
3.4.3	Reloj de tiempo real DS1307	47
3.4.4	Placa cargador / descarga / elevador y bater	49
3.4.5	Botones.....	50
3.5	Desarrollo de tarjetas electronicas.....	51
3.5.1	Tarjeta electrónica principal.....	51
3.5.2	Tarjeta electrónica de pulsantes	52
3.5.3	Tarjeta electrónica de sonido	53
3.5.4	Tarjetas electrónicas complementarias	53
3.6	Desarrollo del Armazón	55
3.6.1	Bosquejo del Armazón.....	55
3.6.2	Diseño del Armazón Versión 1	55
3.6.3	Diseño final del armazón Diseño final del armazón	57
3.6.4	Estructuras finales del armazón del prototipo.....	59
4	CAPÍTULO 4: EXPERIMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO.....	62
4.1	Descripción del Proceso de Evaluación	62
4.1.1	Reconocimiento de elementos, botones y conectores.....	63
4.1.2	Prueba de avance entre los diferentes menús de funcionamiento y uso de funciones adicionales.	63
4.1.3	Prueba reconocimiento del signo generador.	64
4.1.4	Prueba de escritura de caracteres diferentes metodologías.....	64
4.1.5	Prueba de escritura de palabras diferentes metodologías.....	65
4.1.6	Prueba de conexión USB y escritura mediante teclado.	65
4.1.7	Prueba de Reloj	66
4.2	Técnica de Uso para el Aprendizaje.....	66
4.2.1	Uso Frontal.....	66
4.2.2	Uso con Sujeción Posterior	67
4.3	Instrumentos y Tecnicas de Evaluación	68
4.3.1	Observación directa y sistemática externa	68
4.3.2	Fichas de Recolección de información	70
4.3.3	Resolución de problemas explicitando pasos a seguir	71
4.3.4	Encuestas.....	72

4.3.5	Reflexión personal	72
4.3.6	Intercambios orales con docentes y los estudiantes	73
4.3.7	Técnicas de Evaluación.....	73
4.4	Evaluación por Etapas (Resultados).....	73
4.4.1	Resultados Observación Directa	74
4.4.2	Resultados Fichas de Recolección de Información.....	75
4.4.3	Resultados Encuesta Final.....	76
4.5	Análisis, Aceptación y Dificultades	77
4.6	Propuestas de Cambios o Mejoras a Futuro	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		82
ANEXOS:		87
Anexo A: Presupuesto y Análisis Económico		87
Anexo B: Detalle de Desarrollo del Software.....		90
Anexo C: Detalle de Elementos y Circuito Electrónico.....		98
Anexo D: Detalle Desarrollo de Tarjetas Electrónicas		106
Anexo E: Detalle Diseño del Armazón.....		112
Anexo F: Manual de Usuario		120
Anexo G: Manual Técnico		¡Error! Marcador no definido.
Anexo H: Encuestas y Fichas de Evaluación.....		¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 0. 1: Datos estadísticos de personas con discapacidad visual en Ecuador y Cuenca específicamente [4], [5].....	XVI
Figura 1. 1: Comparación entre el método de escritura nocturna de Barbier y el sistema Braille.....	2
Figura 1. 2: Distribución y numeración celda Braille.....	3
Figura 1. 3: Medidas de la celda Braille.....	4
Figura 1. 4: Medidas de separación entre puntos celda Braille.....	5
Figura 1. 5: Primera serie Braille.....	5
Figura 1. 6: Segunda serie Braille.....	6
Figura 1. 7: Tercera serie Braille.....	6
Figura 1. 8: Cuarta serie Braille.....	6
Figura 1. 9: Símbolo para representar una letra mayúscula, sistema Braille.....	7
Figura 1. 10: Signo de representación de números, sistema Braille.....	7
Figura 1. 11: Izquierda, lectura letra p; derecha, escritura letra p.....	10
Figura 1. 12: Punzón de madera usada en la escritura Braille [14].....	11
Figura 1. 13: Izquierda, pauta; derecha, regleta usadas en la escritura Braille.....	11
Figura 1. 14: Maquina Perkins, usada en la escritura en Braille.....	12
Figura 2. 1: Método de lectura con FingerReader.....	17
Figura 2. 2: Estructura del dispositivo de ayuda llamado Tactile.....	18
Figura 2. 3: Estructura del dispositivo de reproducción portátil de documentos digitales en Braille.....	18
Figura 2. 4: Estructura del Prototipo electrónico de enseñanza del sistema Braille.....	19
Figura 2. 5: Estructura dispositivo Brailec.....	19
Figura 2. 6: Estructura dispositivo MOLBED.....	20
Figura 2. 7: Orden de presentación de los caracteres usando el método Alborada....	29
Figura 2. 8: Orden de presentación de los caracteres usando el método Pérgamo. ...	29
<i>Figura 3. 1: Encuesta de investigación de necesidades y expectativas.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 3. 2: Esquema de elementos electrónicos del prototipo.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 3. 3: Diagrama de conexión electrónica del prototipo de aprendizaje y aplicación Braille.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 3. 4: Microcontrolador PIC18F2550 [28].....</i>	<i>45</i>

<i>Figura 3. 5: Disposición pines del módulo reproductor MP3-TF-16P.</i>	46
<i>Figura 3. 6: Disposición de Pines DS1307.</i>	48
<i>Figura 3. 7: Circuito de funcionamiento y comunicación DS1307.</i>	48
<i>Figura 3. 8: Modulo de carga y descarga DD05CVSA y esquema de conexión.</i>	49
<i>Figura 3. 9: Batería de polímero de litio 3.7V y 2000mAh [32].</i>	50
<i>Figura 3. 10: Armado completo de la tarjeta electrónica principal.</i>	52
<i>Figura 3. 11: Armado completo de la tarjeta electrónica de pulsantes.</i>	52
<i>Figura 3. 12: Armado completo de la tarjeta electrónica de sonido.</i>	53
<i>Figura 3. 13: Pines y dimensiones conector hembra USB tipo B.</i>	54
<i>Figura 3. 14: Armado completo de la tarjeta electrónica de volumen y comunicación USB.</i>	54
<i>Figura 3. 15: Primer boceto del armazón para el prototipo.</i>	55
<i>Figura 3. 16: Diseño en tercera dimensión, capa energía y sonido.</i>	56
<i>Figura 3. 17: Diseño en tercera dimensión, capa superior, microcontrolador y botones.</i>	56
<i>Figura 3. 18: Vista externa en tercera dimensión del armazón completo.</i>	57
<i>Figura 3. 19: Diseño en tercera dimensión de la capa 1 y 2, armazón versión final.</i>	58
<i>Figura 3. 20: Diseño final del armazón del prototipo.</i>	58
<i>Figura 3. 21: Impresión final en tercera dimensión tapa inferior.</i>	61
<i>Figura 3. 22: Impresión final en tercera dimensión tapa superior.</i>	61
<i>Figura 3. 23: Impresión final de botones tipo gatillo.</i>	61
<i>Figura 4. 1: Menú principal del prototipo y selección de modos</i>	63
<i>Figura 4. 2: Explicación grafica de la técnica de uso frontal.</i>	67
<i>Figura 4. 3: Explicación grafica de la técnica de sujeción posterior</i>	67
<i>Figura 4. 4: Explicación grafica de la ubicación de los dedos en la técnica de sujeción posterior</i>	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 0. 1: Personas no videntes sin instrucción o que cursan niveles iniciales....XVII	
Tabla 1. 1: Ubicación de los puntos de una celda Braille	3
<i>Tabla 4. 1: Aspectos a observar y calificar mediante observación directa.</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 4. 2: Resultados cuantitativos de adaptabilidad manual y comodidad de uso del prototipo.</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 4. 3: Resultados cuantitativos respecto a la facilidad de uso del prototipo. ...</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 4. 4: Resultados respecto a la correcta ubicación de elementos del prototipo por el usuario.</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 4. 5: Resultados de las pruebas de avance entre los diferentes menús de funcionamiento.</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 4. 6: Resultados de las pruebas de reconocimiento del signo generador.</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 4. 7: Resultados de las pruebas de escritura de caracteres.</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 4. 8: Resultados de las pruebas de escritura de palabras.</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 4. 9: Resultados de las pruebas de conexión USB y escritura mediante teclado.</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 4. 10: Resultados de la encuesta final de opinión sobre el prototipo.....</i>	<i>76</i>

RESUMEN

Con la finalidad de brindar elementos de ayuda para el proceso de aprendizaje y la aplicación del lenguaje Braille, que no se limiten solamente a la comunicación mediante el uso de papel y su escritura con la ayuda de un punzón; se presenta el diseño y ejecución de un prototipo electrónico que brinde ayuda, a las personas que poseen discapacidad visual, a la inclusión digital, a la participación en el uso de una computadora para diferentes fines y a la comunicación mediante el uso de plataformas presentes en la actualidad.

En el capítulo 1, se da a conocer que es el lenguaje Braille, su estructura y características, sus parámetros dimensionales, series y como se representa cada uno de los caracteres mediante los puntos del signo generador. También se puntualiza en cómo se usa el sistema, sus tipos de movimientos, tanto en la lectura como en la escritura, terminando por mostrar las ventajas y desventajas que ofrece este sistema de comunicación, pensado para las personas no videntes.

En el capítulo 2, se explica cómo se realiza la instrucción Braille, la pedagogía utilizada, la situación de las personas no videntes y los proyectos de ayuda a los mismos realizados en la actualidad. Tratando temas referentes a cómo se da el acceso a la información para estas personas, los principios didácticos para su enseñanza, dificultades, métodos de enseñanza, el desarrollo cognitivo según su edad y finalmente el proceso de enseñanza que se realiza para el aprendizaje, de lectura y escritura usando el sistema Braille.

En el capítulo 3, se presenta el proceso de diseño general del prototipo de enseñanza y aplicación del lenguaje Braille, diseños tanto de software como hardware, abarcando todos los factores necesarios como los aspectos físicos y técnicos. Elementos como: las tarjetas electrónicas, que fueron diseñadas a partir del circuito electrónico; el armazón que contendrá y protegerá los elementos electrónicos en su interior y la programación fueron realizados partiendo de la utilización del microcontrolador PIC18F2550, el modulo reproductor de sonido MP3-TF-16P y todos los elementos necesarios para el diseño, presentados en este capítulo, así como el procedimiento utilizado.

En el capítulo 4, se muestra el procedimiento para la experimentación, la manipulación y la validación del funcionamiento del prototipo y los resultados obtenidos. Este proceso fue realizado paulatinamente en cada fase de diseño electrónico, y también con la ayuda de la Unidad Educativa “Claudio Neira Garzón” de la ciudad de Cuenca, sus docentes encargados y estudiantes del área de discapacidad visual de los primeros niveles de instrucción.

Finalmente, se presenta el análisis una vez completado el trabajo, conclusiones y recomendaciones obtenidas, además de indicar opiniones sobre el mismo, dadas por las personas que fueron participes de su comprobación, con el fin de lograr mejoras futuras.

INTRODUCCIÓN

El sistema Braille, desarrollado por Louis Braille, es un lenguaje de símbolos formado por 6 puntos en relieve que permiten la lectura y escritura a personas con discapacidad visual. Este sistema además de los símbolos representativos del alfabeto, dispone de caracteres que pueden ser usados en las matemáticas y la música.

En la actualidad el sistema Braille ha sido integrado a diversas aplicaciones tecnológicas o a herramientas de comunicación y enseñanza. Sin embargo, la investigación de técnicas que permitan el uso efectivo de dispositivos basados en Braille, aun esta en desarrollo. Además de características tecnológicas eficientes, una herramienta de apoyo al Braille debe considerar aspectos referentes a la utilidad y el perfil del beneficiario. El presente trabajo busca combinar estas características para diseñar un dispositivo integral para la enseñanza y aplicación del lenguaje Braille.

Para el diseño y ejecución del dispositivo es necesario primeramente, conocer que es el sistema Braille y sus características. Posteriormente se investiga la metodología de enseñanza usada actualmente en los centros de estudio especializados en personas no videntes. Además se busca capturar la percepción de los profesores de estos centros de estudio, sobre características, expectativas y necesidades con respecto a este proyecto.

Es importante recalcar que, en el proceso de diseño y ejecución se trabajó conjuntamente con docentes encargados de la enseñanza de personas con discapacidad visual y sus estudiantes. Con lo que se han logrado resultados que comprueban el funcionamiento y adaptabilidad del dispositivo.

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

En el mundo existe una gran diversidad de lenguajes y formas de comunicación, pero no todos pueden ser empleados por personas que poseen discapacidad visual. El problema se agrava al realizar la comunicación de forma escrita, debido que al no poder visualizar los caracteres presentados mediante una escritura en tinta, sería necesario otro tipo de enseñanza usando el tacto para la lectura de símbolos en relieve.

Para el uso del Braille en el proceso de aprendizaje, los lectoescritores no videntes pueden ser divididos, según el nivel de discapacidad en dos grupos: El primero lo conforman los niños que nacieron con esta discapacidad, que como cualquier niño deberá aprender el lenguaje Braille en la escuela, adaptándolo como su forma principal de comunicación escrita. Mientras que en el segundo grupo están aquellas personas que por diversos motivos perdieron la vista a edades avanzadas, ellos tendrán más dificultades debido al cambio desde la lectura visual hacia la lectura tangible [1].

Con el fin de beneficiar la comunicación usando el sistema Braille, varios proyectos han sido desarrollados. Inicialmente los productos ejecutados y comercializados, destacaban por su simplicidad, como lo son rompecabezas y muñecos diseñados para el aprendizaje de las letras en Braille. Así también juegos con especialización en la lectura y escritura, mediante la ayuda de piezas con orificios y tapones para formar las letras y armar palabras u oraciones.

Debido al avance tecnológico, en la actualidad se están realizando prototipos electrónicos más eficaces al momento de ofrecer apoyo para de aprendizaje y la comunicación a personas con discapacidad visual. Sin embargo la mayoría de estos, solo desempeñan funcionalidades de ayuda para el proceso de aprendizaje del alfabeto, como leerlo y escribirlo. Es por eso que se promueve la creación de un dispositivo que permita ejecutar varias aplicaciones en Braille en beneficio de las personas con discapacidad visual, como teclado generador, calculadora y reloj mediante voz.

Con el paso del tiempo se observa que las personas con discapacidades diferentes, son capaces de realizar las mismas actividades que una persona común realiza. El estudio debe estar enfocado en tratar que estas desventajas sean desplazadas con la ayuda de dispositivos a beneficio de las personas con discapacidad visual, sus centros de estudio y sus familias.

JUSTIFICACIÓN (IMPORTANCIA Y ALCANCES)

Independientemente de las distintas capacidades que posea cada persona, la necesidad de comunicarse e informarse estará siempre presente, una etapa fundamental para obtener el acceso a esta es la correcta educación. Para un niño el inicio de la formación es esencial, ya que es necesario que se identifique de manera correcta las letras del abecedario, con la finalidad de que puedan conformar palabras y entenderlas, de igual manera con los niños que poseen discapacidad visual, quienes se enfocaran en el aprendizaje del abecedario en Braille.

En la actualidad existen varias Unidades Educativas, que están destinados para el cuidado y la educación de personas no videntes. Particularmente en la ciudad de Cuenca, una de estas es la Unidad Educativa “Claudio Neira Garzón”.

El problema de los centros de estudio para personas con discapacidad visual, es que generalmente no cuentan con los equipos tecnológicos necesarios para el proceso de enseñanza adecuado. Además existen personas que no cuentan con el acceso a la educación. Por lo que este prototipo busca ser una ayuda para la educación que proporcionan estos Centros de formación, dentro y fuera de los mismos.

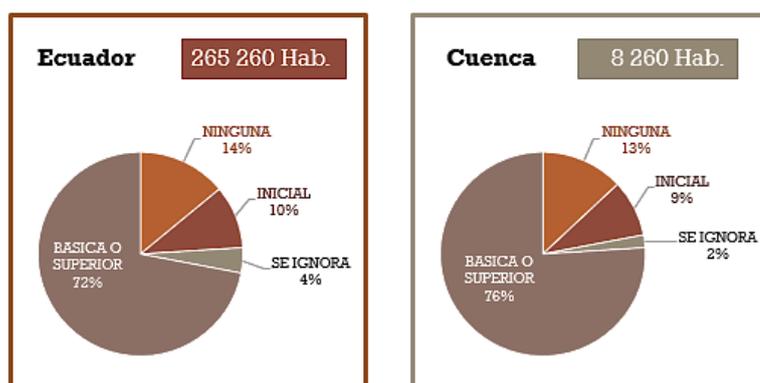


Figura 0. 1: Datos estadísticos de personas que cuentan con discapacidades visuales, en Ecuador y Cuenca específicamente [4], [5].

En la figura 0.1 mediante datos estadísticos obtenidos del INEC y CONADIS [4], [5], se muestra el número general de personas poseedoras de discapacidad visual

en el país, con aproximadamente 260 mil habitantes, de los cuales 8 mil se encuentran en Cuenca. Junto con esto se observa también los porcentajes representativos del nivel de educación de los mismos.

Como planteamiento inicial los beneficiarios directos de este proyecto, son niños de entre las edades de 5 y 7 años que tengan discapacidad visual y que estén empezando a conocer y aprender el lenguaje Braille. Los datos sobre los usuarios potenciales para el prototipo son mostrados en la tabla 0.1, con un número de 1785 usuarios potenciales en la ciudad de Cuenca. Además de contar con usuarios indirectos como las entidades de supervisión y enseñanza, quienes recibirán el apoyo del prototipo en su proceso de enseñanza. La finalidad es la de crear un entorno propicio para la inclusión y el acceso a la información del grupo de personas antes mencionado, de manera especial a los estudiantes de la Unidad Educativa “Claudio Neira Garzón” conjuntamente con apoyo del Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial y Tecnologías de Asistencia (GI-IATa) de la Universidad Politécnica Salesiana.

Tabla 0. 1: Personas no videntes sin instrucción o que cursan niveles iniciales.

Área	Usuarios Potenciales
Cuenca	1 785 Hab.
Azuay	3 466 Hab.
Ecuador	62 450 Hab.

Analizadas estas estadísticas, se propone crear un prototipo, con el propósito de facilitar el aprendizaje. Conociendo además que en nuestro mercado no hay un dispositivo que integre las funcionalidades, como la enseñanza, la práctica, la escritura y la aplicación. Con la finalidad que el dispositivo pueda ser utilizado como un gadget que reemplazaría el teclado normal en una computadora, de manera autónoma. Especialmente dirigido a niños y personas que inicien el aprendizaje de este lenguaje, pero de igual forma poder ser usado por diversas personas de distintas edades que tengan la necesidad de aprenderlo para comunicarse.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Construir un prototipo de sistema para la ayuda en el aprendizaje y aplicación del alfabeto Braille de niños no videntes y personas que este iniciando en el aprendizaje de este lenguaje.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efectuar una investigación, del currículum educativo inicial ecuatoriano y de los contenidos educativos de enseñanza Braille a niños en las instituciones del Ecuador.
- Diseñar el equipo de forma que sea cómodo y portable, para que pueda ser usado de manera autónoma.
- Desarrollar el hardware y software del dispositivo.
- Diseñar y ejecutar un plan de experimentación, para validar el dispositivo desarrollado.

CAPÍTULO 1: EL SISTEMA BRAILLE

Una necesidad fundamental de las personas, es la de comunicarse, pero debido a varios factores que intervienen al momento de darse esta comunicación, esta puede particularmente cambiar su código, conjunto de signos y reglas utilizadas en la producción de un mensaje; las personas que tienen discapacidad visual utilizan el sistema Braille, como su método de lectura y escritura, este sistema trata en formar símbolos para cada letra y número mediante puntos en relieve, en este capítulo se indica su estructura, características, utilidad y métodos de uso para el proceso de la comunicación de las personas con discapacidades visuales.

1.1 ¿QUÉ ES BRAILLE?

El Braille es un sistema, para el uso de las personas con imposibilidad visual, en procesos de lectura y escritura, mediante el uso de sus manos, utilizando específicamente, las yemas de los dedos. Este consiste en varios arreglos de puntos elevados, buscando que puedan ser ubicados y entendidos mediante el tacto, con los que se componen las letras del alfabeto, a más de símbolos y números. Fue pensado en el año 1821 por Louis Braille, consiste en celdas compuestas por seis puntos elevados que se ajustan al tamaño de las yemas de los dedos, esto se da en el sistema Braille clásico, pero existen también otros sistemas Braille, uno de estos importante en el mundo de la computación, el cual consta de 8 puntos con los que se podrán representar todos los signos y símbolos utilizados en un ordenador, los mismos que sobrepasan los 64 que pueden ser representados por un sistema Braille clásico [6], [7].

Se debe comprender que el sistema Braille no fue inventado como un idioma, sino como un código, por lo que con él se pueden escribir y leer varias lenguas, logrando así que las personas con discapacidades visuales puedan experimentar la comunicación de forma escrita necesaria para la alfabetización.

Este sistema permite que estas personas, puedan acceder a la lectura y escritura de manera independiente, en un inicio se usaron letras impresas en relieve, desde el siglo XVII, comenzó el uso de inventos, con el fin de educar a las personas con discapacidades visuales, a leer pero con costos elevados, tales como moldes de letras talladas en varios elementos como la madera, punzones para el trazo, o recortes de cartón [7], [8].

Fue en 1825, que Luis Braille, basándose en la técnica de escritura nocturna de Barbier, un sistema que permitía con la ayuda de puntos, representar mensajes en relieve, estos dos sistemas son indicados y comparados en la figura 1.1. Braille entonces procedió, al diseño de un código enfocado en la lectura y la escritura, para personas que poseen discapacidad visual. En relación al sistema inventado por Louis Braille otros métodos fallaron, ya que Braille se basó en un método de relación de puntos diseñado para identificarse con la punta del dedo, en lugar basarse en símbolos ideados para reconocimiento [8].

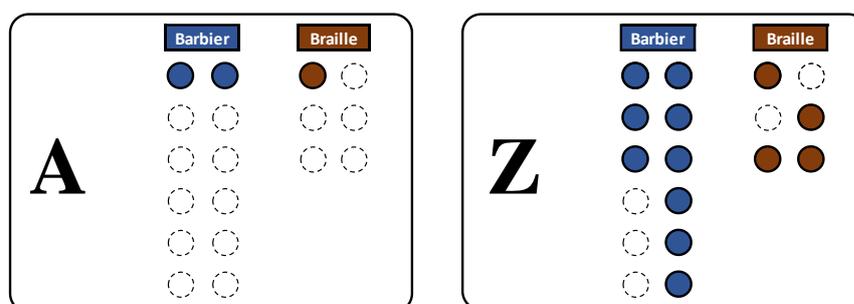


Figura 1. 1: Comparación entre el método de escritura nocturna de Barbier y el sistema Braille.
Fuente: Autor

El sistema Braille por primera vez permitía escribir y revisar lo expresado por escrito de forma rápida, posteriormente a inventar esta herramienta de escritura, Louis Braille, buscando la universalidad se su sistema ajustó el mismo, a más entornos que la escritura como lo son las matemáticas, las ciencias y la música [8].

1.2 ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

El sistema creado por Louis Braille ha sido aceptado de manera universal debido a su flexibilidad y a su fácil adaptación a las necesidades que van apareciendo en la comunicación, por ejemplo en el caso de cada idioma van apareciendo nuevos símbolos como la letra ñ en el español, o el símbolo de arroba que en la actualidad es muy usado específicamente en redes sociales y ya ha sido incorporado al sistema [8].

1.2.1 ESTRUCTURA DEL SISTEMA BRAILLE

El sistema de códigos Braille, fue constituido en una matriz conformada por seis puntos, dispuestos en dos columnas, cada una con tres, todos en relieve y con dimensiones acopladas a las yemas de los dedos, lo que ayudaría a que estos sean captados fácilmente, con lo que se logra 64 combinaciones posibles, consiguiendo que las personas con imposibilidad visual reconozcan cada letra como una imagen táctil, cada matriz es denominada celda y representa una letra o símbolo, por lo que la escritura sería una sucesión de celdas Braille [8].

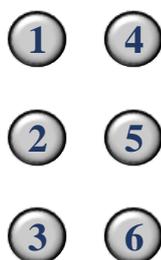


Figura 1. 2: Distribución y numeración celda Braille

Fuente: Autor

Para una mejor identificación de los puntos que constituyen un carácter concreto, son numerados como detalla en la figura 1.2, y se numera en la tabla 1.1, esta numeración no deberá obviarse o cambiarse por ningún motivo.

Tabla 1. 1: Ubicación de los puntos de una celda Braille

Punto	Ubicación
Punto 1	Superior izquierda
Punto 2	Centro izquierda
Punto 3	Inferior izquierda
Punto 4	Superior derecha
Punto 5	Centro derecha
Punto 6	Inferior derecha

La celda mediante la cual se representan cada uno de los caracteres en Braille, debe tener las medidas que son indicadas como norma, en el documento técnico B1 propuesto por la Comisión Braille Española, llamado “Parámetros dimensionales del Braille”, publicado en enero del 2014.

1.2.2 PARÁMETROS DIMENSIONALES DEL BRAILLE

La matriz, denominada signo generador, con la cual se forman los signos Braille, contara con las medidas necesarias e indicadas a continuación, lo que permitirá es correcto desempeño de la lectura con la ayuda del tacto.

Celda Braille: En la figura 1.3 se indican las medidas de una celda Braille, cuyo alto y el ancho deberán mantenerse en los intervalos mostrados, para no afectar el proceso de lectura.

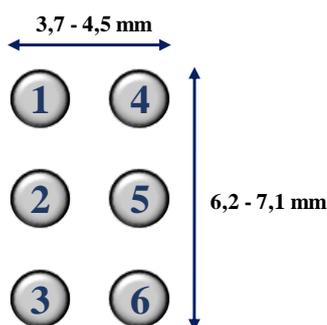


Figura 1. 3: Medidas de la celda Braille.

Fuente: Autor

Separación y medidas de puntos: Las medidas para la separación entre los puntos de una misma celda y celdas diferentes también están normalizados, al igual que las medidas que deben tener los puntos, las cuales especifican a continuación, cada parámetro puede ser observado en la figura 1.4.

a = Entre 2,4 y 2,75 milímetros.

b = Entre 2,4 a 2,75 milímetros.

c = Entre 6 a 6,91 milímetros.

d = Entre 10 a 11,26 milímetros.

e = Entre 1,2 y 1,9 milímetros.

f = Entre 0,2 y 0,5 milímetros.

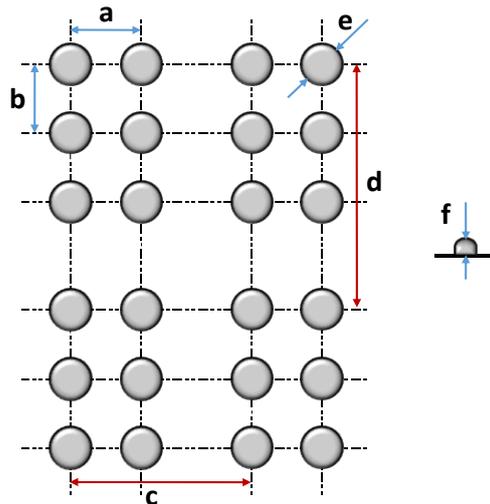


Figura 1. 4: Medidas de separación entre puntos celda Braille.

Fuente: Autor

1.2.3 SERIES DEL SISTEMA BRAILLE

En el Braille, cada caracter es estructurado mediante una composición de puntos en relieve, el sistema está diseñado mediante series de forma lógica, las series mencionadas se enumeran a continuación [10], las cuales se pueden encontrar a más detalle en el Documento técnico B2, propuesto por la Comisión Braille Española: llamado “Signografía básica” actualizado en marzo del 2018.

Series del Sistema Braille

En el sistema Braille se cuentan con 7 series, 5 series de 10 símbolos, 1 serie de 6 símbolos y 1 serie de 7 símbolos, con lo que se tienen las 63 combinaciones posibles sin tomar en cuenta el símbolo en blanco, pero en este caso solo se indicaran las series necesarias para representar letras y números.

Primera Serie: Para esta serie se utilizan los puntos número: uno, dos, cuatro y cinco de la celda Braille, con los que se formaran las primeras diez letras del alfabeto, ver figura 1.5.

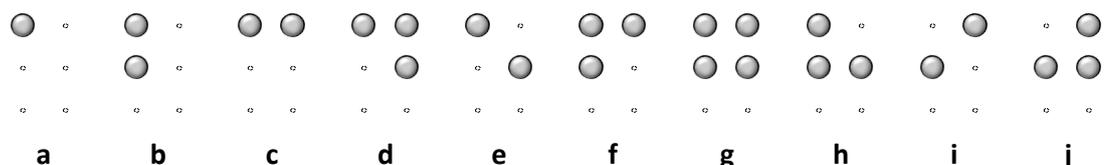


Figura 1. 5: Primera serie Braille.

Segunda serie: Las letras de esta serie están conformadas por los puntos ya estudiados en la serie anterior, agregándoles a estos el punto 3 y, así, con lo que se obtienen las letras desde la k hasta la t, con excepción de la ñ, ver figura 1.6 [11].

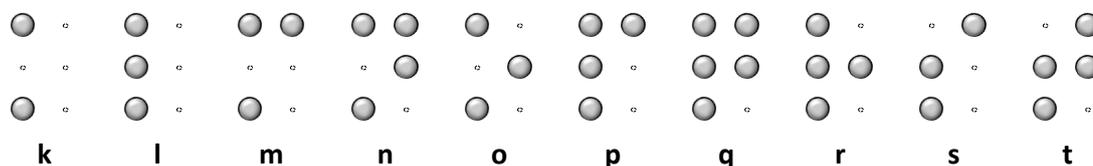


Figura 1. 6: Segunda serie Braille.

Tercera serie: Las letras de esta serie están conformadas usando los puntos de la segunda serie, agregando el punto 6, ver figura 1.7 [11]

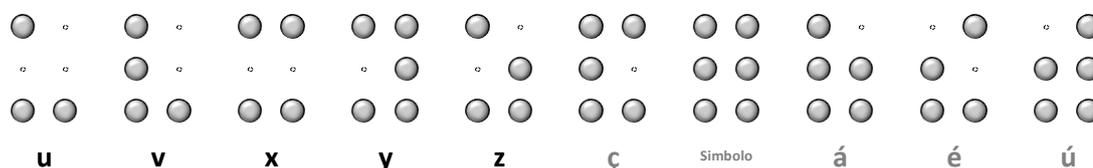


Figura 1. 7: Tercera serie Braille.

Cuarta serie: Se forma utilizando los puntos de serie número 1, agregando el punto 4. En la figura 1.8, se muestra solamente las letras utilizadas en el idioma español [11].

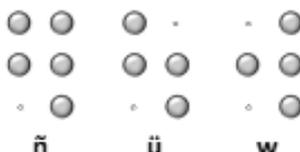


Figura 1. 8: Cuarta serie Braille.

Debido a que las 64 combinaciones, no abarcan la representación de todos los signos posibles, es necesario emplear como solución varios signos en forma de complemento, usando dos o más celdas, en varios casos celdas antepuestas a los símbolos presentados anteriormente, convirtiendo una letra en mayúscula o número, entre los símbolos más usados, entre otros [10], [11].

Letras Mayúsculas

Los signos en Braille que constituyen las letras del alfabeto, las representan de forma minúscula, por lo que para representar una letra como mayúscula se debe anteponer en siguiente símbolo mostrado en la figura 1.9.

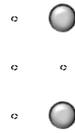


Figura 1. 9: Símbolo para representar una letra mayúscula, sistema Braille.

Numeración

La numeración en el sistema Braille, es realizada con la ayuda de la primera serie del sistema, es decir las letras “a” hasta “j”, pero anteponiendo a cada cantidad el signo representativo de número, mostrado en la figura 1.10, dando a la “a” el valor numérico 1, y a la “j” el valor 0 [8].



Figura 1. 10: Signo de representación de números, sistema Braille.

Espacios en Blanco

La forma de separación entre cada palabra en Braille, se realiza dejando una celda completa en blanco, con el mismo tamaño y espacio que cualquier caracter, pero en este caso sin puntos en relieve [9].

El instrumento técnico B2, propuesto por la Comisión Braille Española, detalla todos los signos correspondientes a cada una de las letras, números y el resto de los símbolos que son usados tanto en la lectura, como en la escritura del Braille, sin importar el idioma.

1.3 DE QUE FORMA ES USADO EL SISTEMA BRAILLE

Las personas no videntes, identifican cada carácter Braille con la ayuda de las yemas de sus dedos, en su gran parte de los dedos índice, que es el dedo con el que más fácilmente son identificados los símbolos, algunos expertos son capaces de obtener información con otros dedos. Al igual que en la lectura visual y escritura en tinta, al principio esta lectura es realizada con lentitud, los dedos necesitan más tiempo para captar la información y más detenciones sobre los caracteres para el análisis, posteriormente realizarán movimientos más rápidos y continuos [12].

1.3.1 TIPOS DE MOVIMIENTOS DE LECTURA

Existen varios patrones o tipos de movimientos que las manos realizaran, con la finalidad de reconocer la información presente en un texto, los cuales se numeran a continuación.

- 1) **Patrón unimanual:** En este tipo de lectura, sólo el dedo de una mano explorara el texto, mientras que el otro descansara al inicio de cada línea.[12].
- 2) **Patrón conjunto:** Los dedos índices de ambas manos, realizaran la lectura de cada línea de forma unísona [12].
- 3) **Patrón disjunto:** Los dedos índices de ambas manos, realizaran la lectura de cada línea de forma de forma independiente [12].
- 4) **Patrón disjunto simultáneo:** Los dedos índices de ambas manos, realizaran la lectura de líneas diferentes del texto [12].
- 5) **Patrón mixto:** Este método recae, en la combinación, de los patrones antes mencionados, tanto conjunto como disjunto, en la que dependiendo del caso e instantes de tiempo, los dedos índices exploraran de forma única, simultánea o separada el texto[12].

1.3.2 TIPOS DE PATRONES PARA EL SALTO DE LINEA

En el proceso de lectura, usando el sistema Braille, también están a consideración diferentes patrones para pasar de una línea a otra, los cuales se numeran a continuación.

- 1) **Una sola mano:** Usada en lectura con una sola mano, al terminar una línea, el dedo volverá al inicio de la misma y saltara a la siguiente línea [12].
- 2) **Una sola mano con indicador:** El dedo índice de una mano realiza la lectura y el cambio de línea, tomando como referencia, el dedo índice de la otra mano ubicado al comienzo de cada una [12].
- 3) **Mixto una y ambas manos:** La lectura es realizada por los dos dedos índice, que al acabar una línea saltan uno tras otro a la siguiente [12].
- 4) **Disjunto:** El dedo índice de la mano con la que no se lee, se ubica en la siguiente línea, antes de que se termine de leer la línea anterior [12].

En el proceso del desarrollo y el aprendizaje de la lectura en Braille, cada una de las personas ira avanzando por cada uno de los métodos de lectura y de salto de línea, es fundamental que todos estos métodos sean enseñados y realizados por los estudiantes, sin saltarse u obviarse ninguno, ya que esto ayudara a que estos encuentren la mejor forma en la que se adapten, para que el proceso de lectura sea más rápido y de fácil entendimiento con el paso del tiempo [12].

1.4 LECTURA BRAILLE

El método para la obtención de la información escrita, que se lleva a cabo por las personas con discapacidades visuales, es ejecutado mediante el tacto, realizada carácter por carácter, para luego conformar de forma mental cada una de las palabras, una vez obtenida la información de las letras que conforman la palabra leída, lo que lo convierte en una tarea muy tediosa en un principio, con la necesidad de mucha concentración, debido a esto es muy complicado alcanzar las metas de forma rápida a edades tempranas, lo que si se logra con la práctica [13].

Como se explicó en cada uno de los patrones, el dedo con el que principalmente se realiza la lectura, es el dedo índice, este se desplazara desde la izquierda hacia la derecha, con las técnicas y patrones de lectura que ya fueron descritos en la sección anterior, con lo que se pueden obtener menores tiempos en el proceso de lectura [13]. El desplazamiento realizado por las manos es diferente dependiendo del caso, de la persona y destreza de la misma para la lectura.

- 1) **Desplazamiento progresivo:** “Realizado con movimientos generalmente continuos, sin variar la velocidad y sin que el dedo se separe en ningún momento de la línea de texto” [14].
- 2) **Cambio de línea:** “El dedo lector de la mano diestra capta los caracteres finales de la línea, mientras que el dedo de la mano izquierda busca el inicio de la siguiente” [14].
- 3) **Repasos:** “Son más frecuentes con una menor habilidad lectora y mayor número de grafemas de una palabra” [14].

La velocidad media de lectura de una persona ciega experta, es de aproximadamente 100 palabras cada minuto, mientras que al utilizar y perfeccionar

la técnica o patrón al que mejor se acomode el lector, dependiendo del caso, se puede llegar a aumentar la obtención de información de hasta entre 150 y 165 palabras por minuto [13].

1.5 ESCRITURA BRAILLE

Un texto presentado en lenguaje Braille, puede ser hecho tanto a mano como en máquina, en un principio, la escritura del lenguaje Braille era enseñada manualmente, con ayuda de un punzón y una regleta Braille en los primeros niveles, y luego usando la máquina para la escritura Braille. Actualmente sucede que se realizan los dos tipos de escritura a la vez, escribiendo con la máquina desde el inicio y presentando también la regleta pero como un elemento complementario [13], [14].

1.5.1 ESCRITURA A MANO

Al realizar la escritura Braille de forma manual es necesario utilizar de varias herramientas, como una pauta o una regleta y de un punzón además del papel, al mismo tiempo de tener en cuenta varios principios, ya que la escritura se realiza de forma invertida a la lectura, por lo que aprendizaje es más difícil al principio.

La lectura Braille se realiza normalmente desde la izquierda hacia derecha, pero para el proceso de escritura con ayuda de la regleta es necesario escribir desde la derecha hacia la izquierda, al reverso del papel, con los signos invertidos, como se indica en la figura 1.11, invirtiendo los puntos de la celda Braille los de la izquierda a la derecha y viceversa, ya que de esta manera al girar el papel, el hundido formado en el proceso de escritura quedará como un punto en relieve [13], [14].

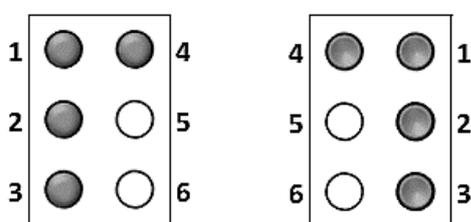


Figura 1. 11: Izquierda, lectura letra p; derecha, escritura letra p.

Para comenzar con la escritura de letras usando una pauta o una regleta, es necesario adquirir precisión para el punteado, la cual deberá ser con la misma presión para todos los puntos, con la finalidad de que tengan un relieve idéntico, para ayudar

a que la lectura sea desarrollada con facilidad, el punzón deberá estar siempre perpendicular y proceder a pinchar los puntos de manera ordenada, “usando el dedo índice de la mano que no sostiene el punzón, se deberá localizar el cajetín a usar y calcular los espacios que quedan libres”, para que hayan cortes de palabras erróneamente [14].

Punzón: El punzón es de madera se muestra en la figura 1.12, también hay de plástico, tienen una punta de metal redondeado para que no rompa el papel, existe también un punzón borrador para corregir la escritura Braille [14].



Figura 1. 12: Punzón de madera usada en la escritura Braille [14].

Pauta y regleta: Instrumentos utilizados para la el proceso de escritura en Braille, hechos de plástico o metal, constan de dos laminas plásticas, la superior tiene celdas y la inferior tiene puntos para la escritura Braille, el papel para el proceso de escritura es colocado entre estas laminas, para luego proceder a escribir cada signo Braille en un cajetín con ayuda del punzón. La pauta tiene el tamaño de una hoja tamaño A4, mientras que la regleta es una pauta de bolsillo, ver figura 1.13 [14], [15].

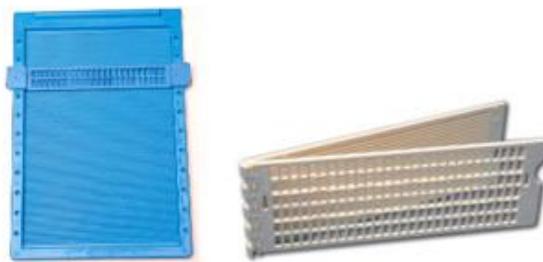


Figura 1. 13: Izquierda, pauta; derecha, regleta usadas en la escritura Braille.

1.5.2 ESCRITURA A MAQUINA

A diferencia de la escritura Braille manual, en la que usa una regleta y un punzón, la escritura en maquina en la actualidad cuenta con varios tipos de equipos que facilitan el proceso de escritura, pero que tienen un mismo modo de funcionamiento y fin determinado, salvo variaciones debido a los fabricantes.

Usando una máquina de escritura en Braille, como ayuda para el proceso de la enseñanza, se obtienen grandes beneficios, ya que mediante la práctica continua se pueden realizar escritos, con velocidades y tiempos iguales a los alcanzados al escribir en una computadora, mucho más con los nuevos dispositivos planteados y en etapas de diseño, logrando igualar el ritmo de una persona vidente [14].

La máquina para escritura en Braille está compuesta por nueve teclas, en relación a los puntos del signo generador, existen tres teclas extra, debido a que seis de estas teclas se usan para representar cada uno de los seis puntos Braille, siendo fundamental presionar todas las teclas necesarias para la escritura de una letra, las tres teclas extras son: la de espacio, retroceso de un espacio y cambio de línea. [14].

Cada tecla de la maquina tiene un dedo determinado para su accionamiento, con la finalidad de hacer el proceso más rápido, el punto 1 se pulsara con el dedo índice izquierdo, el 2 con el dedo corazón izquierdo y el 3 con el dedo anular de esa mano, mientras que los puntos cuatro, cinco y seis deben ser presionados, de la misma manera, con los dedos índice, corazón y anular derechos y el espaciador se podrá pulsar indistintamente con los dedos pulgares, sin importar cual [14].

Máquina de escribir Perkins: Existen varios elementos tanto mecánicos como informáticos con diferentes fines, pero para la escritura con maquina se utilizan equipos, cuya funcionalidad es la de realizar la perforación del papel por medio de actuadores, el más utilizado es la máquina Perkins, la cual se puede observar en la figura 1.14 [14], [15].



Figura 1. 14: Maquina Perkins, usada en la escritura en Braille.

1.6 VENTAJAS Y OBSTÁCULOS DEL BRAILLE

1.6.1 VENTAJAS DEL BRAILLE

Dentro de nuestro entorno todo lo que vemos, escuchamos, sentimos o percibimos queda grabado en nuestro cerebro, pero el aprendizaje de la lectura se extiende en el funcionamiento cognitivo de los niños y requiere un nivel de concentración mayor que otros lenguajes, ya que al ejecutarlo incrementa otras formas de pensamiento como el abstracto [13].

El Braille es muy ventajoso para el estudio de idiomas, especialmente aquellos que son escritos de una manera y se pronuncian distinto mediante la lectura, además posibilita visualizar la ortografía y su aprendizaje, tanto en el caso de una lengua propia como el de una extranjera [13].

Es de mucha ayuda para la ubicación e información a personas no videntes ya que con el Braille pueden rotularse objetos o productos como por ejemplo los botones de los ascensores, botones de para en los autobuses, oficinas, departamentos, botones principales de elementos electrónicos, entre otros [13].

Permite la comunicación de personas sordas ciegas, ya que este sería su única forma de comunicación, además de que puede ser usado como puente de comunicación entre personas que poseen distintas capacidades especiales ya que puede ser aprendido y empleado por casi todas las personas sin distinción [13].

El lenguaje Braille en algunas ocasiones es usado como una forma de comunicación con privacidad ya que puede ser leído o escrito aun cuando estén presentes otras personas sin que éstas se enteren del contenido, además de poder ser leído en la obscuridad [13].

1.6.2 OBSTÁCULOS DEL BRAILLE

En Braille no se puede representar como un carácter visual, varios tipos de detalles que si son posibles en tinta, como colores, cuadros, subrayados, cambios de tipos y tamaños de letra, esquemas y dibujos, es por eso que en el Braille los textos resultan más aburridos, debido a la imposibilidad de usar los elementos de resalte mencionados [13].

Dependiendo del contexto o el idioma el mismo signo puede tener significados diferentes y esto puede causar confusiones, el signo de mayúsculas se escribe diferente en inglés y así también la distinción entre números y letras es más complicado [13].

A diferencia que los textos visuales, en tinta, los textos en lenguaje Braille ocupan más espacio, debido al tamaño específico que deben tener los caracteres para su correcta percepción una página en Braille puede llegar a triplicar la extensión de una en tinta, ampliando el tamaño de los libros finales y que en algunos casos deben ser divididos en varios tomos, lo que ocasiona problemas de transporte y almacenamiento [13].

La velocidad en la lectura es más lenta en Braille, “un buen lector en tinta alcanza de 300 o 350 palabras por minuto, pero la media de los buenos lectores Braille es de unas 150 o 200 palabras por minuto” [13].

CAPÍTULO 2: DIDÁCTICA E INSTRUCCIÓN BRAILLE

2.1 SITUACIÓN DE LAS PERSONAS NO VIDENTES

2.1.1 EL BRAILLE EN LA SOCIEDAD

En el ámbito social, las leyes tanto nacionales como internacionales, hablan sobre el derecho a aprender como esencial para el ser humano, además del derecho a la información, fundamentales para el pleno desarrollo de cada persona, cuyos derechos no cambian por ningún caso para nadie, es por eso necesario encontrar la forma en cual las personas con discapacidades visuales puedan acceder a también estos derechos, una forma indispensable de hacerlo es mediante la educación en el manejo correcto de la lectoescritura Braille lo que permitirá al alumno el acceso a la información, el conocimiento y comunicación de pensamientos e ideas [8].

A lo largo del tiempo poco a poco se ha ido demostrando que las personas con imposibilidad visual pueden alcanzar el mismo nivel de educación que las personas videntes, desde un inicio cuando empieza la educación en la niñez y sin diferencia, existen casos en la que la educación de niños con o sin discapacidad visual se lleva a cabo a la par en el mismo salón de clases sin dificultades, pero eso si contando con un personal capacitado que pueda trabajar de forma conjunta, y así también para ambos casos, el trabajo en esta etapa más importante es el aprendizaje de la lectoescritura de la forma correcta creando un gran beneficio para los niños y su futuro.

Según cifras presentadas, por la Organización Mundial de la Salud, en el año 2012, en todo el mundo habitaban alrededor de 285 millones de personas que tenían discapacidades visuales, de las cuales el 14% eran ciegas y el 86% presentaban visión reducida, la mayor cantidad de estas personas en países en desarrollo, pero en cambio el porcentaje de conocimiento y utilización del Braille debido a su número de potenciales lectores de Braille sería de 50 millones de personas aproximadamente, de los cuales varias personas no conocían el Braille o hacían limitaban su uso debido a falta de formación y recursos, restándoles una gran cantidad de oportunidades de formación y empleo [8].

La sociedad actual en general está en capacidad de brindar ayuda y opciones para contar con la información necesaria, tanto para las personas que poseen discapacidad visual como para las que no la tienen o poseen otro tipo de discapacidad, ofreciendo información en diferentes idiomas, lenguajes o sistemas. Como primer paso se debe concienciar a la población en general, a los profesionales de la enseñanza, principalmente a cuyas personas que propiamente tienen discapacidad visual y a su familia, de los beneficios y facilidades del acceso a la información de poseer un código de lectoescritura funcional como lo es el Braille, en el cual se debe poner énfasis en su aprendizaje y enseñanza ya que de esto dependerá su comunicación, su autonomía y su bienestar personal.

Sin embargo los pilares fundamentales en la educación del niño desde sus inicios son la familia como referente y apoyo en el aprendizaje, así como el reclamar los derechos del niño buscando los recursos y medios necesarios para lograr su alfabetización de la forma más adecuada, conociendo y aceptando el lenguaje Braille y brindando el apoyo necesario en el proceso de aprendizaje; de la misma forma otro referente es el maestro quien debe ser conocer y velar por los derechos del niño y la ejecución de su formación de manera correcta, logrando que este se pueda introducir en el mundo de la lectoescritura Braille, proporcionándole los medios necesarios para conseguir sus objetivos en distintos ámbitos de las relaciones humanas [8].

2.1.2 TRABAJOS QUE BRINDAN AYUDA EN LA ALFABETIZACIÓN BRAILLE

En la actualidad existen varios trabajos de apoyo para personas no videntes, tanto en el área de la Ingeniería Electrónica, como trabajos que no dependen de esta,

pero que están ligados a brindar ayuda para obtener mejores resultados en el aprendizaje y enseñanza del lenguaje Braille. Existe un gran número de productos ya lanzados al mercado y a su vez también, prototipos que abarcan parte de las metodologías y formas enseñanza para las personas no videntes, como algunos que se numeran a continuación.

Finger Reader

Dispositivo de ayuda a personas que hayan perdido la vista sin conocer el lenguaje Braille, personas que quieran evitar realizar la lectura mediante el tacto, o que no cuenten con documentos impresos en lenguaje Braille, ya que en eso radica su beneficio, el de prescindir leer arrastrando el dedo por el papel, interpretando los textos impresos y digitales, sin la necesidad de que estos estén escritos usando los símbolos Braille, ya que este aparato es capaz de reconocer y analizar el texto y leerlo en voz alta, ver figura 2.1 [16].



Figura 2. 1: Método de lectura con FingerReader.

El dispositivo es usado en el dedo índice, la cámara ubicada en el anillo envía las imágenes captadas a un ordenador que las reconoce y lee en voz alta, mientras la persona solamente moverá su dedo línea por línea, además de notificar señales de ayuda y notificación. El dispositivo está por el momento en etapa de desarrollo, principalmente por el Laboratorio de Medios del MIT y el Laboratorio Humano de la Universidad de Auckland, que están trabajando en nuevas versiones. [16], [17].

Tactile

Su función es la de traducir texto impreso a lenguaje Braille de forma inmediata, con lo que se potencializara el acceso a toda la información necesaria por parte de las personas con discapacidad visual, y aun sin número de documentos disponibles, sin que necesariamente estos estén desarrollados usando la escritura

Braille, esto realizado mediante una cámara, la cual toma una fotografía del texto y gracias a su software que reconoce caracteres, el texto es traducido a un lenguaje Braille, el que será mostrado a través de unos actuadores que suben y bajan, los cuales podrán ser leídos mediante el tacto, obteniendo caracteres en cada una de las 6 matrices de puntos, como se observa en la figura 2.2 [18].



Figura 2. 2: Estructura del dispositivo de ayuda llamado Tactile.

En este primer prototipo se cuenta con un limitado número de caracteres, su creación está dada por estudiantes de ingeniería en el MIT, que buscan ampliar el número de caracteres del prototipo.

Dispositivo de reproducción portátil de documentos digitales en Braille

Dispositivo que es capaz de representar, de manera automática cualquier documento que se encuentre en formato digital en Braille, permitiendo así la lectura mediante el tacto, la manera de introducir los documentos digitales en el dispositivo es mediante comunicación USB, tan solo es necesario conectarlo a un computador y la traducción se realizara mediante el software del dispositivo, ver figura 2.3 [19].

Este es un dispositivo está siendo desarrollado en la Universidad de Almería y se encuentra en la fase de prototipo y su principal función está destinada a la traducción a Braille de libros electrónicos.

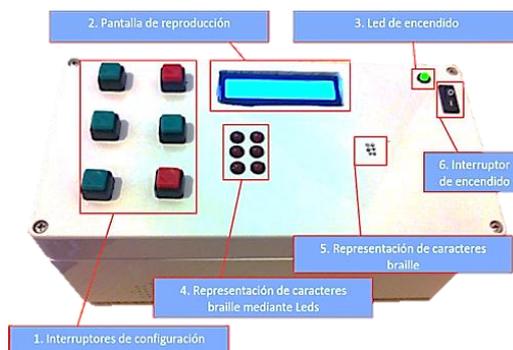


Figura 2. 3: Estructura del dispositivo de reproducción portátil de documentos digitales en Braille.

Prototipo electrónico de enseñanza del sistema Braille

Prototipo que cumple con la función de enseñar a las personas no videntes como están conformados cada uno de los caracteres y símbolos en lenguaje Braille, para que estas sean aprendidas y entendidas por los usuarios, además de contar con una aplicación Android con la que se puede verificar el proceso de aprendizaje y su porcentaje de aprobación, ver figura 2.4 [20].

El prototipo fue realizado en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, en la carrera de Ingeniería Electrónica, consta con comunicación Bluetooth y es dirigido a personas de todas las edades.



Figura 2. 4: Estructura del Prototipo electrónico de enseñanza del sistema Braille.

Brailec

Dispositivo didáctico-interactivo que ayuda a la enseñanza del código Braille para niños no videntes. La innovación del dispositivo es tener una respuesta sonora inmediata frente a la manipulación del niño, es decir, que cuándo forma una letra del abecedario éste le responde sonoramente que letra formó, el prototipo se muestra en la figura 2.5 [21].

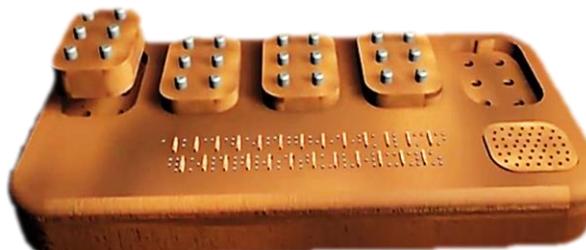


Figura 2. 5: Estructura dispositivo Brailec.

MOLBED, Pantalla electrónica modular de bajo costo Braille

Proyecto que tiene como objetivo, crear un sistema electrónico de Braille para la representación de cada carácter para su lectura mediante el tacto que sea asequible y disponible para todos, es decir que debe usar piezas que ya están disponibles comercialmente, con el menor recuento posible de partes. En si el prototipo trata de una matriz de 6 bobinas con la que se pueden representar los caracteres de forma Braille, el proyecto en sí no está patentado, para que pueda ser usado y desarrollado abiertamente con la finalidad de aportar con soluciones u opiniones, el trabajo futuro de él es el desarrollo de una línea de más caracteres en Braille y no tener solo uno como en un principio, y como se muestra en la figura 2.6 [22].

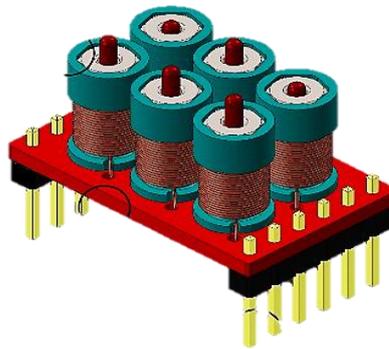


Figura 2. 6: Estructura dispositivo MOLBED.

2.2 BÚSQUEDA DE UN NUEVO APOORTE QUE AYUDE EN EL PROCESO DE ALFABETIZACIÓN E INSTRUCCIÓN DEL SISTEMA BRAILLE

Debemos considerar al aprendizaje del Braille, de manera principal, no como un todo sino como el medio para llegar a un fin, el cual es la comunicación, lo que concientizara en general en trabajar por el proceso de alfabetización y en saber utilizar las formas y metodologías ya existentes para lograr que las personas con discapacidades en la visión tengan los conocimientos necesarios para desarrollarse en su vida, además de impulsar en el apoyo de diferentes partes, para la ayuda de los mismos aparte del sector educativo, lo que conllevaría a más estudios, búsquedas de nuevas metodologías, para lograr resultados más efectivos tanto en la enseñanza, como para la inclusión en todos los ámbitos de las relaciones humanas.

El proceso de alfabetización y aprendizaje se realiza de manera continua en toda nuestra vida ya que siempre estamos adquiriendo conocimientos pero es realizado mediante fases como se detalla a continuación:

2.2.1 PREPARACIÓN PARA EL ACCESO AL MUNDO DE LAS LETRAS

Esta etapa, es la primera en el proceso de desarrollo y conocimiento de la lectura y escritura Braille, en esta etapa es importante en el caso de los niños no videntes, contra con experiencias gratificantes, que promuevan su deseo de aprender, además del desarrollo de varias actividades para el desarrollo manual y de la sensibilidad táctil, por otra parte con las personas que hayan perdido la visión a una edad adulta hay que sentar bases sólidas sobre la necesidad el cambio de método de lectura [8].

2.2.2 APRENDIZAJE FORMAL DE LA LECTOESCRITURA

En esta etapa es realizado ya en si el aprendizaje y descubrimiento de los conocimientos necesarios a usar en su proceso de escritura y lectura, es la etapa fundamental para posteriormente poder escribir y leer de forma correcta, en un inicio es la etapa en la que más desfases se dan con sus pares videntes, debido a la necesidad de educar sus manos para receptar la información [8].

2.2.3 MEJORA DE LAS ESTRATEGIAS LECTORAS

Esta etapa se basa ya en el proceso de lectura y escritura propiamente, realizara la lectura carácter a carácter, formara las palabras en su subconsciente y además las relacionara con diferentes elementos, formas, texturas, olores; al final cada niño ira descubriendo la forma correcta de realizar los procesos dependiendo de su condición, lo que ayudara a potencial su modo de comunicación hacia y con los demás [8].

2.2.4 DESCUBRIMIENTO DE NUEVAS FORMAS Y ESTILOS

Con el aprendizaje de la escritura y lectura en Braille, se pueden proceder a otras formas de expresar sus conocimientos, después de haber pasado por el aprendizaje con la ayuda de una pauta y un punzón, será capaz de usar una máquina

para la escritura, y posteriormente ocupar los mismos dispositivos que cualquier persona, con las debidas variaciones para que se acoplen a sus capacidades y necesidades [8].

2.3 PRINCIPIOS DIDÁCTICOS

2.3.1 ELEMENTOS QUE PARTICIPAN EN EL APRENDIZAJE DE LA LECTURA TÁCTIL

Tanto en la lectura táctil, como la lectura visual, el proceso de aprendizaje y lectura, se fundamenta en la decodificación de varios símbolos, pero que a la final representan un mismo significado en conjunto, por eso debemos entender que no es similar la enseñanza con un niño ciego de nacimiento, que con un adulto que presente ceguera reciente, por lo que es necesario analizar cada escenario, buscando la forma de aprendizaje adecuado [11]:

- Es un método más motivante, el de trabajar de forma simultánea, tanto los procesos de lectura y escritura, debido a que se puede fortalecer y entrenar las actividades relacionadas con el lenguaje.
- Evitar desde el inicio posturas incorrectas al colocar los dedos en el texto, evitando forzar estos al realizar movimientos incorrectos lo que puede causar incomprensiones.
- Un seguimiento para conocer lo aprendido por el alumno es muy necesario, además de plantear actividades que estén a la par de sus intereses y su avance.
- Mediante ejercicios, es necesarios impulsar y alcanzar de todas las capacidades táctiles previas.
- La edad y el proceso de estudios previos, son de mucha importancia, ya que no es lo mismo el enseñar a un niño no vidente de nacimiento, que a un adulto con una pérdida de visión reciente, que está acostumbrado a la lectura visual y no a percibirá la lectura a través del tacto.
- Existen diferentes perspectivas para el uso del Braille, ya que en casos puede ser aplicado solo para la lectura o solo para la escritura, o también en el trabajo o en los estudios.

- Para las personas que han perdido la vista, el tiempo transcurrido desde la pérdida visual, su grado discapacidad, su edad, destrezas manuales y el tiempo dedicado afectaran en el proceso de aprendizaje.
- Otro aspecto esencial es fomentar al máximo el apoyo que reciben, de las personas que lo rodean como lo son su familia, sus amigos, docentes en su centro escolar, y su motivación propia, lo que hará que el sienta que el sistema Braille es de gran utilidad y beneficio.

2.3.2 ELEMENTOS QUE FORMAN PARTE DE LA ADQUISICIÓN DE LECTURA TÁCTIL

Un niño que tiene discapacidad visual, de la misma forma que su similar vidente puede y está en condiciones de iniciar la instrucción tanto de la lectura como de la escritura Braille, en igual tiempo que estos inician el proceso de lectura y escritura en tinta, a continuación se enlistan algunas destrezas que el niño no vidente deberá conseguir[11]:

- Comenzar con acciones simples y sin dificultad exagerada, para lograr infundir una actitud positiva de este hacia el aprendizaje, debido a lo lento que puede ser el proceso.
- Es muy importante adaptar al sistema Braille, además de usar dibujos con relieve, para los carteles y letreros dispuestos en el aula y ubicarlos a su fácil alcance.
- Es muy importante y de mucha ayuda para el niño que en su entorno se desarrollen el mismo tipo de actividades a las que el deberá formar parte, por eso es importante que alguien cercano aprenda el Braille.
- La ceguera no garantiza que se posee un tacto más sensible, este debe desarrollarse con la práctica y con el entrenamiento mediante el manejo de los diferentes instrumentos para la escritura y el proceso del acceso a la información a por medio de la lectura.

2.3.3 ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA FORMACIÓN DE LA ESCRITURA TÁCTIL

Existen varias actividades que un niño con puede realizar para lograr adquirir una correcta lectura táctil, y en cada proceso se va observado nuevos métodos que se pueden implementar como ayuda a futuro, pero actualmente se conocen y utilizan las siguientes [11]:

Desarrollo de la motricidad

Principal en el desarrollo en edades iniciales, se logra a través de [14]:

- Desplazamiento de brazos desde la izquierda hacia la derecha.
- “Encajar bloques, introducir objetos en recipientes, modelar con plastilina, arrugar, rasgar, doblar y recortar papeles, pegar, enroscar, ensamblar, pintar con los dedos, picado con punzón, entre otras actividades similares”.
- Reconocer de objetos y formas en tercera dimensión.
- “Seguir líneas tanto continuas como discontinuas, localizar puntos, además de presionar objetos de distintos tamaños con las manos y dedos”.
- Ejercicios usando las manos como, abrirlas y cerrarlas, cambios de posición de éstas, además de maniobrar de diferente forma cada mano (la mano diestra golpea y la izquierda traza círculos y viceversa).
- Ejercicios usando los dedos, como alzar o flexionar cada dedo, teclear sobre diferentes superficies, marcar el paso, clavar tachuelas, abrir y cerrar pinzas, girar manivelas, entre otras actividades.

Aprendizaje de conceptos básicos [14]

- “Reconocimiento, clasificación y emparejamiento de objetos dependiendo del tamaño, forma o contextura”.
- “Conocer conceptos espaciales básicos: arriba, abajo, delante, detrás, al lado de, en medio, izquierda, derecha”.
- “Nociones de cantidad: más, menos, lleno, vacío, ninguno, pocos, muchos, y cantidades de 1 a 10”.

- “Adquirir conceptos sobre cualidades: relaciones de semejanza, de diferencia, de tamaño, peso, textura, rugosidad, forma y grosor”.

Luego de haber presentado varias actividades para lograr el desarrollo de habilidades previas a la instrucción del sistema Braille, hay alumnos no consiguen alcanzar estas destrezas, pero que sin importar esto llegan a leer y escribir de forma perfecta sin problemas [11].

2.4 DESARROLLO COGNITIVO DEL NIÑO NO VIDENTE

El desarrollo del niño se lleva a cabo mediante la interacción de este con todo el entorno que lo rodea, junto con todos los diferentes estímulos que este puede llegar a percibir, es el caso especial de los niños con discapacidad visual, su condición de ceguera afecta, en la forma correcta y completa de interpretar los estímulos que son recibidos desde el exterior, la cual es cortada de una u otra manera, haciendo que esta información sea interpretada no en su totalidad sino de manera inconclusa, teniendo la necesidad de compensar esta falta de información mediante otros estímulos receptados con otros sentidos a parte del visual, como el olfato y el tacto.

El tiempo de desarrollo, en comparación de un niño con y sin discapacidad visual, no podrá ser comparado nunca de la misma manera, de por si su falta de visión hará que una persona con esta discapacidad tarde en alcanzar los conocimientos y desarrollo que muy temprano son alcanzados por sus pares videntes, por eso hay que enfocar esa necesidad de estímulos en otros sentidos, que ayuden a su desarrollo, el cual es detallado a continuación.

Primera Etapa: Esta etapa abarca los primeros 6 meses de vida, los niños empiezan a ser receptivos ante los estímulos, ante cada interacción empiezan a aparecer varias respuestas, inicialmente en el movimiento de la cabeza, a diferencia de un niño con capacidades normales que se deja guiar por la vista, el niño con discapacidad visual empezara a enfocarse en el sonido y en como captarlo [23].

Segunda Etapa: Antes del primer año de vida, el niño mantendrá avances en sus destrezas motores, empezara de manera más amplia la exploración con la ayuda de sus maños, buscando más y más información que lo ayude a entender su entorno,

el porcentaje de actividad del niño en esta etapa, afectara directamente en su desarrollo [23].

Tercera Etapa: Antes del año y medio, los niños desarrollaran el sentido de búsqueda, empezaran a realizarla a través de la guía mediante sonidos, es importante tener paciencia en el proceso del aprendizaje a caminar ya que su desarrollo puede ser no tan rápido como en la normalidad, en esta etapa es importante estimular las capacidades motoras, haciendo que el niño participe ya de manera autónoma en diferentes actividades, como la de vestirse, alimentarse y contacto con diferentes objetos. [23].

Cuarta Etapa: Hasta los dos años, el niño aprenderá a realizar acciones naturales de su entorno, empezara a conocer el mismo y los elementos con el conocimiento de estos están ubicados en alguna parte de su espacio, aun así él no los pueda ver, en esta etapa empezara la autoexploración con la finalidad de conocerse, con la dificultad de no poder apreciarse en un espejo [23].

Quinta Etapa: De los 2 años en adelante, empieza la etapa en la que se ira desprendiendo poco a poco de la ayuda en actividades que él las puede realizar por sí solo, en esta etapa hay que fomentar el usos de las dos manos para los procesos de exploración y agarre. [23].

Sexta Etapa: A la edad de los siete años, los niños con discapacidad visual ya obtienen resultados parecidos a los de un niño con habilidades normales, más en el proceso de lectura, pero con un ligero retraso en la manipulación de objetos [23].

Séptima Etapa: A los 12 o 13 años de igual manera que sus pares videntes, surgirán los cambios que acompañan a su desarrollo físico, lo que podría causar dificultades, al no poder apreciar con la vista el porqué de algunos sentires, lo que puede causar desmotivación y frustración.

Octava Etapa: Al estar entre una edad de 14-15 años, ya se llegado a una etapa, en la que los problemas de etapas anteriores se han superado, lo que ayuda al desarrollo de las actividades lingüísticas a más profundidad.

2.5 DIFICULTADES EN EL PROCESO DE LECTOESCRITURA BRAILLE

Existen varias dificultades en el proceso de lectoescritura Braille, lo que es necesario es, que en el proceso de enseñanza, se vayan desarrollando las destrezas necesarias, para que en el futuro los conocimientos de escritura y lectura puedan ser aplicados sin problema alguno, en las diferentes áreas de especialización personal y profesional.

2.5.1 DIFICULTADES DEL CÓDIGO

Debido a que los símbolos que representan las letras en el sistema Braille, están formadas por configuraciones de puntos, pueden originar errores en la lectura e identificación de cada uno, podría ser que el lector no perciba un punto de la configuración, identificando de esta manera una letra distinta a la leída [24].

Como el sistema está diseñado mediante configuraciones de puntos, se pueden tener frecuentemente errores y confusiones a la similitud de estas pero con una rotación dependiendo del caso, confundiendo entre sí, un caso evidente son los símbolos de las letras d, f, j y h.

En el Braille las letras con acento implican una gran complejidad, debido a su gran diferencia en los símbolos, entre vocales acentuadas y sin acentuar, teniendo que aprender un mayor número de configuraciones [24].

Otra característica que generaría confusión es que se poseen las mismas configuraciones para varios caracteres, como los números que están constituidos de la misma manera que las primeras letras del alfabeto, salvo un signo indicativo presentado antes del signo, mostrando que es un número, al igual que las letras mayúsculas, aumentando las dificultades y los problemas de aprendizaje [24].

No se cuenta con la referencia para la disposición del texto en un documento, como la identificación de márgenes, finales de párrafo, subrayados, negritas, cambios de letra, etc., ya que su representación sería contraproducente [24].

Cada vez que se lee un texto Braille, los puntos se van desgastando, es por eso que un libro que ha sido leído muchas veces presentara dificultades de lectura y

comprensión como la velocidad de lectura, y el tiempo que conllevara la comprensión correcta del texto [24].

2.5.2 DIFICULTADES DEL TACTO

No solo basta con el aprendizaje de los símbolos en el lenguaje Braille, debido que al realizar el proceso de lectura y más cuando esta se realiza mediante el tacto, se pueden tener las siguientes dificultades [24].

La información identificada por las personas con inhabilidad visual está limitada a un carácter a la vez, lo que hace que la cantidad de información analizada sea poca en comparación a la lectura visual, en el mismo tiempo [24].

La lectura táctil es mucho más lenta que la lectura visual, además de ser necesaria mayor concentración, para captar toda la información sin perdidas [24].

2.6 MÉTODOS DE ENSEÑANZA

Una vez ejecutadas las actividades para desarrollar las habilidades previas y haber alcanzado las destrezas táctiles generales y concretas propuestas en las secciones anteriores, es el momento para comenzar a afrontar la enseñanza del sistema, con el proceso adecuado dependiendo de a quién va dirigido el mismo, que como ya dijimos es diferente el proceso de enseñanza a un niño no vidente desde el nacimiento a una persona adulta que haya perdido la vista.

Varios de los métodos presentan inicialmente, un proceso en para que el niño conozca primer, el espacio rectangular en el que están ubicados los puntos de una celda, utilizando materiales que puedan representar la celda Braille y faciliten el su conocimiento, como muchos que se muestran a continuación [25].

2.6.1 ALBORADA

Es un método para el aprendizaje del lenguaje Braille, mediante el cual se presenta como está estructurada cada las letras en una disposición específica según la complejidad, en el orden mostrado en la figura 2.7.



Figura 2. 7: Orden de presentación de los caracteres usando el método Alborada.

2.6.2 BLISEO

Método utilizado para la instrucción Braille, en el cual es realizado mediante el siguiente proceso de presentación de letras: [25]

1. Reconocimiento del signo generador.
2. Letras de la primera serie, conformadas por los puntos 1, 2, 4 y 5 (a – j).
3. Letras de la segunda serie, añadiendo el punto 3 (k – t).
4. Letras de la tercera serie, añadiendo el punto 6 (u – z).

2.6.3 PÉRGAMO

Método de enseñanza para personas adultas, pensado con la finalidad de evadir confusiones y mejorar la apreciación del Braille, mediante este método se realiza la presentación de los caracteres en el orden mostrado en la figura 2.8.

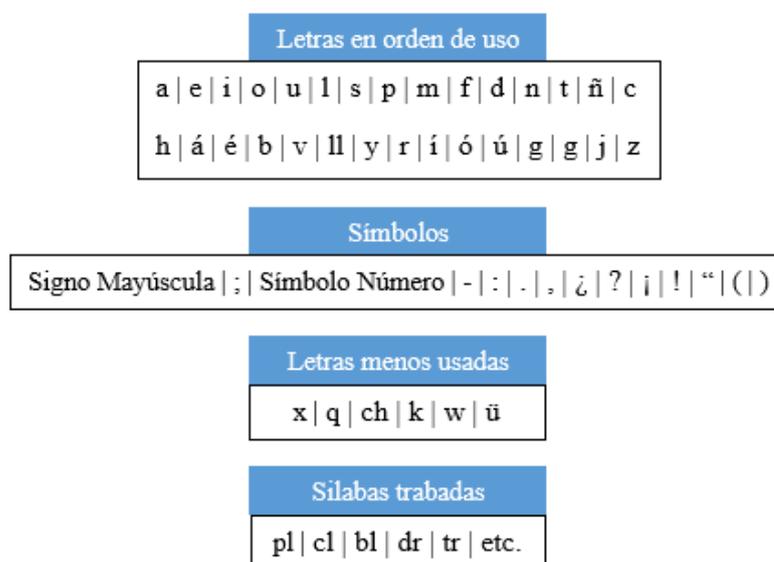


Figura 2. 8: Orden de presentación de los caracteres usando el método Pérgamo.

2.6.4 PUNTO A PUNTO

Este método está formado por dos partes, la primera parte presenta un programa previo a la lectura y también para la escritura como: “series de ejercicios para el reconocimiento de formas geométricas y tamaños, líneas y seguimiento de líneas, orientación espacial”, entre otros. Iniciando también el proceso de aprendizaje del signo generador para la representación de símbolos Braille pero de tamaño grande, para posteriormente disminuir poco a poco el tamaño, para luego explorar diferentes posiciones de los puntos y algunas letras [25].

La segunda serie es usada para la enseñanza del sistema Braille, en esta se van indicando una por una las letras del alfabeto en orden, además de presentar ejercicios de reconocimiento e identificación mediante las manos, para posteriormente realizar la lectura de sílabas y palabras, acompañado de gráficos en realce para el aprendizaje del alumno [25].

2.6.5 TOMILLO

Método usado en la fase inicial de la lectura Braille, enfocado en la exploración táctil, utilizando palabras y frases cortas y empleando materiales en relieve, en el cual se presentan inicialmente las letras que son más fácilmente apreciadas al tacto [25].

Existen varios casos y depende de estos se deberá escoger el método de enseñanza adecuado como con un adulto, el cual primeramente deberá adaptarse a su nueva situación además de al no tener desarrollada su percepción táctil tendrá mayor dificultad para diferenciar las letras.

2.7 PROCESO DE ENSEÑANZA

El proceso de enseñanza para los niños no videntes, debe ser realizado de una forma secuencial, presentando las actividades y los conocimientos que un niño con capacidad visual debería ir alcanzando paulatinamente con la finalidad de que este alcance el aprendizaje de la lectoescritura mediante el sistema Braille.

2.7.1 APRENDIZAJE DE CONCEPTOS ESPACIALES Y DE CANTIDAD

El aprendizaje de del sistema empleando puntos, requiere una coordinación espacial correcta, además de todos los conceptos sobre su estructura y distribución, lo que potencia el aprendizaje lector y escritor [26].

- **Conceptos espaciales:** Izquierda, derecha, arriba, abajo, delante y detrás.
- **Relaciones espaciales:** Conocer e interpretar varios conceptos espaciales usados de forma básica: “en sí mismo, en otras personas, con objetos respecto a sí mismo y con objetos respecto a otros objetos” [26].
- **Conceptos de cantidad:** “Más, menos, uno, ninguno, pocos, o muchos y cantidades de un dígito”.
- **Cualidades:** “Semejanza, diferencia, formas, tamaños, formas y texturas”.
- **Uso del dedo índice de forma conjunta con el dedo corazón:** Estas actividades son realizadas en papel: “Seguir líneas de puntos, separar y señalar la posición de los puntos, pasar páginas de una en una, meter, sacar elementos en agujeros y picar con punzón o bolígrafo” [26].

2.7.2 APRENDER A USAR CORRECTAMENTE LAS MANOS

Desde un inicio se educara, para que el niño realice las actividades planteadas con la mano que sea especificada dependiendo del caso, con el fin de evitar malos hábitos de alternancia de estas, lo que se logra a través de actividades como punzado, manipulación con cada una de las manos en específico [26].

2.7.3 CONOCER LA CELDA BASE DEL SISTEMA BRAILLE

Existen un sin número de ejercicios y materiales con los que se puede trabajar con la finalidad de que los alumnos conozcan y se familiaricen con la celda Braille y cada uno de los 6 puntos que la conforman, con la finalidad de lograr las tareas enumeradas a continuación [26].

- 1) Reconocer la estructura de dos filas de tres elementos (6 en total).
- 2) Localizar en el espacio de cada uno de estos elementos (puntos).
- 3) Identificar de cada punto con un número, del 1 al 6.

2.7.4 INICIO DEL APRENDIZAJE DE LECTURA Y ESCRITURA EN BRAILLE

Después de que el niño no vidente ha hecho varios ejercicios con la celda Braille y los puntos de esta, puede ya identificarlos y ubicarlos es momento de continuar con el proceso de aprendizaje con diferentes tareas guiadas. Y proponer varios ejercicios siguiendo siempre el mismo orden, lo que ayuda al niño a enfocarse de mejor manera en las tareas [26].

- 1) Escritura de una palabra (de menor a mayor dificultad) utilizando diferentes elementos.
- 2) Lectura de la palabra escrita.
- 3) Dar su significado y relacionarla.
- 4) Escribirla nuevamente después de un espacio.
- 5) Quitar los elementos cuando haya terminado.

A continuación se muestra un ejemplo [26], de cómo se debe realizar e indicar cada una de estas tareas al niño. Instrucciones para el trabajo del niño, es importante que cuando haya realizado cada actividad, el tutor le diga “muy bien” o “buen trabajo”, esto ayudara y motivara al niño.

- “Coloca un clavo en el punto 1 del primer cajetín”
- “En el siguiente cajetín escribe los puntos 1, 2 y 3”
- “En el siguiente cajetín escribe el punto 1”

Inicialmente la lectura deberá ser guiada, el tutor deberá guiar los dedos índices de sus manos para que toquen cada letra, a la vez que en voz alta se lee: “a”, “l”, “a”; “aquí dice ala”, repitiéndolo varias veces al analizar cada una de las celdas .

Se deberá preguntar al niño, “¿Qué es un ala?”, “¿Para qué sirve?”, “¿Quiénes tienen alas?”, en su mayoría los elementos deberán poder ser relacionadas con objetos al tacto u olores, para que tengan significado para ellos.

Con el fin de explicar que entre cada palabra se deja un espacio, es decir un carácter o celda vacía, se le pide que deje un espacio y vuelva a escribir la misma palabra, las veces que se considere oportuno.

2.7.5 INTRODUCCIÓN DE LAS LETRAS MAYÚSCULAS

Cuando el niño haya cumplido con el aprendizaje de las primeras letras será introducido, el símbolo de representación de mayúsculas, además se incluirá en su aprendizaje paulatinamente el nombre de personas [26].

Se le indicara que los puntos cuatro y seis ayudan a representar su nombre, si son incluidos antes de este, por ejemplo.

- “Todos los nombres de persona se escriben poniendo delante siempre los puntos 4 y 6, de esta se distinguen los nombres de persona de las demás palabras” [26].

2.7.6 VOCALES ACENTUADAS

El momento indicado para enseñarlas queda a reflexión del educador, pero es conveniente que primero se conozcan todas las vocales sin acento ortográfico.

2.7.7 SIGNOS DE PUNTUACIÓN

Conocidos todos los caracteres para la escritura de números y letras, serán indicados los signos de puntuación más usados, es importante que los empiecen a usar en sus dictados.

2.7.8 LOS NUMEROS

Los números deben ser indicados una vez que se hayan aprendido las 10 primeras letras, con las que también son representados los números, e indicar el símbolo con el que se representa un número, junto con dictados y lectura de estos.

2.7.9 LECTURA Y ESCRITURA EN PAPEL

Para escritura en papel y su lectura, no es necesario esperar a que el niño conozca todas las palabras en general, se la puede empezar a aplicar con el aprendizaje de las primeras palabras. [26].

Regularidad: Inicialmente se deben aplicar sesiones que no sean extensas, lo que podría llegar a cansar al niño, lo importante es tener la regularidad adecuada, se puede empezar con periodos muy cortos de enseñanza y aumentarlos paulatinamente con el desarrollo [26].

Posición de las manos: Las manos deberán estar relajadas y no realizar movimientos bruscos, es importante que estén ubicadas de forma conjunta, el movimiento y presión no deberá ser brusco para evitar daños en los símbolos de representación en relieve [26].

Movimiento de las manos: El movimiento es desde la izquierda hacia la derecha, evitando movimientos verticales de los dedos para identificar las letras y procurando una lectura en la que se usen ambas manos [26].

Cambio de línea: El aprendizaje de la técnica correcta, es muy importante para lograr una mayor velocidad de lectura, obviamente si afecta el porcentaje de entendimiento [26].

Posición del cuerpo: El niño deberá sentarse de la forma correcta, a una distancia adecuada de la mesa, de forma derecha, sin ninguna encorvadura y sus manos deben ubicarse sobre ella. [26].

Posición del papel: El plano del papel ha de ser perpendicular al cuerpo.

2.7.10 ESCRITURA EN PAUTA

Luego de haber aprendido, la simbología Braille y como debe ser la postura tanto para la lectura como la escritura Braille, se procederá a escribir letras y palabras mediante un punzón, presionándolo sobre el papel, al reverso de este, comenzando por la primera celda derecha, indicando que las columnas de las letras deben ser escritas en espejo, de forma intercambiada, lo que al dar la vuelta la hoja permite que sean leídas.

2.7.11 ESCRITURA A MÁQUINA.

La manera más rápida, y fácil de embarcar tanto la escritura como la lectura Braille, es mediante el uso de la máquina, que brinda características como [26]:

- Los puntos representados, no tienen variaciones, unos con otros, lo que recae en una buena calidad y ubicación.
- Permite realizar la lectura rápidamente mientras se escribe.
- Evita el doble trabajo de tener que escribir en espejo de las letras.
- Ejecuta la escritura de carácter en carácter, más no punto a punto.

CAPÍTULO 3: PROTOTIPO DE ENSEÑANZA Y APLICACIÓN

Una vez abordados los temas necesarios para el conocimiento, de cómo es la estructura y como es desarrollada la comunicación usando el sistema Braille, de forma conjunta con la investigación de cómo es realizada la instrucción de este método de comunicación en las diferentes instituciones especializadas en esta área. Se diseña un prototipo para la enseñanza y aplicación del lenguaje Braille, tanto software como hardware, de forma vinculada con la Unidad Educativa, la investigación y diseño de todos los elementos necesarios para el mismo se detallan en este capítulo, al igual que el procedimiento utilizado.

3.1 DISEÑO DEL PROTOTIPO

Con la finalidad de poner en ejecución la idea propuesta y teniendo en cuenta, que un prototipo es el primer ejemplar de un producto, del cual también a futuro podrían partir otros productos, obteniendo cambios, variaciones, opiniones o nuevas necesidades. Para la realización del prototipo, se ejecuta el plan de diseño mostrado a continuación, en el están todas las etapas correspondientes al desarrollo técnico, mientras que las etapas de experimentación se mostraran capítulo 4. Cabe recalcar que el prototipo cumple con funciones extras a las que fueron presentadas, debido a observaciones y consultas sobre la ayuda que podría brindar, de contar con las mismas, estas también son indicadas a continuación.

3.1.1 CONSULTAS E INVESTIGACIÓN

Luego de haber definido el proyecto, en que se enfocara y hacia quien va dirigido, primeramente se acude a personas especializadas en el tema para realizar consultas con la finalidad de conocer necesidades que se puedan pasar por alto. Lo que se realizo es visitar la Unidad Educativa “Claudio Neira Garzón”, en donde anteriormente ya fue planteado el proyecto, para llevar a cabo el trabajo, que consiste en conocer a los docentes y a los alumnos con los cuales se trabajara en la ejecución del proyecto. Las consultas del proyecto se realizaron específicamente a la docente Ana Lucia Cabrera, quien está encargada del primer año de educación básica, con dos alumnos a su cargo, con los que se habló, realizo consultas y serán realizadas las pruebas de validación y evaluación del funcionamiento del prototipo y la socialización del proyecto.

a) Encuesta presentada a la docente encargada:

Inicialmente, previa a la socialización del prototipo y sus funcionalidades, fue presentada la siguiente encuesta, a la docente encargada, la misma que se puede encontrar en el *Anexo H: Fichas y Tablas*, con la finalidad de obtener su opinión, sobre cómo debe ser la ayuda brindada por el prototipo, al aprendizaje del lenguaje Braille y que funciones debe tener este para su beneficio. La encuesta se realiza a la docente y con su ayuda también se presenta a los alumnos con los que se trabaja a lo largo del proyecto y son los beneficiarios del mismo, ya que se entregara el prototipo a ellos para que sea usado en su proceso de aprendizaje.



Figura 3. 1: Encuesta de investigación de necesidades y expectativas.

b) Resultados de la encuesta inicial planteada:

Con la aplicación de la encuesta, tratando el tema de las necesidades y expectativas hacia la propuesta del prototipo de ayuda para el lenguaje Braille, a las personas ya mencionadas, con quienes se trabajó en la Unidad Educativa, se obtuvo un gran porcentaje de aceptación sobre las ideas presentadas para el prototipo, además de obtener nuevas ideas por parte de los colaboradores para añadirlas al mismo, los resultados son detallados más a fondo a continuación.

- Las personas con las que se trabajara para la prueba y validación del prototipo anteriormente ya habían trabajado en proyectos similares enfocados en la práctica, escritura y juegos para aprender Braille.
- A su vez también concuerdan que los prototipos deberían ser diseñados con una fuente de alimentación autónoma, con un tamaño de fácil manipulación como los elementos electrónicos de la actualidad.
- Las encuestas también reflejan el interés, de que el prototipo cuente con funciones que no solo sean para el aprendizaje, sino también en la aplicación y ayuda como reloj, calculadora, teclado de computadora, entre otras.
- Las personas encuestadas concuerdan, que para que el prototipo tenga la aceptación necesaria, deberá tener un precio razonable, que no tienen la mayoría de proyectos, además de la propuesta de que el prototipo pueda contar con nuevas actualizaciones y aplicaciones cada cierto tiempo.
- Como punto final también se obtienen comentarios, que las universidades y grupos de investigación deberían seguir trabajando en estos tipos de proyectos, buscando que sean beneficiadas ambas partes.

3.1.2 CONCEPTUALIZACIÓN

Con la idea base presentada para la realización del trabajo de titulación, las ideas para el proyecto propuestas a la Unidad Educativa y las opiniones receptadas tanto en la encuesta como en las reuniones con los docentes encargados en un inicio, y específicamente con la docente del primer año de básica, se obtuvo varios propósitos generales con las que se desarrolló el prototipo.

- a) **Problema:** La necesidad a tratar, es la falta de propuestas de proyectos para la ayuda del aprendizaje y aplicación del lenguaje Braille, enfocados para ambientes educativos, o en su defecto que proyectos son probados o socializados pero no son facilitados a las Unidades Educativas debido a altos costos que implica para sus desarrolladores. Además que en la mayoría de casos los prototipos no van más allá de solo la enseñanza del lenguaje Braille.
- b) **Análisis:** A partir de la recepción de los problemas, más las ideas iniciales del proyecto se analizaron los siguientes factores:
- Facilidad de utilización del prototipo.
 - Costo accesible.
 - Beneficio para la Unidad Educativa.
 - Edades a las que va dirigido el prototipo.
 - Aplicaciones en Braille.
 - Funcionalidades extras a las del aprendizaje.
- c) **Propuesta:** Con el análisis realizado y las opiniones receptadas, se plantea las siguientes propuestas iniciales y soluciones.
- El prototipo diseñado será entregado a la Unidad Educativa, para su uso y aplicación en la enseñanza del lenguaje Braille.
 - Además de las propuestas en la ayuda en la enseñanza, el prototipo contara con funciones de aplicación del Braille, como por ejemplo, uso como teclado de computadora, como reloj o como calculadora básica.

El prototipo podrá tener actualizaciones a futuro con la finalidad de contar con nuevas funciones y mejoras.

3.2 ALCANCES DE SOFTWARE Y HARDWARE

Con el bosquejo de la idea del prototipo, para posteriormente proceder al diseño digital y finalmente al diseño físico, se enumeran las capacidades mínimas que tendrá el prototipo final, a partir de estas podrán ser agregadas más capacidades, observando su desarrollo y su validación con las pruebas realizadas, obteniendo futuras necesidades.

Los alcances que son enlistados tanto en software como en hardware, son las funcionalidades que se busca obtener al final del desarrollo y al mismo tiempo serán las pautas para una aprobación de funcionamiento. Cada una de estas capacidades son los delimitantes para verificar un correcto desempeño, ya que las opiniones que fueron abarcadas para el prototipo, partieron de los usuarios finales, encuestados sobre sus expectativas, a más de las ideas iniciales para el proyecto ya poseídas al inicio del mismo.

3.2.1 ALCANCES DE SOFTWARE

Primero se indican las capacidades logradas mediante la programación, en secciones posteriores se podrá observar el proceso de desarrollo de las mismas. A lo largo del trabajo de programación se tomaron en cuenta también nuevas consideraciones, para evitar fallas en el avance del proyecto y en sus etapas de prueba finales.

- Seis funciones/servicios generales, enseñanza, practica, reloj, teclado, calculadora básica, música.
- 30 Niveles de volumen a elección del usuario.
- Anti rebote y evasión de selecciones múltiples por pulsos prolongados para cada pulsante.
- Generación de números aleatorios sin repetición en una vuelta.
- Reproducciones sonoras para cada acción.
- Diferentes formas de ingreso de datos acoplable a cada usuario.
- Diferenciación entre números, mayúscula y minúscula sin necesidad de signo predecesor.
- Reproducción de fecha y hora actual en formato de 12 horas.
- Funciones de escritura de un gran número de letras, caracteres y palabras.

- Recordatorios de la forma en que se realiza la escritura de caracteres en Braille.
- Conexión USB simple probada con diferentes ordenadores.

3.2.2 ALCANCES DE HARDWARE

Alcances, logrados mediante el uso de los elementos, específicamente de hardware, que forman parte del circuito electrónico general.

- Dos vías de reproducción:
 - Reproducción por altavoz 8 ohmios y 0.5 vatios.
 - Reproducción por audífonos.
- Fuente de alimentación independiente, batería de litio 3.7V y 2000mAh.
- Capacidad para memorias SD de hasta 32 Gb.
- Conexión USB tipo B para carga y comunicación.
- Botones tipo gatillo para facilitar la escritura.
- Armazón resistente de 3 mm de espesor.
- Pulsantes de 12x12 mm para mayor ubicación.
- Batería tipo CR2032 para mantener hora en el reloj.
- Duración de la batería en uso pleno de 24 horas.
- Duración de la batería en reposo de 48 horas.
- Placas separadas según su función, facilitando su arreglo y reposición.

3.3 DESCRIPCIÓN Y PRESENTACIÓN DEL SOFTWARE

3.3.1 MODO 1: APRENDIZAJE

Con la finalidad de que las funciones presentes en el prototipo vayan acorde y sistemáticamente al proceso de formación, el primer modo será para el aprendizaje del lenguaje Braille y también recordatorio de cómo están formadas las letras y números en Braille, en caso de olvido de la constitución de las mismas.

Este modo lleva consigo un subproceso, mediante un submenú de selección que indicara al usuario:

Signo Generador: Indicaciones de como es y como está estructurado el signo generador Braille, y la ubicación de cada uno de sus puntos mediante peticiones de accionamiento de forma individual, parejas y en grupos de puntos.

Presentación de Letras: Segundo paso, una vez conocido el signo generador, son indicados que puntos deben ser accionados, dependiendo si se trabaja en modo escritura (puntos a punzar) o modo lectura (puntos en relieve), para representar cada una de las letras del abecedario en orden de la a hasta la z.

Presentación de Números: Finalmente, se indica cual es la forma de representar los números del 0 al 9 en Braille, inicialmente se indica el símbolo de representación de números y se procede a utilizarlos junto con los símbolos de las letras de la a hasta la j, los que se precedidos del símbolo de número representan los números mencionados.

3.3.2 MODO 2: PRÁCTICA

Continuando con el proceso analizado para la formación, con la ayuda del prototipo, ahora se evalúan los conocimientos obtenidos en el modo 1, mediante una serie de peticiones tipo juego tanto para escritura como lectura.

Escritura de letras: Ingreso de cada uno de las letras representadas en Braille, mediante los botones principales que simulan el signo generador, primero en orden y después aleatoriamente.

Escritura de iniciales: Ingreso de iniciales de palabras, de nombres de personas, animales o cosas, una vez indicada la palabra o en su defecto el sonido para casos de animales.

Escritura de palabras: Escritura de palabras completas carácter a carácter, indicando la palabra o en su defecto el nombre mediante el sonido en casos de animales.

3.3.3 MODO 3: TECLADO

Aprendido como escribir y como se realiza la lectura manual en Braille, se procede a realizar el uso del prototipo como un teclado de computadora, pudiendo con este, escribir textos en el ordenador, realizar la búsqueda de audios, canciones o textos con aplicaciones de auto lectura, y también poder redactar correos y mensajes por las diferentes redes sociales presentes en la actualidad.

3.3.4 MODO 4: CALCULADORA

Sirve de ayuda a las personas que tienen discapacidad visual a realizar operaciones básicas utilizando el prototipo como una calculadora, estos deben ingresar los dos números y la operación a realizar, con ayuda de los botones principales que representan el signo generador.

3.3.5 MODO 5: RELOJ

Como parte fundamental de la idea de aplicaciones de ayuda a las personas que tienen discapacidad visual, mediante este modo el prototipo integra la presentación de la hora y la fecha actual mediante indicaciones sonoras en el momento que el usuario realiza la consulta tanto de la hora como la fecha.

El complemento general, del desarrollo, códigos, funcionalidades, entre otros puntos son indicados de forma más amplia en el **ANEXO B: DETALLE DE DESARROLLO DEL SOFTWARE**, en donde se tratan temas referentes a la programación (software), del prototipo en general, así como de cada uno de sus modos y funciones encargadas de actividades específicas como por ejemplo la presentación de indicaciones sonoras mediante el módulo de reproducción MP3.

3.4 ELEMENTOS Y CIRCUITO ELECTRÓNICO

En la figura 3.3, se puede observar un diagrama esquemático de la estructura del sistema, en donde se detalla los elementos que forman parte del dispositivo y que son necesarios para su funcionamiento, dividido dependiendo de las funciones de cada uno. Conjuntamente se detallan también modificaciones realizadas a la idea inicial y elementos que fueron modificados por distintos factores como facilidad, tamaño y reducción de espacio a la hora de obtener el prototipo final.

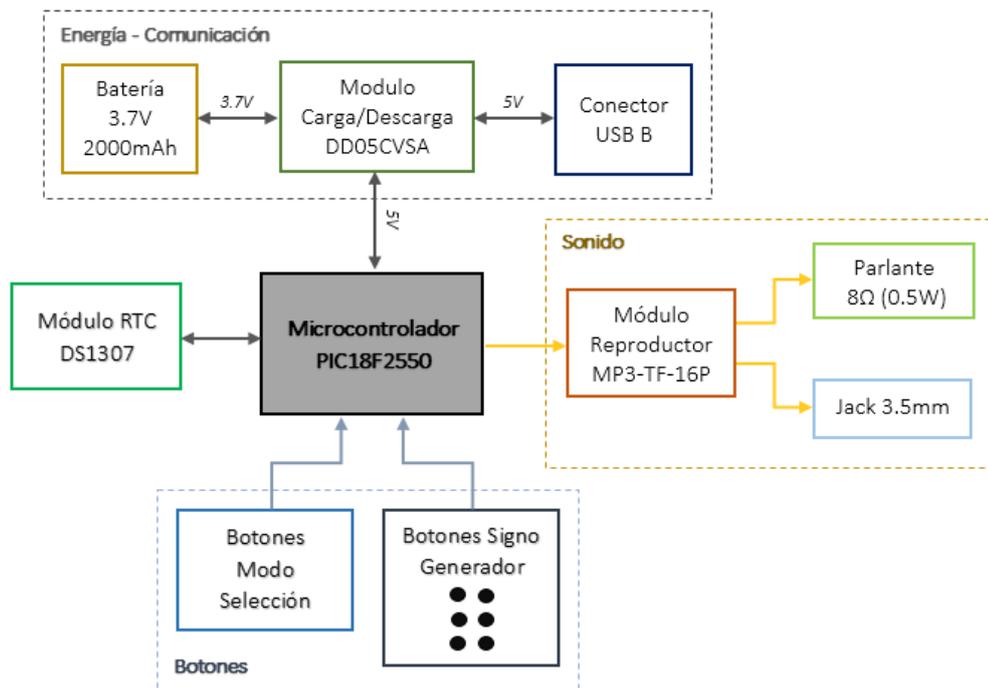


Figura 3. 2: Esquema de elementos electrónicos del prototipo.

En el diagrama presentado en la figura 3.3, se muestran los componentes electrónicos con los que está constituido el prototipo, estos elementos están agrupados según la función que desempeñan; y por ende separados en 4 grupos:

Energía-Comunicación: El primer grupo conformado por los elementos encargados de las funciones de energía como lo son la batería, conectores y elementos para la carga, regulación y la conexión del dispositivo con la computadora.

Principal: El grupo 2 lo conforma el microcontrolador PIC18F2550, elemento principal del circuito y también el integrado ds1307 junto con los elementos auxiliares para la composición del módulo de reloj en tiempo real RTC.

Los dos últimos grupos se encargan de la interacción del prototipo con el usuario, son elementos de entrada y de salida de información:

Botones: El tercer grupo lo conforman elementos de ingreso de información como los botones principales que representan el signo generador y los botones auxiliares para la selección de modos de uso y control de volumen.

Sonido: Finalmente el cuarto grupo se encarga de la presentación de indicaciones sonoras a los usuarios en cada instante, conformado por el módulo de reproducción MP3-TF-19P, un parlante de menos de 3W ($8\Omega / 0.5W$) y el conector de 3.5mm tipo hembra para la conexión de auriculares.

En la figura 3.4, se muestra el diagrama de conexión (circuito electrónico) final, junto con las conexiones dadas entre estos elementos y su interacción en conjunto.

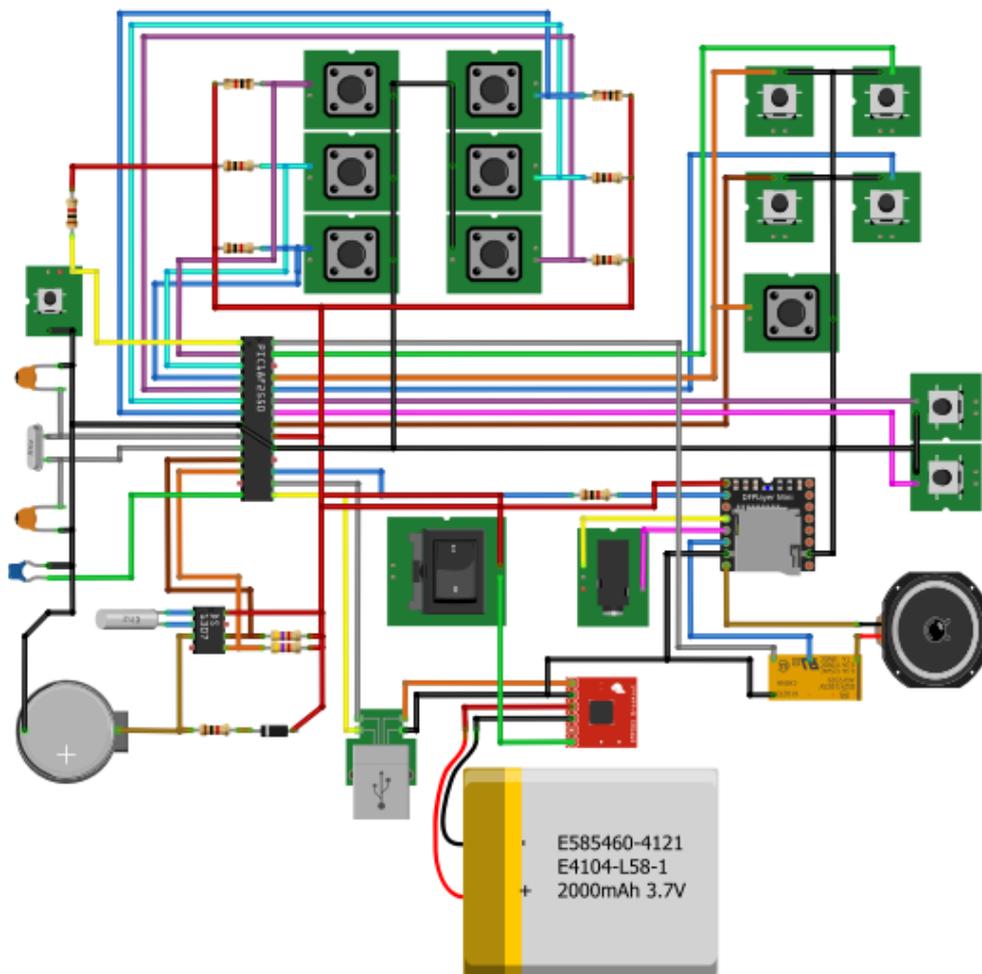


Figura 3. 3: Diagrama de conexión electrónica del prototipo de aprendizaje y aplicación Braille

A continuación se exponen los elementos usados para el circuito electrónico del prototipo, en orden de importancia, se presentan las características relevantes en aporte para el prototipo y la justificación del porque fueron seleccionados con respecto a los diferentes elementos con las mismas funcionalidades presentes en el mercado. Así también es expuesta información más detallada de cada uno de estos elementos en el **ANEXO C: DETALLE DE ELEMENTOS Y CIRCUITO**, al final del documento, en donde se puede encontrar, información dimensional de los elementos, esquemas de conexión, especificaciones técnicas, referencia sobre pines de conexión y características de funcionamiento extras a las que serán abordadas en esta sección.

3.4.1 MICROCONTROLADOR PIC18F2550

a) Características relevantes para el proyecto:

El PIC18F2550 mostrado en la figura 3.5, es un microcontrolador de la gama media alta de Microchip, con 28 pines en total de los cuales 24 pines son de entrada/salida, su característica principal es que cuenta con módulo USB para la comunicación directa con una computadora [27].

El microcontrolador es ideal tanto para aplicaciones de baja potencia como para conectividad, ya que dispone de tres puertos serie: FS-USB de 12 Mbit/s, I2C y SPI de hasta 10 Mbit/s cada uno.



Figura 3. 4: Microcontrolador PIC18F2550 [28].

b) Justificación de su uso y comparación:

Para la implementación del prototipo fue analizado el tipo de microcontrolador que sería utilizado, el proyecto fue realizado inicialmente con Arduino, pero finalmente efectuado usando PIC; en si su funcionamiento no mostro diferencias técnicas en su primera fase, lo primordial era usar un microcontrolador lo más pequeño posible por lo que se comparó inicialmente un Arduino Pro Mini, con un PIC de la familia 16 de Microchip, con pruebas con ambos dispositivos.

Una vez que se añadieron más aplicaciones al funcionamiento del prototipo estos microcontroladores quedaban obsoletos de una u otra manera; por parte de Arduino las placas ya diseñadas de forma estándar no daban libertad al diseño, por otra parte al necesitar más de 1 puerto de comunicación serial serían necesarias placas de mayor tamaño; por lo que se procedió a elegir el microcontrolador PIC18F4550 ya que está diseñado especialmente para la comunicación USB, cuenta con los puertos necesarios para las funciones del prototipo, además de un tamaño aceptable y con un alto beneficio a la hora de realizar la programación.

Buscando un diseño para el armazón del prototipo de un tamaño aceptable y tarjetas electrónicas que quepan dentro del mismo se buscaron otras opciones para el microcontrolador pero dentro de la gama de Microchip, optando finalmente por usar el PIC18F2550, con capacidades similares a su antecesor, pero con la ventaja de que su tamaño era menor, esto ayudo además a no tener pines extras sin usar como era el caso con el uso del PIC18F4550. En la tabla C.1 del Apéndice C, se puede observar la comparación de medidas entre los dos microcontroladores en cuestión, su relación es de 3 a 1 en cuanto a la comparación de tamaño, es decir que se utiliza un PIC 3 veces más pequeño lo que reducirá tamaños a nivel general del prototipo.

3.4.2 MODULO MP3-TP-16P

Debido a la necesidad de que el prototipo exponga todas sus indicaciones de forma sonora se procede a analizar varias formas para realizar la reproducción audio, de manera especial con dos módulos que funcionan de manera exacta y son homólogos, variando solamente en su nombre y costo, los cuales son el módulo DFPlayer mini y el módulo MP3-TP-16P mostrado en la figura 3.6, ambos con la capacidad de reproducir archivos de sonido en formato MP3.

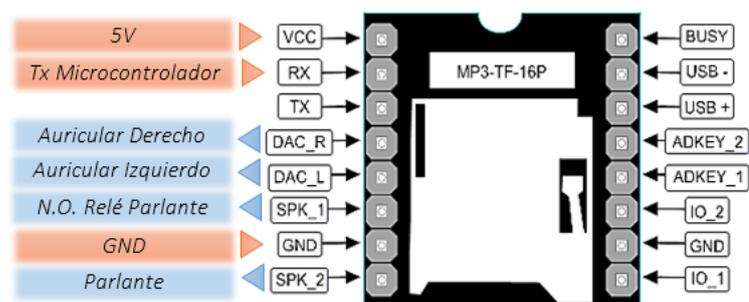


Figura 3. 5: Disposición pines del módulo reproductor MP3-TF-16P.

a) Características relevantes para el proyecto:

- Soporta decodificación MP3 y WMV.
- Compatible con tarjeta TF con soporte máximo de 32 GB.
- Amplificador incorporado de 3W.
- Admite hasta 100 carpetas, cada una con hasta 1000 canciones

b) Justificación de su uso y comparación:

Para la selección de este módulo, se realiza el enfoque en 2 campos el económico y el técnico, priorizando el fácil manejo del módulo elegido con sus competidores, además de su tamaño. En la tabla C.2 del Apéndice C, se muestran las especificaciones técnicas del módulo MP3-TP-16P y los esquemas de conexión usados específicamente para este prototipo.

En el mercado existen diversos módulos que nos permiten reproducir audio, dentro de estos se encuentran los módulos DF Player Mini y MP3-TF-16P, que varían solo en su nombre, su aspecto y funcionalidad es la misma, para el diseño fueron probados ambos módulos dando los mismos resultados, pero escogiendo el módulo MP3-TF-16P por factores económicos. Inicialmente se usaron las librerías proporcionadas para Arduino ya que se trabajaba con este microcontrolador, pero finalmente al trabajar con PIC y para evitar fallas que al ser una librería para Arduino o adaptada podrían presentarse, se realiza el estudio de cómo es el envío de peticiones entre el módulo y el microcontrolador, y así realizado un código propio para su control desde el microcontrolador.

3.4.3 RELOJ DE TIEMPO REAL DS1307

Examinando otros modos de ayuda a los usuarios que solamente la enseñanza y práctica del lenguaje Braille; se agrega la opción de presentar la hora de manera sonora a su usuario cada vez que este lo desee, usando el integrado DS1307, útil para aplicaciones donde se busca preservar la fecha y hora, su comunicación con el microcontrolador es realizada utilizando el bus I2C. En el mercado hay disponibles varios módulos que se encargan de realizar este trabajo, estando ya diseñados y listos para ser solamente enlazados a un microcontrolador pero con dimensiones de 30x30x10mm, lo que no beneficia al prototipo.

a) Características relevantes para el proyecto:

- Reloj de tiempo real, conteo de horas, minutos y segundos.
- Conteo de fecha, mes y año con compensación de años bisiestos hasta el año 2100.
- Circuitos internos para la alimentación automática de respaldo.
- Solamente 8 pines como se puede observar en la figura 3.7.

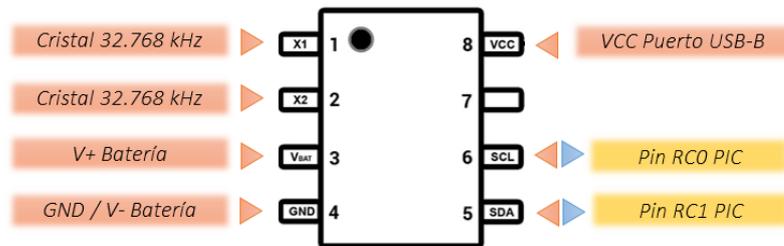


Figura 3. 6: Disposición de Pines DS1307.

b) Justificación y esquema de conexión:

Debido al gran tamaño que ocupa un módulo final, al integrarlo al resto del circuito, obligando a que el tamaño del prototipo crezca, además de su alto costo al adquirir un módulo armado, se procede a mediante investigación obtener el circuito de funcionamiento e integrarlo a la placa madre del prototipo como una sola y no el modulo por separado. El esquema es mostrado en la figura 3.8, en donde al final ya solo se contara con dos pines de conexión con el microcontrolador, esto será integrado a la placa madre final.

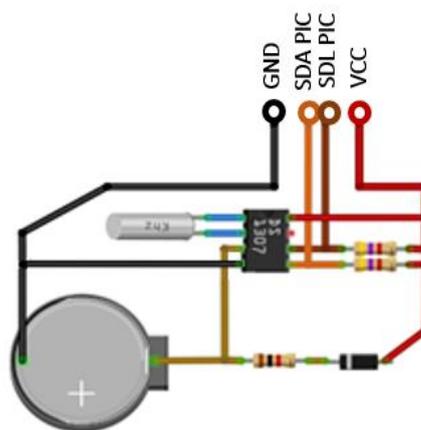


Figura 3. 7: Circuito de funcionamiento y comunicación DS1307.

3.4.4 PLACA CARGADOR / DESCARGA / ELEVADOR Y BATER

Para que el prototipo pueda ser independiente y portable, es decir que no necesite de una conexión permanente a la energía eléctrica mediante un enchufe, se realiza a la búsqueda de módulos que permitieran realizarlo.

La placa debe tener dos funciones, la primera reducir el voltaje para la carga de una batería de litio desde el voltaje proporcionado mediante conexión USB que es de 5 voltios hasta 3.7 voltios, y también elevar el voltaje desde los 3.7 voltios proporcionados por la batería hasta los 5 voltios para alimentar los circuitos y elementos del prototipo. En la figura 3.9 se observa la placa que fue seleccionada.

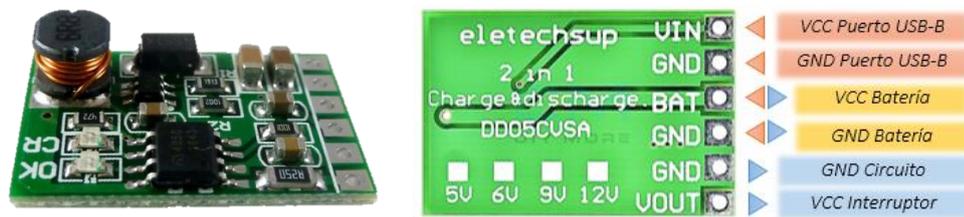


Figura 3. 8: Módulo de carga y descarga DD05CVSA y esquema de conexión.

a) Justificación:

La principal diferencia entre la placa seleccionada y las existentes en el mercado, es que en su mayoría estas realizan solo una de las funcionalidades mencionadas, reducción o elevación por lo que de seleccionarlas se tendrían que usar dos placas en vez de una. En el mercado existe el módulo DD05CVSA que realiza las 2 funciones, además de tener un tamaño reducido necesario para el prototipo, es por eso que este fue seleccionado para la alimentación del prototipo. En la figura 3.9 y C.7 observa como es la conexión de cada uno de los pines de la placa electrónica, el ingreso es tomado de la conexión con la computadora y su salida alimenta los elementos del prototipo.

b) Batería de polímero de litio RS:

La manera principalmente aconsejada y utilizada para una fuente de alimentación autónoma y estable de un proyecto que requiera suministro de energía de larga duración y movilidad, es usar una batería de polímero de litio recargable mostrada en la figura 3.10 junto con sus medidas, estas proporcionan mayor cantidad

de energía que las baterías de litio estándar, son de diseño plano y al ser muy delgadas y ligeras se utilizan en aplicaciones en las que el peso es un problema.

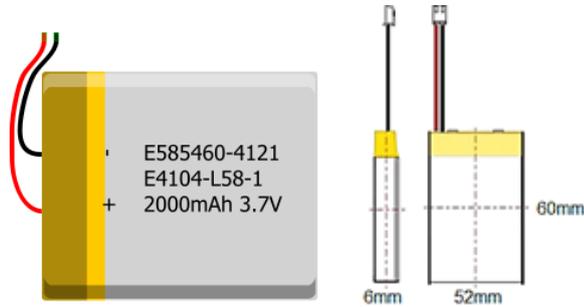


Figura 3. 9: Batería de polímero de litio 3.7V y 2000mAh [32].

3.4.5 BOTONES

Para que los usuarios que utilicen el prototipo sean capaces de cumplir las tareas presentadas en cada modo de aplicación, seguir órdenes, ejecutar acciones, representar caracteres y escribir palabras, se cuenta con la ayuda de varios pulsantes divididos en 2 tipos.

a) Interruptor táctil Omron 12x12mm:

En la superficie superior están ubicados 7 pulsantes considerados los principales, mediante 6 estos se podrán representar todos los caracteres en Braille y así también escribir palabras letra por letra, estos pulsantes fueron seleccionados por ser de un tamaño considerable pudiendo ser fácilmente ubicados y utilizados además de ser considerados de larga duración y alta confiabilidad, mostrado en la figura C.8, en el Apéndice C, en donde se detallada sus dimensiones, vistas y conexiones internas.

b) Interruptor táctil Omron 6x6mm:

Pulsantes que cumplirán las funciones de selección del modo dentro de las aplicaciones que puede realizar el prototipo, además de subir o bajar el volumen de reproducción, el tamaño de estos es reducido con la finalidad que se puedan diferenciar con los pulsantes principales, el largo del pulsador de 9.5mm, que fue escogido debido a la distancia entre la placa y la carcasa, con la necesidad de que sobresalga a esta, ver figura C.8, en el Apéndice C.

3.5 DESARROLLO DE TARJETAS ELECTRONICAS

Con la finalidad de comprobar que el desempeño de sus elementos electrónicos sea el correcto, tanto por separado como su desempeño trabajando conjuntamente según lo programado, el circuito fue armado inicialmente en un Protoboard en donde se realizaron todas las pruebas y modificaciones convenientes.

Se diseñó de las tarjetas electrónicas partiendo del circuito presentado en la figura 3.4. Debido a la distribución de los elementos dentro del armazón y buscando que este sea lo más pequeño posible, se procede a dividir el circuito total en tres placas principales y 2 complementarias, 5 en total las cuales serán indicadas a continuación, así como su proceso de diseño y armado; para este caso también se podrá encontrar información más detallada del diseño de cada tarjeta electrónica en el **ANEXO D: DETALLE DESARROLLO DE TARJETAS ELECTRÓNICAS**, al final del documento.

3.5.1 TARJETA ELECTRÓNICA PRINCIPAL

En la tarjeta electrónica principal, mediante la separación de elementos explicada ya, están ubicados el microcontrolador PIC18F2550 elemento fundamental del circuito, conjuntamente con el cristal de cuarzo de 20MHz y los condensadores necesarios para su funcionamiento y para la conexión USB. En esta tarjeta también se encuentra el circuito del reloj de tiempo real explicado anteriormente, compuesto por el integrado ds1307, un cristal de 32.768 Hz y una pila tipo CR2032 de 3 voltios, como elementos indispensables, además de los conectores necesarios para la comunicación con las demás tarjetas electrónicas.

La forma que fue dada a la tarjeta electrónica dependió del armazón, buscando que el tamaño del mismo no sea exagerado; el circuito electrónico, lista de elementos y el aspecto que tendrá la tarjeta electrónica luego de su diseño, se detallan en la sección *D.1 Tarjeta Electrónica Principal* del apéndice D. La tarjeta electrónica principal fue desarrollada de forma física en placas de fibra de vidrio de 1.6 mm de espesor, para finalmente soldar los componentes en ella, obteniendo un resultado final como el mostrado en la figura 3.11.

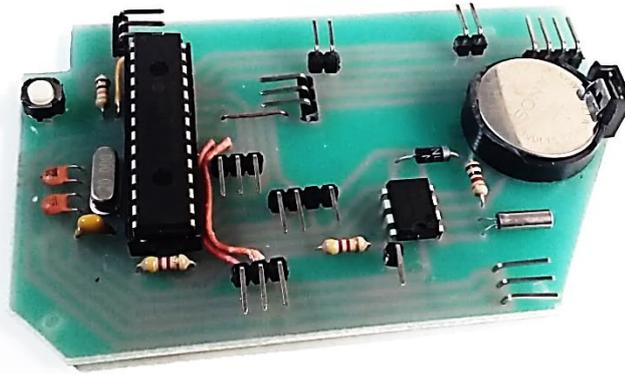


Figura 3. 10: Armado completo de la tarjeta electrónica principal.

3.5.2 TARJETA ELECTRÓNICA DE PULSANTES

Tarjeta electrónica importante en el ámbito de la comunicación entre el usuario y el prototipo, ya que por medio de esta serán enviados los comandos y ejecutadas las acciones para la práctica y aplicación del lenguaje Braille. Cada uno de los elementos usados, fueron pensados para la comodidad y fácil predicción de su ubicación por el usuario al momento de requerir accionarlos para el mando de órdenes y caracteres.

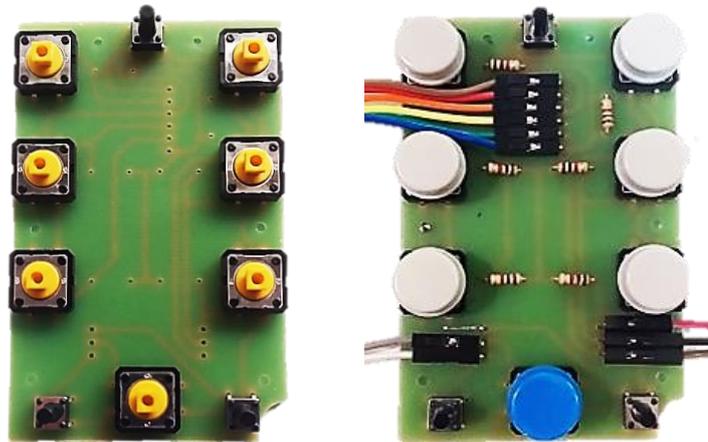


Figura 3. 11: Armado completo de la tarjeta electrónica de pulsantes.

El motivo de la separación de los pulsantes de la tarjeta electrónica principal, se debe a que la altura del microcontrolador PIC18F2550 junto con el sócalo es de aproximadamente 10mm, que en comparación con la altura de 5mm de los pulsantes, provocaría que estos no sobresalgan la carcasa dificultando su accionamiento, su separación se da con la finalidad de que esta tarjeta este desplazada centímetros más arriba para compensar este problema. Esta tarjeta también fue realizada en placas de

fibra de vidrio de 1.6 mm de espesor, en la sección *D.2.* se muestra el circuito de forma esquemática, el aspecto que tendrá la tarjeta electrónica y la ubicación de sus elementos, mientras que en la figura 3.12 se presenta el resultado final del desarrollo de esta tarjeta electrónica.

3.5.3 TARJETA ELECTRÓNICA DE SONIDO

En esta tarjeta electrónica se encuentran ubicados, todos los elementos necesarios para el envío de órdenes sonoras como lo son el módulo MP3-TF-16P, el conector de audio de 3.5mm para audífonos y el opto transistor para controlar el funcionamiento del parlante. Hacia esta tarjeta llegarán las ordenes de transmisión, de encendido o apagado del parlante y de esta saldrán las señales para el funcionamiento de los audífonos y el parlante.

Referente al desarrollo de esta tarjeta electrónica se podrá encontrar información complementaria en la sección *D.3. Tarjeta Electrónica de Sonido*, en el Apéndice D al final del documento; en la figura 3.13, continuación se presenta el resultado final de la tarjeta electrónica de sonido junto con sus elementos y conectores necesarios.

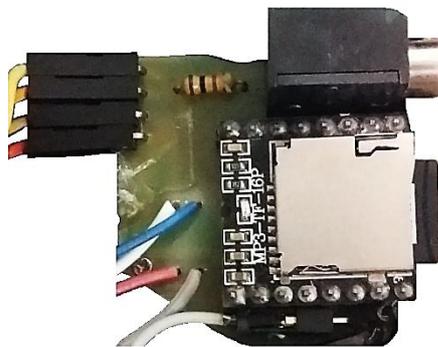


Figura 3. 12: Armado completo de la tarjeta electrónica de sonido.

3.5.4 TARJETAS ELECTRÓNICAS COMPLEMENTARIAS

Además de las tres tarjetas electrónicas primordiales, se cuentan también con dos complementarias que debido a su ubicación no pudieron ser integradas a ninguna de las ya antes mencionadas. Estas son, la primera encargada de la conexión para la comunicación USB del prototipo con una computadora, así como de la alimentación y carga de la batería; y la otra para el control del nivel de volumen.

Características:

- 4 vías disponibles en 1 conector, ver figura 3.14.

1	2	3	4
VCC	Data -	Data +	GND

- Contactos de bronce tipo fosforoso.
- Material aislante: “Fibra de vidrio con poliéster UL 94V-0”.
- Carcasa de acero estañado.

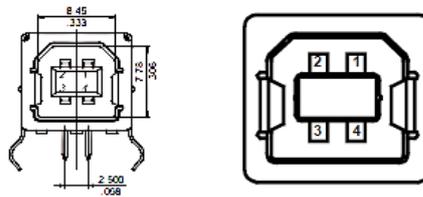


Figura 3. 13: Pines y dimensiones conector hembra USB tipo B.

El proceso y circuitos electrónicos necesarios para el diseño de cada una de las tarjetas electrónicas mencionadas se detallaran más ampliamente en la sección D.4. en el Apéndice D al final del documento, obteniendo los resultados mostrados en la figura 3.15.

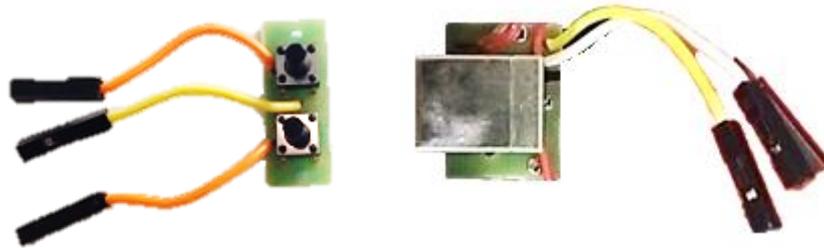


Figura 3. 14: Armado completo de la tarjeta electrónica de volumen y comunicación USB.

3.6 DESARROLLO DEL ARMAZÓN

Con la finalidad de contener y proteger las tarjetas electrónicas, los componentes electrónicos, y tener una correcta repartición de botones, elementos de sonido y conectores a lo largo la estructura, se realiza el diseño de un armazón que cumpla con todas estas especificaciones, que sea de fácil manipulación, con un tamaño no exagerado y cómoda ubicación de sus elementos ante el tacto, facilitando su uso tanto para la práctica, como la escritura Braille.

3.6.1 BOSQUEJO DEL ARMAZÓN

La primera parte del diseño del prototipo, inició con el armazón, de ahí en adelante se acoplaran los demás diseños al tamaño y espacio físico delimitado por esta estructura, teniendo en cuenta diferentes consideraciones, como el tamaño o tipo de elementos a usar. En varias ocasiones se cambiaron elementos que en un principio habían sido considerados, buscando una reducción de espacio, mayor funcionalidad, reducción de costos, entre otros factores. En la figura 3.16, se muestra el primer bosquejo, que fue realizado a mano, en este se encuentran plasmados los elementos y formas de importancia, partiendo de este diseño se realizan los cambios necesarios priorizando una mejor manipulación del prototipo y la distribución de los puntos siguiendo el signo generador Braille.

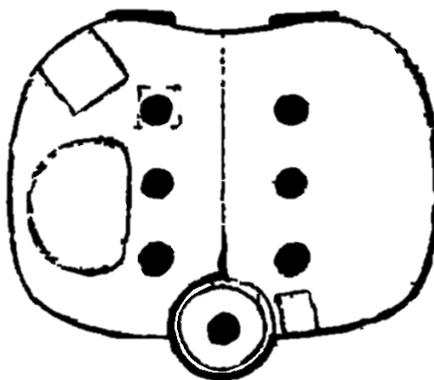


Figura 3. 15: Primer boceto del armazón para el prototipo.

3.6.2 DISEÑO DEL ARMAZÓN VERSIÓN 1

Partiendo del boceto en la sección anterior, se realiza el diseño en computadora, ver figura 3.17 y 3.18, usando AutoCAD e Inventor, para esto se usan las medidas de cada componente que forman parte del prototipo, principalmente la

parte de energía, conformada por la batería de litio de 3.7V y el Charger and Boost DC DC Converter. Al conocer el espacio que ocuparía cada uno de los componentes, se realiza el diseño en dos capas, evitando que el prototipo sea demasiado amplio, beneficiando sus cualidades de ser pequeño, adaptable al trabajo y transporte con las manos.

a) Capa Número 1:

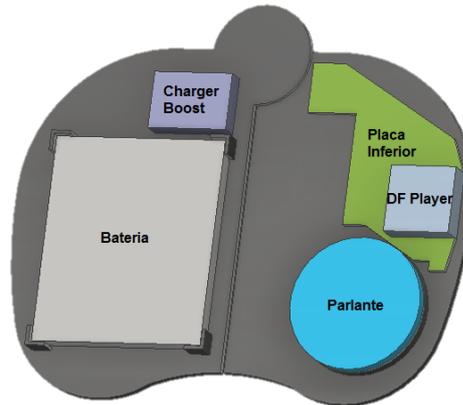


Figura 3. 16: Diseño en tercera dimensión, capa energía y sonido.

b) Capa Número 2:

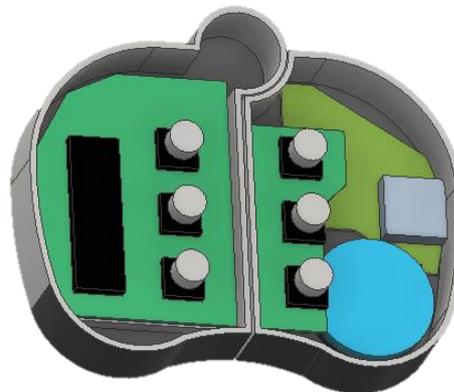


Figura 3. 17: Diseño en tercera dimensión, capa superior, microcontrolador y botones.

c) Diseño general:

Finalmente, en el proceso de diseño del armazón para el prototipo, se realizan correcciones y obtienen las superficies finales de la estructura, en la figura 3.19, se muestra ya el armazón con la tapa superior en donde se puede apreciar ya los agujeros para cada botón además de detalles para mejorar la salida del audio, se observa ya solamente los botones principales, evitando colocar otros botones en esta superficie que causarían confusiones en los usuarios, al guiarse por el tacto.

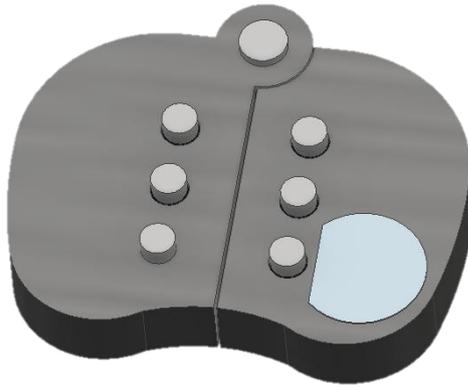


Figura 3. 18: Vista externa en tercera dimensión del armazón completo.

Con el diseño acabado se procedería a darle los detalles finales, como el color, agujeros para tornillos de soporte para los distintos componentes y también para la unión de cada tapa del armazón. Pero debido a variaciones en las funcionalidades del prototipo, a que se agregaron nuevos dispositivos, nuevas entradas, como la de audífonos o control del nivel de volumen, se modifica el armazón buscando que sea más manejable, mejorar la distribución de los botones que ayudara a que la escritura sea más fluida, cuestión que ha sido probada en una fase inicial técnica y que será comprobada por las personas a las que va dirigido el proyecto, en la Unidad Educativa “Claudio Neira”.

Ahora nuevamente se detalla el proceso realizado para el nuevo diseño del armazón, ahora teniendo en cuenta más factores que en un principio se daban por irrelevantes, pero que consultados a los docentes encargados, ayudo a que el diseño ya no sea pensado solo del lado técnico sino también del lado del usuario. Posteriormente se realizara una comparación entre ambos diseños con la finalidad de ver las ventajas que nos presenta este nuevo diseño, con el que se trabajara en todo el proyecto.

3.6.3 DISEÑO FINAL DEL ARMAZÓN DISEÑO FINAL DEL ARMAZÓN

Debido a la consideración de obtener un mejor diseño para el armazón del prototipo, buscar una correcta distribución para los botones auxiliares o de selección que no estaban considerados en el diseño predecesor, se procede a realizar un nuevo diseño ocupando un orden de desarrollo diferente al ya realizado, partiendo desde el diseño de las tarjetas electrónicas, realizado en secciones anteriores, en donde fue analizado el mejor esquema y ubicación de los elementos debido a las pistas y vías de la tarjeta, resultando así en el diseño en tercera dimensión con las medidas

exactas, luego la verificación y posteriormente mediante los planos obtenidos el diseño tanto la tapa superior como la inferior de armazón final, mostradas en la figura 3.20.

a) Nuevo diseño de capa número 1 y 2:

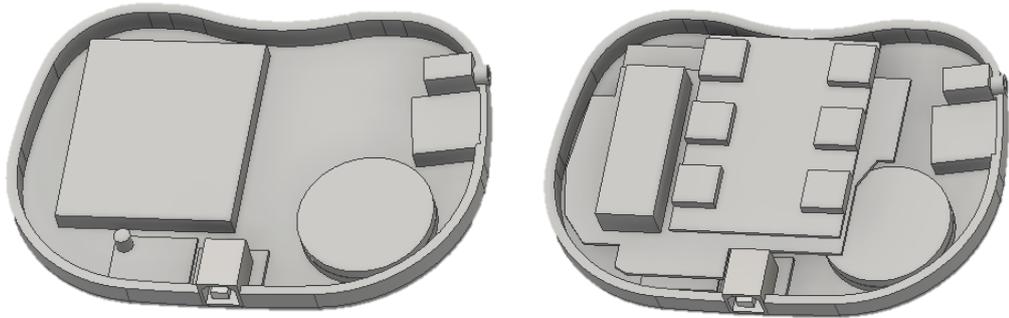


Figura 3. 19: Diseño en tercera dimensión de la capa 1 y 2, armazón versión final.

b) Armazón completo:

Con la ubicación de cada uno de los elementos, dispositivos y tarjetas electrónicas respetando los límites planteados para el armazón y manteniendo una relación y distancia coherente entre estos, se diseñan los lados laterales y el superior también de un espesor de 3 mm al igual que la base.

En la tapa superior están ubicados los agujeros necesarios para el acceso a los botones, la figura 3.21, muestra el prototipo, el cual cuenta con 7 botones principales que representan los puntos del signo generador, 5 botones de selección y dos botones tipo gatillo, además de un interruptor de encendido, un conector USB tipo B, un conector para audífonos de 3.5mm y una ranura para tarjetas micro SD.



Figura 3. 20: Diseño final del armazón del prototipo.

3.6.4 ESTRUCTURAS FINALES DEL ARMAZÓN DEL PROTOTIPO

A partir del diseño general en tercera dimensión del armazón, junto con sus elementos internos, se divide este en dos partes, con la finalidad de obtener dos tapas, una tapa superior en la que se encontraran los botones y una tapa inferior que soportara la mayoría de elementos y dispositivos. El procedimiento de creación de los planos y estructuras de cada una de estas tapas, es mencionado a continuación, de la misma manera son indicadas variaciones o modificaciones que podrían surgir sobre la marcha y los resultados finales, como el armazón ya realizado.

Con la finalidad de comprobar el acoplamiento entre cada una de las tapas, además de que cada elemento como, tarjetas electrónicas y los diferentes dispositivos que están ubicados en cada una de las tapas inferior y superior quepan en el espacio considerado al momento del diseño, se obtiene el plano superior de la tapa, exportando nuestro diseño a un formato .dwg, los cuales se podrán revisar en el *Anexo E: Detalle Diseño del Armazón*, en donde también se podrán revisar la medidas de las estructuras, además del proceso de diseño de estas.

a) Procedimiento creación tapa inferior:

Para el diseño y construcción de la tapa inferior del prototipo a partir del diseño general, se realizó el siguiente procedimiento.

- El diseño general fue dividido en dos partes, el plano de corte es paralelo al plano de la base desplazado de 11mm por encima de este.
- En la parte inferior se eliminan todos los elementos que no sean parte de la carcasa, como la batería, parlante, y las tarjetas electrónicas.
- A lo largo del perímetro superior de la tapa se realiza un borde interno de 1 mm de altura que servirá como acople con la tapa superior.
- Se realizan empalmes en las aristas internas.
- Se agregan topes en la base de la tapa inferior, para fijar los elementos y evitar que estos se muevan.
- Se realizan los agujeros para los tornillos de fijación de los elementos y para los tornillos de armado con los que se unirán las dos tapas.
- Finalmente para que los botones de control de volumen no sean confundidos son reubicados en los laterales del armazón.

- El archivo en tercera dimensión es exportado a un archivo dwg, el cual es impreso para verificar de medidas con los componentes de manera física.
- Cumplida con la verificación se procede a realizar la impresión en tercera dimensión.

b) Procedimiento creación tapa superior:

- Se procede a trabajar con la parte superior, eliminando todos los elementos que no sean parte de la carcasa.
- Se agregan empalmes en las aristas interiores de igual manera que en la tapa inferior.
- Se agregan cilindros en la tapa superior, que servirán para fijar con tornillos la placa de botones y la tapa superior con la inferior.
- En los cilindros se realizan los agujeros para los tornillos de fijación de la placa para los botones y los tornillos que vendrán de la tapa inferior.
- El archivo en tercera dimensión es exportado a un archivo dwg, el cual es impreso para verificar las medidas con los componentes y comprobar su perímetro con la tapa inferior ya de manera física.
- La impresión en tercera dimensión de la tapa superior será realizada únicamente después de la revisión, aprobación y armado de la tapa inferior con sus elementos respectivos, o después de realizar las correcciones.
- Después del armado de los elementos en la tapa inferior, se descubre que será necesario agregar 3 mm en la altura de la tapa superior debido al grosor de las placas y los puntos de suelda de cada placa.
- Con los 3 mm agregados se reubican también varios agujeros, como los del puerto para los audífonos, el puerto USB, entre otros.
- Finalmente se procede a realizar la impresión en tercera dimensión, y posterior comprobación del correcto acople entre las dos tapas.

c) Resultados finales, impresión 3D:

Finalmente después de haber pasado por todo el proceso de diseño y verificación de los resultados, en cada una de las fases para la creación del armazón, se procede a realizar la impresión en tercera dimensión de las cuatro partes que

conforman la estructura. Estas son las estructuras finales de la impresión que son usadas en el armado del prototipo en su etapa final, contando ya con todas las partes del mismo como las tarjetas electrónicas y los componentes necesarios. En la figura 3.22, se muestra la tapa inferior, en donde van ubicados gran parte de los componentes del prototipo, realizada en color negro y siendo la primera tapa impresa.



Figura 3. 21: Impresión final en tercera dimensión tapa inferior.

En la figura 3.22, se muestra la tapa superior, en donde van ubicados los botones principales y de control, realizada en color negro e impreso una vez la tapa inferior fue verificada y aceptada.



Figura 3. 22: Impresión final en tercera dimensión tapa superior.

La etapa de impresión final dio como resultado los 2 botones tipo gatillo que se ven en la figura 3.23, con lo que se da por terminada la etapa de diseño del armazón, procediendo a su armado cuyos resultados serán mostrados más adelante.



Figura 3. 23: Impresión final de botones tipo gatillo.

CAPÍTULO 4: EXPERIMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO

Para que el funcionamiento del dispositivo sea el correcto y se garantice su trabajo, es necesario realizar una serie de pruebas de experimentación y validación, las que fueron realizadas tanto paulatinamente en cada fase de diseño electrónico, así como finalmente con el prototipo acabado y la ayuda de la Unidad Educativa “Claudio Neira Garzón” de la ciudad de Cuenca. El procedimiento realizado junto con sus resultados es detallado a continuación, fue desarrollado con alumnos de los primeros niveles de educación básica principalmente del primer año, con la finalidad de verificar su comodidad con el uso del mismo, su desempeño al realizar cada una de las actividades y finalmente receptar opiniones y propuestas.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EVALUACIÓN

Para el proceso de evaluación general del prototipo se realizan dos tipos de pruebas, las primeras con la finalidad de validar el funcionamiento desde el lado técnico, obteniendo resultados de su funcionamiento general, así como de cada uno de los elementos y comprobar cada uno de sus circuitos. Las siguientes pruebas son en las que verdaderamente se ven reflejados los resultados y opiniones hacia el prototipo, ya que en estas participan las personas para las cuales va dirigido el prototipo, quienes se encargan de realizar una serie de pruebas enfocadas a la manipulación y familiarización del mismo y verificar su funcionamiento, con el proceso mostrado a continuación enfocado en la enseñanza y aplicación del sistema Braille.

4.1.1 RECONOCIMIENTO DE ELEMENTOS, BOTONES Y CONECTORES.

Este procedimiento se enfoca, en validar el diseño y distribución de los diferentes elementos a lo largo del armazón, con el propósito de probar que sus usuarios puedan identificar cada uno de estos y para qué sirven, con la finalidad de encontrar datos para que el uso de prototipo, podría ser o no considerado para un aprendizaje casi autónomo.

Etapa 1: Manipulación de las tapas de la carcasa, con la finalidad de reconocer sus orificios en donde ira cada elemento.

Etapa 2: Familiarización del prototipo terminado, con la finalidad de identificar cada elemento, ya ahora contando con el diseño final, antes de su funcionamiento.

4.1.2 PRUEBA DE AVANCE ENTRE LOS DIFERENTES MENÚS DE FUNCIONAMIENTO Y USO DE FUNCIONES ADICIONALES.

Busca probar la comprensión sobre el funcionamiento del prototipo, presentado a los usuarios, como se hace la selección de cada una de sus actividades y aplicaciones, cuales son los botones con los que son controlados estos procesos y en donde están ubicados, su forma, tiempo de accionamiento y el nombre de cada botón. Es decir cómo está diseñado, mediante la programación el menú principal de selección del prototipo, que cuenta con los siguientes modos.

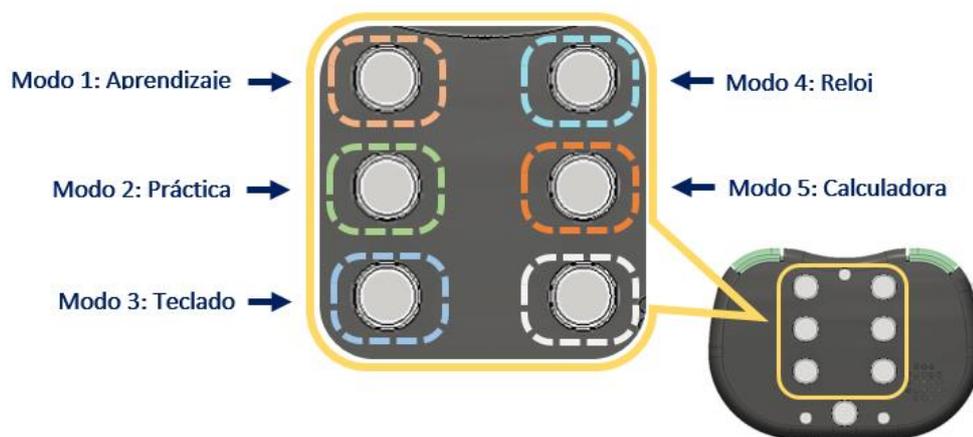


Figura 4. 1: Menú principal del prototipo y selección de modos

Modo 1: Aprendizaje

- Signo Generador
- Representación de letras
- Representación de números

Modo 2: Practica

- Letras en orden
- Letras aleatoriamente
- Iniciales de palabras y sonidos de animales
- Escribir palabras

Modo 3: Teclado**Modo 4:** Calculadora**Modo 5:** Reloj

- Presentar fecha
- Presentar hora
- Igualar hora y fecha

Modo 6: Extra**4.1.3 PRUEBA RECONOCIMIENTO DEL SIGNO GENERADOR.**

Ayuda para el aprendizaje de la distribución de los puntos del signo generador en una celdilla Braille y también relacionarlos con los 6 puntos principales con la misma distribución, con las siguientes tareas.

- Identificación de puntos independientes.
- Identificación de pares de puntos.
- Identificación de los 6 puntos en orden de ubicación.

4.1.4 PRUEBA DE ESCRITURA DE CARACTERES DIFERENTES METODOLOGÍAS.

Prueba de escritura de caracteres, que son ingresados de dos formas, la primera presionando los botones de los puntos que se deberían punzar para la escritura y la segunda presionando los puntos que deberían estar en relieve al leer un carácter, obteniendo la opinión de que tan beneficiosa es esta metodología, para la

práctica de la escritura y lectura de caracteres en Braille mediante las siguientes pruebas.

- Escritura de letras en orden.
- Escritura de letras aleatoriamente.
- Escritura de iniciales de palabras.
- Escritura de iniciales del nombre de animales según su sonido.

4.1.5 PRUEBA DE ESCRITURA DE PALABRAS DIFERENTES METODOLOGÍAS.

Escritura de palabras, igualmente teniendo los dos métodos de ingreso como en la prueba de escritura anterior; para la escritura de palabras, se va ingresando uno a uno los caracteres de la palabra especificada en las pruebas, el dispositivo valida cada una de las letras ingresados y finalmente da una respuesta satisfactoria, las pruebas a realizadas son las siguientes.

- Escritura de palabras indicadas.
- Escritura del nombre de animales según su sonido.

4.1.6 PRUEBA DE CONEXIÓN USB Y ESCRITURA MEDIANTE TECLADO.

Pruebas de escritura usando el prototipo como teclado de una computadora, esta es la aplicación central del mismo, su verificación es realizada mediante una serie de pruebas técnicas y también de uso, se comprueban varios factores como la fácil conexión con diversas computadoras, envío correcto de caracteres y la escritura en diversas aplicaciones de la computadora.

- Pruebas de conexión física por el usuario.
- Pruebas de conexión en diferentes computadoras.
- Escritura de caracteres y palabras en la computadora.
- Escritura de textos en la computadora.
- Búsquedas Web.
- Envío de mensajes usando redes sociales.

4.1.7 PRUEBA DE RELOJ

Uso de la aplicación de reloj e indicaciones de cómo se realiza la consulta de la hora y fecha, las teclas con las que se hacen estas peticiones y verificación que los datos proporcionados sean los correctos, finalmente explicación y pruebas de la facilidad y comprensión de cómo se realiza la igualación de la hora y fecha.

- Pruebas de presentación de hora.
- Pruebas de presentación de fecha.
- Pruebas de igualación de hora y fecha.

4.2 TÉCNICA DE USO PARA EL APRENDIZAJE

Con la finalidad de facilitar el proceso de experimentación y validación, primeramente se indica el funcionamiento del mismo a la docente encargada y con la ayuda de esta a sus estudiantes, así como la forma de uso con la que fue pensado el prototipo, de la cual también se receptan opiniones con respecto a mejoras para agilizar su uso. Además se presentan dos técnicas para su uso, que conllevan a formas de agarre, ubicación y manipulación del prototipo con la finalidad de que según el usuario, su edad y el modo de funcionamiento que se utilice pueda ser elegida una de estas facilitando el trabajo.

4.2.1 USO FRONTAL

Este modo de uso, es indispensable cuando se está recién aprendiendo el lenguaje Braille, porque se tiene un correcto panorama de la matriz de botones principales que representa el signo generador pudiendo pulsar los botones indicados sin ninguna dificultad y pudiendo identificarlos fácilmente.

Para su uso el prototipo como se muestra en a figura 4.2, deberá ubicarse en una mesa o superficie de apoyo evitando que se tenga que sujetar el prototipo y solo se proceda a usarlo y realizar las actividades indicadas por el mismo, lo que dirige la concentración solo en aprender y practicar el lenguaje Braille y también a pulsar cada punto uno por uno, indispensable cuando recién se está aprendiendo a identificar cada uno de los caracteres Braille, como escribirlos y leerlos.

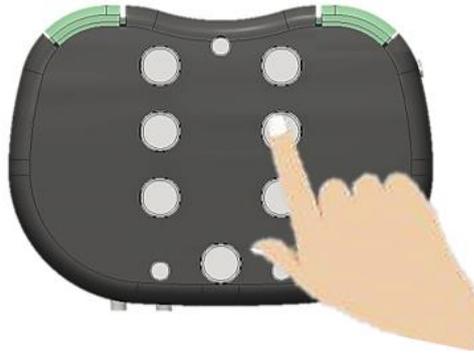


Figura 4. 2: Explicación grafica de la técnica de uso frontal.

4.2.2 USO CON SUJECIÓN POSTERIOR

Este modo de uso beneficia a los usuarios una vez que hayan cumplido con el proceso de aprendizaje del lenguaje Braille, está pensado para tener una mayor fluidez y rapidez al momento de la escritura de textos usando el dispositivo, lo que permitirá que varios botones puedan ser pulsados a la vez pudiendo escribir un carácter en un instante es decir en un segundo o menos según la práctica y el tiempo de uso.

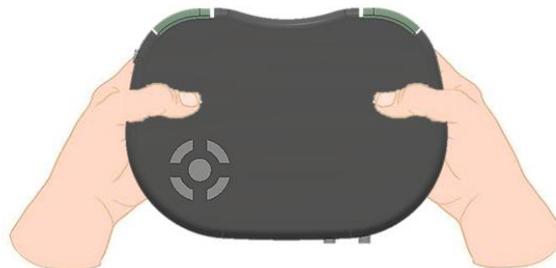


Figura 4. 3: Explicación grafica de la técnica de sujeción posterior

El modo de agarre para el uso mediante esta técnica es que el prototipo sea sujetado con la cara frontal de forma opuesta tal como se muestra en la figura 4.3, ubicando los dedos índice, medio y anular de la mano diestra en los botones P1, P2 y P3 respectivamente, mientras que los mismos de la mano izquierda en los botones P4, P5 y P6 respectivamente como se observa en la figura 4.4, dejando los pulgares para el accionamiento de los botones tipo gatillo ubicados en la parte superior del prototipo, con los que se controlaran el envío del carácter, así como también espacios, borrado de caracteres, entre otras funciones que se realizan muy periódicamente en la escritura de textos.



Figura 4. 4: Explicación grafica de la ubicación de los dedos en la técnica de sujeción posterior

4.3 INSTRUMENTOS Y TECNICAS DE EVALUACIÓN

Concluida la etapa de explicación y familiarización del funcionamiento del dispositivo, el proceso de experimentación y validación a aplicar y las técnicas para el uso del prototipo, a continuación se muestra cuáles son las técnicas e instrumentos de evaluación usados, con la finalidad de registrar y obtener la información necesaria para verificar los logros y dificultades del uso del prototipo, por parte de personas que deseen aprender el lenguaje Braille, docentes encargados de la educación en esta área y estudiantes de los primeros años de educación que poseen discapacidad visual, a los que principalmente va dirigido el prototipo. Se utilizan diversos instrumentos de evaluación según las necesidades los cuales son expuestos a continuación.

4.3.1 OBSERVACIÓN DIRECTA Y SISTEMÁTICA EXTERNA

En primer modo usado para la medición de resultados ante el uso y experimentación, del funcionamiento y aplicaciones del prototipo, por parte de los estudiantes de la Unidad Educativa, es mediante la observación directa, específicamente de tipo abierta que es realizada tanto por la docente encargada de la educación de los estudiantes que realizaran las pruebas, como del desarrollador del prototipo, cumpliendo con las fases descritas más adelante, con la finalidad de obtener resultados con mayor énfasis en aspectos de comodidad y facilidad de uso, de las aplicaciones y del prototipo en general.

Observación directa: En la observación directa el analizador está en contacto permanente con la realidad o el objeto de verificación.

Observación directa abierta: Denominada abierta ya que el observador no realiza participación alguna en las actividades de estudio realizadas por los sujetos observados, siendo solamente espectador de lo que sucede [33].

Observación sistemática: Este método de observación busca ser específica y definida, las características de los datos a obtener se analiza y consolida anticipadamente debido a la suposición de resultados a lograr o medir [33].

Proceso de observación:

1. Observación exploratoria:

Inicialmente se realiza una primera prueba, en la que la observación será experimental, con el fin de especificar mejor el problema y las variables que resultan relevantes, además de organizar el proceso y descubrir cosas extras que pueden ser observadas.

2. Establecimiento de las variables principales a medir:

Se definen las variables principales a medir, mediante esta forma de evaluación, las cuales son el nivel de adaptabilidad al prototipo de los estudiantes, la facilidad del uso con sus manos, la rápida ubicación de los elementos del prototipo, la comodidad y facilidad de uso.

3. Recolección de datos:

Usando la técnica de evaluación presentada en la sección ###, se procede a la observación ya sistematizada, con la finalidad de mediante la apreciación calificar los aspectos especificados en la tabla 4.1, a continuación.

Tabla 4. 1: Aspectos a observar y calificar mediante observación directa.

N	Aspecto	Específicamente
1	Adaptabilidad	A la forma del armazón, tamaño, distancia y distribución de botones.
2	Facilidad de uso	Selección de modos, fácil entendimiento del funcionamiento y desempeño de cada botón y conector.
3	Ubicación	De botones, conectores, orientación.
4	Comodidad	A la forma de sujeción, modos de uso, peso, ubicación de dedos.

El resumen de resultados y el análisis de los datos recolectados con este y cada uno de los instrumentos de evaluación, son detallados en las secciones 4.4 y 4.5,

y las diferentes fichas que los avalan se encuentran en el Anexo G, en donde pueden ser constatados los resultados obtenidos y con los cuales se realizó el análisis respectivo.

4.3.2 FICHAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Proceso de experimentación de la utilización del prototipo y la validación del funcionamiento, se desarrolla una serie de actividades, propuestas mediante el uso del dispositivo y las aplicaciones que este ofrece. Se usan diferentes fichas de valoración con la finalidad de calificar específicamente el desempeño del software y hardware interno desarrollados, las actividades propuestas, recorrido ente menús de selección y su facilidad de comprensión para su utilización, buscando que pueda llegar a ser autónoma guiada solamente por el dispositivo.

Las fichas de valoración y recolección de información utilizadas en este análisis son tres, las “fichas de escalas de valoración”, las “listas de control” y el “registro anecdótico”, pero para este caso de validación serán unificadas en una sola ficha, pero aprovechando los rasgos y detalles de recolección de información de las 3; con estas se obtienen opiniones cuantitativas que permiten validar el diseño de software del prototipo y realizar mejoras con la finalidad de que el proceso de selección y utilización del mismo sea más sencillo y entendible para los usuarios

Ficha de escalas de valoración:

Esta ficha de valoración contiene un listado de rasgos mediante los cuales se calcula el nivel de logro del aspecto o tarea realizada a través de una cadena de valoraciones progresivas en escalas de cumplimiento de actividades como por ejemplo de nunca a siempre o de poco a mucho, buscando expresar cuanto y cuando las actividades propuestas son realizadas correctamente [34].

Listas de control:

Estas listas contienen una serie de rasgos a observar, pero ahora con la finalidad de verificar la ausencia o presencia de estos durante el desarrollo de la actividad o tarea propuesta, por ejemplo durante una tarea de existir una concentración plena en la misma se puede decir que esta característica o rasgo está presente, caso contrario que está ausente [34].

Registro anecdótico:

Estas fichas son utilizadas para recoger comportamientos no previsibles de antemano y que pueden significar un aporte de información importante para evaluar carencias o actitudes positivas ante el software al momento de la utilización del dispositivo [34].

4.3.3 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EXPLICITANDO PASOS A SEGUIR

Mediante este instrumento de evaluación los datos de validación se obtienen, al presentar diferentes tareas para que su usuario las realice, además de consideraciones características de lo que se busca valorar, la justificación de la obtención de los resultados se realiza, partiendo desde la ejecución de las tareas presentadas y de las respuestas obtenidas en el proceso. El procedimiento y tareas realizadas que son detalladas a continuación fueron desarrollados con los alumnos de los primeros niveles de educación básica principalmente del primer año, la docente encargada y el desarrollador el prototipo tanto de forma individual como conjunta.

Estas tareas fueron valoradas utilizando las fichas mencionadas en la sección 4.3.2, además de una calificación cuantitativa para representar la facilidad de utilización y el correcto funcionamiento del prototipo en cada actividad, por parte de los estudiantes, la docente y el desarrollador, cuyos resultados se pueden apreciar en la sección 4.4.

Procedimiento:

1. Reconocimiento de elementos, botones y conectores.
2. Prueba de avance entre los diferentes menús de funcionamiento y uso de funciones adicionales.
3. Prueba reconocimiento del signo generador.
4. Prueba de escritura de caracteres diferentes metodologías.
5. Prueba de escritura de palabras diferentes metodologías.
6. Prueba de uso como calculadora.
7. Prueba de conexión USB y escritura mediante teclado.
8. Prueba de usos como reloj.

4.3.4 ENCUESTAS

Este instrumento de evaluación también será usado para la validación del prototipo, buscando obtener información dada por las personas que participan en el proceso de pruebas a través de un cuestionario, una vez planteados los objetivos que se deseen alcanzar al realizarla. En las encuestas los datos son obtenidos, por diferentes procedimientos pero normalizados, buscando que las personas encuestadas respondan las preguntas de una misma forma y condición; para el proceso de desarrollo y evaluación del prototipo serán realizadas 2 encuestas.

Encuesta Inicial: Esta encuesta será realizada una vez que se haya socializado el proyecto a las personas que participaran en el mismo, esta encuesta fue ya presentada en la sección 3.1.1, la cual fue realizada a la docente y con su ayuda también realizada a los alumnos a su cargo. La encuesta se realizó antes de empezar con el proceso de pruebas para la evaluación y validación del prototipo, con la finalidad de que con esta encuesta se puedan obtener expectativas sobre el prototipo, las áreas de ayuda y la idea en general, además de opiniones sobre los modos de funcionamiento y aplicaciones que contendrá el dispositivo.

Encuesta Final: Esta encuesta será realizada al final del proceso de pruebas de valoración con la finalidad de receptar opiniones sobre el funcionamiento y desempeño del prototipo una vez que este haya sido utilizado por las diferentes personas involucradas. Las preguntas que contendrá este cuestionario son presentadas a continuación el enfoque del mismo es obtener opiniones que puedan validar las funcionalidades del prototipo o en su defecto encontrar áreas de trabajo para el trabajo en mejoras para el mismo, adaptándose de mejor forma a las utilidades de las personas no videntes.

4.3.5 REFLEXIÓN PERSONAL

A partir del planteamiento de la idea inicial del funcionamiento y los ejes de aplicación del prototipo; además de las ventajas, facilidades e inconvenientes encontrados en el proceso de diseño y desarrollo; y finalmente todo lo experimentado y observado en las diferentes pruebas realizadas, para el proceso de evaluación y validación del prototipo, se realiza una reflexión personal sobre lo antes ya mencionado, con la finalidad de analizar, aclarar ideas y de obtener conclusiones

personales, lo que permitirá analizar diferentes realidades una vez desarrollado todo este proceso que permitan la formación de nuevas ideas.

4.3.6 INTERCAMBIOS ORALES CON DOCENTES Y LOS ESTUDIANTES

A lo largo de todo el proceso de presentación y desarrollo del prototipo, se ha conversado y receptado ideas principalmente de los docentes con los que se trabajó en la Unidad Educativa, y de lo que ellos observan que surgen como necesidades de sus estudiantes, tanto para la etapa inicial en la formación de la lectura y escritura en Braille, y también de aplicaciones de ayuda en diferentes campos que les permitan acceder a diferentes áreas como el uso de una computadora.

4.3.7 TÉCNICAS DE EVALUACIÓN

La manera en la que fueron obtenidas las calificaciones para cada una de las pruebas fue la siguiente:

Para la evaluación mediante observación, son realizadas 2 pruebas, la primera realizada por el docente colaborador y la segunda por uno de sus estudiantes, durante el proceso desarrollado se obtendrán calificaciones de lo observado con respecto a la adaptabilidad y la facilidad de manejo dadas por el docente y por el desarrollador del proyecto, lo que nos dará 4 calificaciones en una escala de entre 0 a 10, para finalmente al promediar obtener una calificación general, siendo 10 una calificación destacada.

En la evaluación de problemas y procesos utilizando el prototipo, se obtienen 3 calificaciones de conformidad en cada prueba una dada por el usuario, otra por la docente que observa y la tercera por el diseñador, todas en una escala del 0 al 10 que luego son promediadas para que en la tabla pueda ser mostrada una calificación general por cada prueba. Para este caso cada usuario realizo 2 pruebas, a excepción de las pruebas de conexión USB que fueron realizadas en 5 computadoras diferentes.

4.4 EVALUACIÓN POR ETAPAS (RESULTADOS)

Con la ejecución de las pruebas necesarias identificadas en la sección 4.1, utilizando los instrumentos y técnicas presentadas en la sección 4.3, se obtienen varios resultados que nos dan la información necesaria para el análisis respectivo

sobre la validez del prototipo en las áreas de enfoque a las que va dirigido, así como la obtención del porcentaje de aceptación hacia el funcionamiento del mismo, por parte de los usuarios con los que se realizaron las pruebas y la socialización del proyecto, observando también las dificultades que se presentaron, mejoras, cambios y propuestas de trabajo a futuro, presentados tanto en esta como en secciones posteriores.

4.4.1 RESULTADOS OBSERVACIÓN DIRECTA

La recolección de resultados utilizando la observación directa, fue realizada en el proceso de desarrollo de actividades de los estudiantes, utilizando el prototipo en cada una de sus funcionalidades, mientras a su vez eran participes del análisis y la obtención de resultados tanto la docente como el propio desarrollador del prototipo, cabe recalcar que con este instrumento se analizara la adaptabilidad, facilidad de uso, ubicación y comodidad del usuario con el prototipo, variables establecidas a medir luego de una primera observación exploratoria.

Tabla 4. 2: Resultados cuantitativos de adaptabilidad manual y comodidad de uso del prototipo.

N	Aspecto	P1	D1	P2	D2	Total
1	Adaptabilidad a la forma	10	10	10	10	10
2	Adaptabilidad al tamaño	9	8	9	9	9
3	Comodidad en la sujeción	8	9	9	9	9
4	Comodidad con el peso	8	9	8	9	9
5	Comodidad en la ubicación de dedos	8	9	9	9	9
6	Distribución de elementos	8	8	9	9	9
7	Distancia entre botones	8	9	10	10	9

Tabla 4. 3: Resultados cuantitativos respecto a la facilidad de uso del prototipo.

N	Aspecto	P1	D1	P2	D2	Total
1	Selección de modos	7	7	9	9	8
2	Comprensión del funcionamiento	8	8	8	9	8
3	Desempeño de botones y conectores	8	9	9	9	9
4	Modos de reproducción	8	8	9	9	9

Tabla 4. 4: Resultados respecto a la correcta ubicación de elementos del prototipo por el usuario.

N	Aspecto	P1	D1	P2	D2	Total
1	Localizar de botones	8	8	10	10	9
2	Localizar conectores	8	8	9	9	9
3	Orientación correcta	10	10	10	10	10

4.4.2 RESULTADOS FICHAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Resultados de las pruebas de ejecución de problemas y tareas planteadas por el prototipo hacia el usuario, con la ayuda de las 3 fichas definidas en la sección 4.3.2., las cuales son la ficha de escalas de valoración, listas de control y registro anecdótico, integradas en una sola ficha general que contara con estas 3 en diferentes espacios.

Las tareas realizadas se explicaron en la sección 4.1., “Descripción del Proceso de Evaluación”, esta etapa se refiere al proceso de evaluación del desempeño principalmente del software, con la finalidad de buscar el porcentaje de ayuda que el prototipo brindaría a sus usuarios para el aprendizaje y práctica del lenguaje Braille.

Prueba de avance entre los diferentes menús de funcionamiento y uso de funciones adicionales.

Tabla 4. 5: Resultados de las pruebas de avance entre los diferentes menús de funcionamiento.

Descripción	D1	P1	A1	D2	P2	A2	Total
Menú de selección 1	8	7	7	8	7	8	8
Menú de selección final	10	10	9	9	9	9	9
Utilización menú principal final	10	10	9	10	10	9	9
Utilización submenús final	9	9	9	9	9	9	9

Prueba reconocimiento del signo generador.

Tabla 4. 6: Resultados de las pruebas de reconocimiento del signo generador.

Descripción	D1	P1	A1	D2	P2	A2	Total
Identificación de puntos independientes	9	9	9	10	10	10	10
Identificación de pares de puntos	9	9	8	9	9	8	9
Identificación de los 6 puntos en orden de ubicación	9	10	8	10	10	8	9

Prueba de escritura de caracteres diferentes metodologías.

Tabla 4. 7: Resultados de las pruebas de escritura de caracteres.

Descripción	D1	P1	A1	D2	P2	A2	Total
Escritura de letras en orden	10	9	9	10	10	10	10
Escritura de letras aleatoriamente	9	9	8	9	9	8	9
Escritura de iniciales de palabras	10	9	9	9	9	8	9
Escritura de iniciales del nombre de animales	10	9	8	9	9	8	9

Prueba de escritura de palabras diferentes metodologías.

Tabla 4. 8: Resultados de las pruebas de escritura de palabras.

Descripción	D1	P1	A1	D2	P2	A2	Total
Escritura de palabras indicadas	10	10	9	10	10	10	10
Escritura del nombre de animales según su sonido.	9	9	7	9	9	8	9

Prueba de conexión USB y escritura mediante teclado.

Tabla 4. 9: Resultados de las pruebas de conexión USB y escritura mediante teclado.

Descripción	R1	R2	R3	R4	R5	Total
Pruebas de conexión física	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Pruebas de conexión en diferentes computadoras	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Escritura de caracteres y palabras en la computadora	8	8	9	9	9	9
Escritura de textos en la computadora	7	8	8	9	10	8
Búsquedas Web	7	7	9	9	9	8
Envió de mensajes usando redes sociales	7	8	9	9	10	9

4.4.3 RESULTADOS ENCUESTA FINAL

Al finalizar el proceso de pruebas de validación y evaluación del funcionamiento, para comprobar que esté ligado con los alcances planteados inicialmente, se realizó una encuesta con la finalidad de receptar la opinión ante varios aspectos presentados en la misma con respecto al desempeño general del prototipo, con la que se obtuvieron los siguientes resultados, información también necesaria con la finalidad de obtener un análisis sobre el funcionamiento del mismo.

Tabla 4. 10: Resultados de la encuesta final de opinión sobre el prototipo.

N	Pregunta	Respuesta Mayoritaria
1	Modo de más importancia	Practica
2	Fácil utilización (Software)	Con la selección nueva
3	Tamaño	Es manejable
4	Correcta distribución de elementos	Si es entendible
5	Sonido	Audífonos y parlante son necesarios
6	Proceso de enseñanza	Ligado a enseñanzas en el aula
7	Nuevas aplicaciones	Calculadora
8	¿Se debería continuar el trabajo?	Si

4.5 ANALISIS, ACEPTACIÓN Y DIFICULTADES

Con el diseño, desarrollo y verificación de funcionamiento del prototipo se obtienen varios resultados en diferentes aspectos, que en su mayoría aprueban el desarrollo de dispositivos con la finalidad del apoyo en la comunicación en Brille, estos aspectos son detallados a continuación.

Adaptabilidad: En las pruebas y reflejados en los resultados los cuales no son menores a 9, se observa que tanto el diseño como la ubicación de sus botones de control debe ser lo más simple, predecible y tener la ubicación similar al signo generador para obtener buenos resultados, evitando la sobre carga de estos que puedan causar confusiones al momento de seleccionar los botones correctos al realizar una tarea.

Modos de funcionamiento: Las opiniones sobre las aplicaciones del prototipo son buenas, pero lo que no fue recibido de una buena manera es la forma de seleccionar cada una de estas recibiendo los puntajes más bajos de las pruebas con 7 en varias ocasiones, lo que se considera es que el programador por este mismo motivo ya conoce como realizar la selección entre los diferentes menús pero para el usuario es diferente y más usándolo por primera vez pueden causar confusiones, por lo que se debería simplificar el modo de acceso a cada función.

Escritura: Las pruebas de escritura reflejaron conformidad, y así también el proceso a seguir, empezando por el conocimiento del signo generador, pasando la escritura de letras y números, para finalizar escribiendo palabras y frases, además de la gran ayuda que brinda el tener diferentes metodologías pensadas para realizar la interacción usuario – dispositivo más didáctica lo que logra un nivel de conformidad sobresaliente.

Teclado: El uso como teclado del prototipo se definió como aceptable a medida de que la forma de utilización sea correctamente explicada y así también entendida por el usuario, teniendo un resultado favorable con opiniones de que facilita la escritura y la hace cada vez más rápida con la práctica.

A parte de los resultados numéricos ya presentados se cuentan con opiniones de las personas que trabajan en este tipo de enseñanza y concuerdan que los prototipos deben ser diseñados con una fuente de alimentación autónoma y con un

tamaño de fácil manipulación, además reflejan el interés de que el prototipo cuente con funciones que no solo sean para el aprendizaje, como reloj, calculadora, teclado de computadora, entre otras y finalmente que pueda contar con nuevas actualizaciones y aplicaciones cada cierto tiempo como también fue propuesto.

4.6 PROPUESTAS DE CAMBIOS O MEJORAS A FUTURO

La finalidad de las pruebas realizadas mediante el uso del prototipo en diferentes tareas, es la de obtener la información necesaria sobre su funcionamiento y el porcentaje del fácil entendimiento de sus metodologías para la ayuda en la enseñanza inicialmente y finalmente para el manejo de diferentes aplicaciones direccionadas a ser usadas mediante el sistema Braille. Además el amplio número de pruebas realizadas en el proceso de diseño, evaluaciones técnicas de funcionamiento, reflejan que en el proceso ya fueron realizados un sin número de pruebas que desencadenaron también en varias modificaciones, entre una de las más importantes a considerar esta el rediseño del armazón del prototipo por cuestiones ya explicadas en la sección referente, además de varias modificaciones de software con el afán de facilitar el uso e interacción del usuario con el dispositivo. Seguidamente se mencionan varias propuestas de cambio, mejoras o anexiones que se le podrían dar al prototipo con la finalidad de subir su porcentaje de eficiencia para lograr los objetivos ya trazados en un inicio y plantear nuevos objetivos a futuro.

Mejora del menú de selección: La primera propuesta de cambio surgida con la utilización y previamente la explicación del funcionamiento del prototipo a la docente, específicamente de la forma de la selección de las diferentes funcionalidades del prototipo, es mejorar la forma de selección haciéndola más entendible, debido a varias confusiones y procesos largos que involucraba realizarla. Estos cambios ya fueron realizados, por lo que ahora se cuenta con un menú de selección más amigable y comprensible para personas de cualquier edad y con menores tiempos para la selección de una tarea.

Posibilidad de realizar y recibir llamadas: Este planteamiento está enfocado no en que las personas discapacidades visuales se adapten a esta función o a la distribución del teclado numérico de un celular, sino en adaptar esta tecnología al sistema Braille. Este complemento es bien recibido a la posibilidad de ser trabajado a

futuro, necesitando simplemente de la inclusión del módulo GSM respectivo, el trabajo sería el de conseguir un módulo de tamaño pequeño para que no influya en el tamaño final del prototipo, además de la programación respectiva.

Alarma: Debido a los resultados obtenidos en su funcionamiento como reloj se ve la posibilidad de que entre uno de los complementos o mejoras este el agregar un modo de funcionamiento que sirva como alarma, usándolo como despertador y para otros motivos.

Pulsantes principales: Esta mejora consiste en, contar solamente con los seis pulsantes que representan el signo generador, en la superficie de la tapa superior del prototipo, con la posibilidad de solamente contar con un pulsante extra, esto con la finalidad de evitar confusiones al contar con varios puntos con otras funcionalidades que también están presentes en esta superficie, para esto es necesario cambios en la programación, que ya fueron iniciadas en el proceso de diseño indicado en este documento y finalmente cambios en su armazón y placa de botones.

Educativas: Una mejora planteada al proceso educativo es la posibilidad de poder cambiar entre lectura o escritura al usar cada una de las actividades, es decir poder practicar como es realizada la lectura y escritura a la vez solo cambiando entre estas con un botón. Este mejora ya fue implementada y para esta se usó un pulsante extra y programación extra a nivel de matrices de comprobación.

Posibilidad de reducción de tamaño: Mediante las pruebas y mediciones de consumo realizadas y el gran tiempo de duración de la batería actual comprobado, se puede plantear un cambio de batería de las mismas características pero de hasta 1200 mAh como mínimo recomendado, lo que posibilitaría un rediseño del prototipo con un tamaño menor que el actual.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el proceso de presentación y socialización del proyecto realizado en la Unidad Educativa “Claudio Neira Garzón”, se pudo verificar el bajo nivel de utilización de los prototipos previamente existentes en la institución. Una causa es la dependencia de conexión eléctrica constante de los dispositivos, que debido a la necesidad de movilidad dificulta su uso. Otra es el enfoque de estos dispositivos solamente en el proceso de aprendizaje de lenguaje Braille, siendo que una vez cumplido con este proceso en los primeros años de formación, los dispositivos quedaban en desuso. Esto al contrario no promueve el uso continuo de los dispositivos por parte de los docentes.

El prototipo desarrollado muestra características que lo hacen de fácil adaptabilidad y facilidad de manipulación. En cada una de las pruebas se observó que el diseño permite que botones y conectores, sean fácilmente localizados por las personas con discapacidad visual de manera autónoma. Además la forma, el tamaño y la distancia entre los elementos del dispositivo se adaptan justamente al tamaño de las manos.

Con las pruebas realizadas, se observa que la aplicación como teclado de computadora fue la más utilizada. La forma de uso, distribución de teclas y la programación realizada, beneficia al momento de la escritura en aspectos como la rapidez y facilidad de formar cada uno de los caracteres, más aun los especiales como números, mayúsculas y signos de puntuación. El agregar teclas rápidas para caracteres como el espacio, enter, mayúsculas o números, en lugar de escribir el símbolo de representación de cada uno, ha sido bien recibido debido a que acortaría

el proceso de escritura sin la necesidad de la utilización de símbolos predecesores para la escritura.

Las aplicaciones y funcionalidades, se deben adaptar a las personas con discapacidad visual y no al contrario. Un ejemplo de esto es que en la actualidad, si bien es de mucha ayuda para las personas no videntes, que puedan usar un celular para realizar llamadas, con la ayuda de una aplicación lectora, sin embargo la persona no vidente tiene que adaptarse al dispositivo y tener el conocimiento de la ubicación de los números en la celda de marcado, guiado por las indicaciones sonoras.

Los dispositivos para el uso mediante Braille, deberán adaptarse a los conocimientos del usuario. Sería más beneficioso, para las personas con discapacidad visual, poder marcar un número o usar una calculadora usando el signo generador Braille, es decir usando los conocimientos que ellos ya conocen, y no información extra a instruirse para usar dicho dispositivo.

Conociendo las necesidades y tomando en cuenta el perfil de la persona con discapacidad visual, el proyecto planteó proporcionar una herramienta que permita la integración de la persona con discapacidad visual con la tecnología no solamente dentro del aula. Una propuesta a futuro es la de integrar una aplicación de celular, al grupo de aplicaciones con las que el dispositivo dispone.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Mackenzie, «Luis Braille y su sistema,» de *"La escritura Braille en el mundo"*, Paris, Unesco, 1998, pp. 9 - 19.
- [2] P. Manohar y A. Parthasarathy, «An Innovative Braille System Keyboard for the Visually Impaired,» de *Proceedings of the UKSim'11, International Conference on Computer Modelling and Simulation*, Cambridge, UK, 2009.
- [3] S. Osswald, A. Meschscherjakov, N. Mirnig, K.-A. Kraessig, D. Wilfinger, M. Murer y M. Tscheligi, «Back of the Steering Wheel Interaction: The Car Braille Keyer,» *Ambient Intelligence: International Joint Conference on Ambient Intelligence*, vol. 1, nº 4, pp. 49 - 64, 2012.
- [4] Consejo Nacional para la Igualdad de Necesidades, «www.consejodiscapacidades.gob.ec,» Agosto 2015. [En línea]. Available: https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/09/estadistica_conadis.pdf. [Último acceso: 31 Agosto 2018].
- [5] Unidad de Procesamiento-Dirección de Estudios Analíticos Estadísticos - Galo López, «Discapacidad Visual: [ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec),» [En línea]. Available: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=327&force=1>. [Último acceso: 31 Agosto 2018].
- [6] BANA, Braille Authority of North America., «Braille Basics: [brailleauthority.org](http://www.brailleauthority.org),» [En línea]. Available: <http://www.brailleauthority.org/learn/braillebasic.pdf>. [Último acceso: 13 Mayo 2018].
- [7] B. Pierce y B. Cheadle, *The World Under My Fingers: Personal Reflections on Braille*, Tercera ed., National Federation of the Blind, 2009.
- [8] ONCE: Comisión Braille Española, *La Didáctica del Braille Más Allá del Código*, Primera ed., Madrid: CBE, ONCE, 2015.

- [9] ONCE: Comisión Braille Española, Documento técnico B1 de la Comisión braille Española: Parámetros dimensionales del braille, Primera ed., Madrid: CBE, ONCE, 2014.
- [10] ONCE: Comisión Braille Española, Documento técnico B2 de la Comisión Braille Española: Signografía Básica, Segunda ed., Madrid: CBE, ONCE, 2014.
- [11] Á. Lafuente de Frutos, R. Guil, M. Martínez, M. A. Allidem, R. Luna y J. Espinosa, «Educación Inclusiva, Personas con Discapacidad Visual: ite.educacion.es,» [En línea]. Available: <http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/indice.htm>. [Último acceso: 24 Junio 2018].
- [12] C. Simón, E. Ochaíta y J. Huertas, «El sistema Braille: Bases para su enseñanza-aprendizaje,» *CL&E*, nº 28, pp. 91 - 102, 1995.
- [13] E. Lucía, «El Braille: Características, ventajas y desventajas, wipo.int,» [En línea]. Available: http://www.wipo.int/edocs/mdocs/copyright/es/ompi_da_pan_16/ompi_da_pan_16_ref_s6_a.pdf. [Último acceso: 26 Junio 2018].
- [14] I. Martínez-Liévana y P. Delfina, "Guía didáctica para la lectoescritura Braille", Madrid: ONCE, Dirección de Cultura y Deporte, Departamento de Recursos Culturales, 2004.
- [15] T. Barrientos y P. Villegas, *Aprendiendo Braille Junto a Cantaletas*, CIAPAT, 1999.
- [16] T. Zareva, «Let Your Finger Do The Reading With This Great Device From MIT Media Lab: Big Think,» The Big Think, Inc, 13 Octubre 2014. [En línea]. Available: <https://bigthink.com/design-for-good/let-your-finger-do-the-reading-with-this-great-device-from-mit-media-la>. [Último acceso: 4 Julio 2018].
- [17] Augmented Human Lab, «Fingerreader: ahlab.org,» Auckland Bioengineering

- Institute, [En línea]. Available: <http://ahlab.org/project/fingerreader>. [Último acceso: 5 Julio 2018].
- [18] R. Álvarez, «Traducir texto impreso a Braille en tiempo real es lo que promete este pequeño dispositivo del MIT: xataka.com,» Team Tactile, MIT, 25 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/otros-dispositivos/traducir-texto-impreso-a-braille-en-tiempo-real-es-lo-que-promete-este-pequeno-dispositivo-del-mit>. [Último acceso: 5 Julio 2018].
- [19] R. González Sánchez, F. Ortiz García y F. d. A. Rodríguez Díaz, «Dispositivo de reproducción portátil de documentos digitales en braille». España Patente P201600212, 26 Abril 2016.
- [20] A. Aucay, E. Pinos y L. Serpa, «Braille Teaching Electronic Prototipe,» de *IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)*, Ixtapa, 2016.
- [21] M. Jauregui, I. Tabarini, C. González, A. P. Capossio y S. Eguiguren, *Brailec: Innovación para aprender a leer Braille*, La Plata: El Otro Mate, 2014.
- [22] Madaeon , «hackaday.io,» 28 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://hackaday.io/project/12442-molbed-modular-low-cost-braille-electronic-display>. [Último acceso: 16 Julio 2018].
- [23] Á. Lafuente de Frutos, R. Guil, M. Martínez, M. A. Allidem, R. Luna y J. Espinosa, «Desarrollo Cognitivo: ite.educacion.es,» Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación de Profesorado, [En línea]. Available: http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_3/m3_des_cognitivo.htm. [Último acceso: 18 Julio 2018].
- [24] C. Simón Rueda, "El Desarrollo de los Procesos Básicos en la Lectura Braille", Madrid: ONCE, "Departamento de Servicios Sociales para Afiliados", 1994.
- [25] Á. Lafuente de Frutos, R. Guil, M. Martínez, M. A. Allidem, R. Luna y J. Espinosa, «Metodos de Enseñanza: ite.educacion.es,» [En línea]. Available:

- http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_5/m5_metodo_ensenanza.htm. [Último acceso: 18 Julio 2018].
- [26] B. Espejo de la Fuente, "El Braille en la Escuela", Madrid: ONCE, "Departamento de Servicios Sociales para Afiliados", 1993.
- [27] A. Bruno Saravia, «PIC18: sase.com.ar,» 9 Septiembre 2013. [En línea]. [Último acceso: 13 Julio 2018].
- [28] Microchip Technology Inc, «PIC18F2455/2550/4455/4550: microchip.com,» 2009. [En línea]. Available: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>. [Último acceso: 10 Junio 2018].
- [29] Zonnepanelen in Nederland , «Music Machine – An Arduino MP3 player with amplifier and two speakers: zonnepanelen.wouterlood.com,» [En línea]. Available: <http://www.zonnepanelen.wouterlood.com/26-music-machine-an-arduino-mp3-player-with-amplifier-and-two-speakers/>. [Último acceso: 18 Septiembre 2018].
- [30] C. Narváez, «Reloj de Tiempo Real DS1307: Electronicathido,» 21 Octubre 2008. [En línea]. Available: http://www.electronicathido.com/index.php?controller=attachment&id_attachment=128. [Último acceso: 10 Febrero 2019].
- [31] Shop1525466, «es.aliexpress.com,» 21 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <https://es.aliexpress.com/item/2-in-1-Charger-Discharger-Board-DC-DC-Converter-Step-up-Module-Charge-in-4-5/32792675351.html>. [Último acceso: 20 Junio 2018].
- [32] rs-components.com, «Datasheet RS Pro 3.7V Li-Po Rechargeable battery, 2000mAh, RS Stock Number: 125-1266,» [En línea]. Available: <https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/163b/0900766b8163bee5.pdf>. [Último acceso: 8 Marzo 2019].
- [33] Universidad de Jaen, «Introducción a la Psicología: www4.ujaen.es,» [En

- línea]. Available:
<http://www4.ujaen.es/~eramirez/IntPsi.htm#Bibliograf%C3%ADa>. [Último
acceso: 2 Marzo 2019].
- [34] E. Molina Soldán, «Instrumentos de evaluación en el proceso enseñanza –
aprendizaje,» *Investigación y Educación*, vol. III, nº 26, 26 Agosto 2006.
- [35] DFRobot Members, «DFPlayer_Mini_SKU:DFR0299: dfrobot.com,»
DFRobot , 15 Agosto 2018. [En línea]. Available:
https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/DFPlayer_Mini_SKU:DFR0299.
[Último acceso: 06 Marzo 2019].
- [36] RedRaven, «Usb2hid: picmania.garcia-cuervo.net,» 27 Diciembre 2008. [En
línea]. Available: http://picmania.garcia-cuervo.net/usb_2_hidtransfers.htm.
[Último acceso: 06 Mayo 2018].
- [37] V. García, «DS1307-0.doc: hispavila.com,» 09 Noviembre 2009. [En línea].
Available: http://hispavila.com/total/3ds/ics/ds1307_esp.pdf. [Último acceso:
10 Mayo 2018].
- [38] Microchip Technology Inc., «PIC18F2550: microchip.com,» [En línea].
Available: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC18F2550>.
[Último acceso: 26 Junio 2018].
- [39] OMRON Corporation, «Tactile Switch: omron.com,» [En línea]. Available:
[http://www.farnell.com/datasheets/2082873.pdf?_ga=2.82635984.754139752.
1551825630-854526526.1551825630](http://www.farnell.com/datasheets/2082873.pdf?_ga=2.82635984.754139752.1551825630-854526526.1551825630). [Último acceso: 03 Diciembre 2018].

ANEXOS:

ANEXO A: PRESUPUESTO Y ANÁLISIS ECONÓMICO

En esta sección, se presenta el análisis económico realizado para la implementación del proyecto, con las siguientes consideraciones:

- El análisis fue realizado, tanto para la ejecución de una unidad, así como para construcción de 50 prototipos, en fin de comparar resultados.
- Se compara la adquisición de los módulos y equipos utilizados, en el medio local y mediante compras en línea.
- Se encuentra un punto de equilibrio, en caso de ser necesaria la comercialización del prototipo.

A.1. Costos de adquisición elementos electrónicos

Tabla A.1: Tabla de comparación de precios de los elementos electrónicos.

N	Descripción	Ct.	P. Unit	P. Total	P. x 50	P. / 50
1	Microcontrolador PIC18F2550	1	\$ 6,98	\$ 6,98	\$ 244,66	\$ 4,89
2	Zócalo y Pila CR2032	1	\$ 0,61	\$ 0,61	\$ 17,56	\$ 0,35
3	Cristal 32.768 kHz	1	\$ 0,15	\$ 0,15	\$ 4,76	\$ 0,09
4	DS1307 (RTC)	2	\$ 0,35	\$ 0,70	\$ 8,03	\$ 0,16
5	Resistencia 4.7k Ω	2	\$ 0,03	\$ 0,06	\$ 0,99	\$ 0,02
6	Resistencia 1k Ω	9	\$ 0,03	\$ 0,27	\$ 2,96	\$ 0,06
7	Diodo 1N4001	1	\$ 0,25	\$ 0,25	\$ 1,39	\$ 0,03
8	Mini Interruptor 12mm	1	\$ 0,78	\$ 0,78	\$ 23,50	\$ 0,47
9	Conector hembra USB tipo B	1	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 22,00	\$ 0,44
10	Jack de audio 3.5mm	1	\$ 0,55	\$ 0,55	\$ 15,35	\$ 0,30
11	Módulo DD05CVSA	1	\$ 3,18	\$ 3,18	\$ 150,00	\$ 3,00
12	Batería de litio 3.7V, 2000mAh	1	\$ 5,91	\$ 5,91	\$ 287,00	\$ 5,74
13	Relé DS2Y-5-DC5V1	1	\$ 0,40	\$ 0,40	\$ 16,50	\$ 0,33
14	Parlante 8 Ω , 0.5W	1	\$ 1,33	\$ 1,33	\$ 25,00	\$ 0,50
15	Módulo MP3-TF-16P	1	\$ 3,18	\$ 3,18	\$ 61,15	\$ 1,22
16	Interruptor táctil Omron 6x6x9mm	4	\$ 0,18	\$ 0,72	\$ 9,23	\$ 0,19
17	Interruptor táctil Omron 12x12mm	7	\$ 0,25	\$ 1,75	\$ 13,40	\$ 0,27
18	Mini interruptor táctil tipo fin carrera	2	\$ 0,20	\$ 0,40	\$ 10,00	\$ 0,20
19	Micro pulsante	1	\$ 0,10	\$ 0,10	\$ 2,47	\$ 0,05
20	Condensador cerámico #22 (22pF)	2	\$ 0,05	\$ 0,10	\$ 1,49	\$ 0,03
21	Cristal cuarzo 20MHz	1	\$ 0,22	\$ 0,22	\$ 5,85	\$ 0,12
22	Condensador #474 (470nF)	1	\$ 0,05	\$ 0,05	\$ 1,48	\$ 0,03
Total				\$ 28,29		\$ 18,49

En la tabla A.1, se compara en general el precio de cada uno de los elementos, para al final contar con un costo general de los elementos electrónicos. Estas comparaciones se realizan entre la compra de los elementos necesarios solo para la ejecución de una unidad, contra el valor total de haber realizado la compra de todos los elementos en grupos, para la proyección de ejecutar 50 prototipos, lo que dividiéndolo para 50, nos da que al comprar en grupo se tiene un ahorro de 10 dólares, con un valor total de 18,49 dólares, en comparación de los 28,29 dólares al comprarlos uno a uno.

Algo a tomar en cuenta es al comprar los elementos en la red, se puede observar una reducción de costos, obviamente el tiempo de entrega de estos varía de 1 a 2 meses después de la compra y en la mayoría de los casos el envío es gratuito, es por eso del tiempo de espera.

A.2. Costos de Armazón y Tarjetas Electrónicas

Tabla A.2: Tabla de costos del armazón y las tarjetas electrónicas.

N	Descripción	P. Total
1	Armazón Tapa Baja	\$ 24,00
2	Armazón Tapa Alta	\$ 24,00
3	Botones Tipo Gatillo	\$ 12,00
4	Placa Principal	\$ 25,00
5	Placa Botones	\$ 15,00
6	Placa Sonido	\$ 5,00
7	Placas Complementarias	\$ 5,00
8	Elementos extras para armado	\$ 5,00
Total		\$ 115,00

Como se puede observar el precio de los elementos en total para el prototipo es de aproximadamente 135 dólares, el cual es un precio razonable en el mercado para un artefacto de este tipo, pudiendo conseguir una reducción de costos razonable con modificaciones a futuro que con la realización del proyecto se observaron cómo factibles.

Con el precio de hasta 150 dólares en el mercado el artefacto sigue siendo sumamente económico con relación a los que existen, pudiendo incrementar su precio debido a que elementos y dispositivos Braille en el mercado en la mayoría de los casos sobrepasan los 800 dólares. Por esta razón es muy factible el desarrollo del proyecto, además de contar con varias instituciones educativas con personas con discapacidades, las cuales se pueden beneficiar de este producto, además de las personas que pudieran comprarlo de forma aislada de las instituciones educativas.

A.3. Calculo del punto de equilibrio

Ahora conociendo los costos variables por unidad, el precio de propuesta a ser comercializado y presentando en la tabla A.3, el detalle de los costos fijos, se procederá a calcular el punto de equilibrio entre el precio y la cantidad de elementos a vender para que se genere gasto.

Tabla A.3: Tabla del total de costos fijos.

N	Elemento	Precio
1	Renta	60 \$
2	Internet	25 \$
3	Luz	20 \$
4	Labor	450 \$
5	Depreciación de elemento técnico	16,80 \$
Total		571,80 \$

Calculo del punto de equilibrio:

$$PE = \frac{TFC}{Price - UVC}$$

$$PE = \frac{571,8}{150 - 135}$$

$$PE = 39 \text{ Unidades}$$

ANEXO B: DETALLE DE DESARROLLO DEL SOFTWARE

En esta parte se detalla, sobre los siguientes temas, referentes a la programación:

B.1. Envío de comandos a modulo reproductor

- Descripción de comandos de comunicación serial

B.2. Conexión y envío de caracteres a PC vía USB

- Conexión USB
- Envío de caracteres vía USB

B.3. Igualar y presentar hora Reloj

- Configuración I2C
- Inicialización ds1307
- Igualación del reloj
- Presentación de fecha y hora

B.4. Verificación de caracteres y carga de variables

- Declaración de matrices de representación de caracteres y botones
- Matrices representativas de cada carácter, carga de variables
- Matriz de botones principales
- Verificación de matrices

B.1. envío de comandos a modulo reproductor

Cada indicación sonora, está grabada y se encuentra en la tarjeta de memoria del módulo MP3-TF-16P, la reproducción se realiza mediante el envío de comandos mediante el puerto serie. Se envían 10 comandos, información que se puede encontrar en el Datasheet del módulo DFR0299-DFPlayer-Mini-Manual o MP3—TF—16P V1.0, uno tras otro, es decir el envío de 10 bytes representados de forma hexadecimal en programación, la función de cada byte se detalla a continuación en la tabla B.1 [35].

Tabla B.1: Descripción de comandos de comunicación serial.

Formato	Descripción	Información
\$S	Byte de inicio	0x7E
Ver	Versión	0xFF
Len	Longitud de datos	No se cuentan las sumas de comprobación 0x06
CMD	Comando	<ul style="list-style-type: none"> - 0x01 Siguiente pista - 0x02 Pista anterior - 0x03 Pista especifica - 0x04 Subir Volumen - 0x05 Bajar volumen - 0x06 Volumen especifico
Feedback	Comando retroalimentación	1: Retroalimentación 0: Sin retroalimentación
Para1	Parámetro 1	Pista Byte alto
Para2	Parámetro 2	Pista Byte bajo
Checksum	Suma de comprobación	Byte alto Byte alto
\$O	Byte de finalización	0xEF

La función encargada de realizar este trabajo, tiene el código que se muestra a continuación.

```
//FUNCIÓN ENVIO DE COMANDOS A DFPLAYER //////////////////////////////////////
void enviar_DFP(byte cmd, byte com)
{
    //Comando inicial, este se modificara segun los requerimientos
    byte Comando[10] = {0x7E, 0xFF, 0x06, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xEF};
    if(com<0xF8){Comando[7]=0xFE;}
    if(com>0xF7){Comando[7]=0xFD;}
    Comando[3]=cmd;//Modificación de actividad a realizar
    if(reg==1){Comando[5]=0x01; reg=0;}
    Comando[6]=com; //Modificación de parametro (Pista|Volumen)

    //Calculo de checksum
    int16 ch2 = -(Comando[1] + Comando[2] + Comando[3] + Comando[4] + Comando[5] + Comando[6]);
    Comando[8] = make8(ch2,0); //Modificación de checksum

    for (byte k=0; k<10; k++) //Bucle para en envio de bytes
    {
        putchar(Comando[k]); //Envio de comando de forma serial a DFPlayer
    }
}
```

A partir del CMD y numero de pista recibido, además de los bytes fijos como lo son el inicial, versión, longitud y final se realiza la suma de comprobación y dividiéndola a esta en 2 bytes se procede a enviar de forma serial cada comando hacia el modulo reproductor MP3.

B.2. Conexión y envío de caracteres a PC vía USB

Utilizando el PIC18F2550 o el PIC18F4550 se puede realizar una comunicación sencilla entre el PIC y la computadora, para una de las funciones de nuestro prototipo se implementa una comunicación con la computadora, emulando un dispositivo de interfaz humana, en la que el PIC será reconocido como un dispositivo HID estándar, específicamente como un Keyboard (teclado) USB.

Conexión USB: Para la conexión del prototipo a la computadora y poder ser usado como un teclado USB, son necesarias las siguientes configuraciones mostradas a continuación, en cada punto se detallara y explicara cada una y finalmente será mostrado el código implementado.

a) Fuses para el funcionamiento: #fuses HSPLL, ,PLL5

Debido a que la frecuencia de oscilación necesaria para el USB es de 48 MHz y al usar un cristal de cuarzo de 20 MHz utilizaremos el módulo PLL del PIC mediante el fuse HSPLL, pero debido a que este requiere una oscilación de entrada de 4 MHz utilizamos el divisor 1:5 mediante el fuse PLL5 obteniendo los 4 MHz [36].

b) VID y PID:

VID: Es un número de 16 bits, es el código que identifica al fabricante del hardware, el código 04D8h identifica a Microchip.

PID: Es un número de 16 bits, es el código que identifica al dispositivo, el código 000Ah identifica a la familia de los PIC18, códigos necesarios para la conexión.

c) USB_STRING_DESC:

La tabla USB_STRING_DESC contiene la descripción del dispositivo detectado por el Driver de Windows y consta de los siguientes datos [36]:

- **USB_STRING_DESC_OFFSET:** Son tres números cada uno de ellos indica donde empieza cada dato en la tabla USB_STRING_DESC. {0, 4, 12} nos dice que la primera cadena comienza en el byte 0, la segunda en el byte 4 y la tercera a partir del byte número 12 [36].
- **4, USB_DESC_STRING_TYPE, 0x09, 0x04**
 - Longitud de 4 bytes.
 - USB_DESC_STRING_TYPE es una constante cuyo valor es 3 e informa que lo que sigue es una cadena.
 - 0x09 y 0x04 indican que las cadenas están escritos en ingles americano.
- **8, USB_DESC_STRING_TYPE, 'R', 0, 'R', 0, '2', 0**
 - Cadena que define el nombre del Hardware.
 - Longitud total de 8 bytes ya que "RR2" se codifica añadiendo un 0x00 tras cada carácter.
- **22, USB_DESC_STRING_TYPE, 'B', 0, 'r', 0, 'a', 0, 'y', 0, 'L', 0, 'e', 0, ' ', 0, 'U', 0, 'S', 0, 'B', 0**
 - Nombre del prototipo "BrayLe USB"

La parte fundamental del código implementado con la finalidad de lograr la conexión correctamente se muestra a continuación.

```
//Desplazamiento de la ubicación inicial de cada cadena.
const char USB_STRING_DESC_OFFSET[]={0,4,12};
//Número de cadenas que tiene, incluida la cadena 0.
#define USB_STRING_DESC_COUNT sizeof(USB_STRING_DESC_OFFSET)

char const USB_STRING_DESC[]={
//Cadena 0
4, //Longitud de la cadena
USB_DESC_STRING_TYPE, //Descriptor tipo cadena 0x03
0x09,0x04, //Microsoft Defined for US-English
//Cadena 1
8, //Longitud de la cadena
USB_DESC_STRING_TYPE, //Descriptor tipo cadena 0x03
'R',0,
'R',0,
'2',0,
//Cadena 2
22, //Longitud de la cadena
USB_DESC_STRING_TYPE, //Descriptor tipo cadena 0x03
'B',0,
'r',0,
'a',0,
'y',0,
'L',0,
'e',0,
' ',0,
'U',0,
'S',0,
'B',0,
};
```

Envío de caracteres vía USB: Para el envío de cada uno de los caracteres, escritos mediante los botones de la tapa superior del prototipo, usándolo como teclado y una vez realizada la fase de conexión de manera correcta, es necesario el envío de una cadena de datos `tx_msg` de 1 byte de longitud. El paquete de datos de teclado que es enviado tiene el siguiente aspecto: `int8 tx_msg[8]={2,0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}`; en la tabla B.2 se detalla de que se encarga cada uno de estos.

Tabla B.2: Descripción de paquete de datos de teclado.

<code>tx_msg[0]</code>	Identificador de HID (2)
<code>tx_msg[1]</code>	Modificador (Pulsación de tecla shift, tab, alt)
<code>tx_msg[2]</code>	Constante (0)
<code>tx_msg[3:7]</code>	Matriz de teclas presionadas
Si <code>tx_msg [2:7] = {0}</code> significa que no se mantiene presionada ninguna tecla [36].	

Cada uno de los caracteres que pueden ser escritos en un teclado de computadora, tiene una representación en hexadecimal cuyo número denominado HID usage ID se encuentra en la tabla llamada *Tabla de conversión de código de escaneo USB HID a PS/2*, presentada en anexos, estos números modificaran el paquete de datos específicamente el arreglo `tx_msg[3:7]`, para luego ser enviado mediante la siguiente instrucción:

`“usb_put_packet(1,tx_msg,sizeof(tx_msg),USB_DTS_TOGGLE);”`.

B.3. Igualar y presentar hora Reloj

La finalidad de la función reloj facilitada por el prototipo hacia el usuario es la de presentarle tanto la hora como la fecha en el instante que este se lo pida, siempre de manera exacta y evitando desigualdades o fallas.

a) Configuración I2C

Para esto es necesario realizar la conexión de las dos líneas, SCL la entrada de reloj para sincronizar la transferencia de datos y SDA la entrada/salida de datos para la interfaz I2C del integrado ds1307 con el microcontrolador, que para este caso se conectarán con los pines 0 y 1 del puerto C, mostrado a continuación [30], [37].

```
#ifndef RTC_SDA
#define RTC_SDA PIN_C1
#define RTC_SCL PIN_C0
#endif
#use i2c(master, sda=RTC_SDA, scl=RTC_SCL)
```

b) Inicialización ds1307

En la función principal del programa se deberá inicializar tanto el bus I2C como el controlador del reloj en tiempo real ds1307 como es mostrado a continuación.

```
init_i2c_bus();  
ds1307_init();
```

c) Igualación del reloj

Para realizar la igualación de la fecha y hora deberá ser ingresado carácter por carácter como es indicado por el prototipo:

1. Primer dígito del día
2. Segundo dígito del día
3. Primer dígito del mes
4. Segundo dígito del mes
5. Tercer dígito del año
6. Cuarto dígito del año
7. AM o PM
8. Primer dígito de la hora (12H)
9. Segundo dígito de la hora (12H)
10. Primer dígito de los minutos
11. Segundo dígito de los minutos

A continuación la fecha y hora quedara grabada mediante el uso de la siguiente instrucción, los ceros mostrados son debido a datos que no son usados para igualar:

```
ds1307_set_date_time(day,month,yr,0,hrs,min,0);
```

d) Presentación de fecha y hora

La presentación de la fecha se realizara, solo si entramos al modo fecha, mientras que la hora será presentada desde el modo hora y también a través del accionamiento combinado de las teclas: Punto 6 y Enter, los comandos para la presentación se muestran a continuación, obtenidos los valores de fecha u hora son enviados a la función de reproducción, para presentar las pistas según estos valores.

```
ds1307_get_date (day, month, yr, dow);  
ds1307_get_time (hrs, min, sec);
```

B.4. Verificación de caracteres y carga de variables

Para la verificación de que los datos ingresados en cada uno de los modos de funcionamiento, principalmente en la práctica de la escritura Braille y su uso como teclado sean los correctos, se realiza mediante la ayuda de matrices.

a) Declaración de matrices de representación de caracteres y botones

Cada carácter tendrá su representación mediante una matriz de 6 valores denominada “br”, mientras que los 6 botones principales también tendrán su representación en todo momento según estos sean pulsados mediante otra matriz llamada “braille” de 6 valores, son inicializadas en 1 ya que eso significa en el caso de los caracteres ningún punto en relieve y en los pulsantes ninguno presionado.

```
int8 br[6]={1,1,1,1,1,1};
int8 braille[6]={1,1,1,1,1,1};
```

b) Matrices representativas de cada carácter, carga de variables

Inicialmente son declaradas las variaciones que tendrá la matriz para los caracteres Braille según la letra, punto, número o símbolo, en funciones llamadas matrizLetras, matrizPuntos o matrizNumeros, a continuación se muestra como es el proceso de declaración de algunas letras, representada también por un número, por ejemplo la letra “a” es representada por el número 0 y la matriz [0,1,1,1,1,1]. Para obtener la matriz de un carácter bastara con especificar el número de ese carácter lo que cargara la matriz del mismo para su verificación.

```
void matrizLetras(void){
    if(nLetra==0){br[0]=0;} // A
    if(nLetra==1){br[0]=0; br[1]=0;} // B
    if(nLetra==14){br[0]=0; br[1]=0; br[3]=0; br[4]=0; br[5]=0;} // Ñ
    if(nLetra==25){br[0]=0; br[2]=0; br[3]=0; br[4]=0; br[5]=0;} // Y
    if(nLetra==26){br[0]=0; br[2]=0; br[3]=0; br[4]=0;} // Z
}
```

c) Matriz de botones principales

Lo que representa la matriz de los botones principales es el accionamiento o no de estos, cuando un botón no ha sido presionado cada valor respectivo al botón es 1 es decir no varía del inicializado al menos que sea presionado, en este caso cambia a 0. Cada botón que constituye el signo generador en el prototipo representa un valor de la matriz “braille” como es indicado en la tabla B.3, mostrada a continuación.

Tabla B. 1: Forma de representación de botones pulsados mediante matriz.

		Puntos (1,2,3,4,5,6)	Matriz "braille" (1 x 6) {[0],[1],[2],[3],[4],[5]}
		Punto 1	braille[0]
		Punto 2	braille[1]
		Punto 3	braille[2]
		Punto 4	braille[3]
		Punto 5	braille[4]
		Punto 6	braille[5]

El código usado para el cambio de estado según el accionamiento o no de cada botón es el mismo para cada uno, y es mostrado a continuación, juntamente con la programación necesaria para evitar los rebotes o fallas por accionamientos prolongados.

```
if(input_state(pin_A0)==0){
    while(input_state(pin_A5)==0);
    delay_ms(100);
    braille[5]=0;
}
```

d) Verificación de matrices

Finalmente una vez que el botón de Enter sea presionado, o en su defecto el último botón de la combinación para cada carácter sea accionado, se procederá a la verificación de que los valores ingresados sean equivalentes con los valores necesarios y cargados para la validación en cada caso respectivo en las matrices de comprobación.

A continuación se muestra el código usado para la verificación, en los espacios que están especificados como "Comandos Correcto" o "Comandos Incorrecto", irán especificados las acciones y comandos a realizar dependiendo de cada caso, como envío de indicaciones sonoras, reinicio de matrices y variables.

```
void verificar (void){
    ver=0; // Variable, 0 Incorrecto, 1 Correcto
    if(braille[0]==br[0]){ // Verificación del punto 1
        if(braille[1]==br[1]){ // Verificación del punto 2
            if(braille[2]==br[2]){ // Verificación del punto 3
                if(braille[3]==br[3]){ // Verificación del punto 4
                    if(braille[4]==br[4]){ // Verificación del punto 5
                        if(braille[5]==br[5]){ // Verificación del punto 6
                            ver=1;
                            "Comandos Correcto"
                        } } } } } }
    if(ver==0){ "Comandos Incorrecto" } // 0 Incorrecto, 1 Correcto
```

ANEXO C: DETALLE DE ELEMENTOS Y CIRCUITO ELECTRÓNICO

En esta parte se detalla, sobre los siguientes temas, referentes a los elementos electrónicos usados en el prototipo:

C.1. Microcontrolador PIC 18F2550

- Características relevantes para el proyecto
- Comparación de dimensiones entre los microcontroladores PIC 18F2550 y PIC18F4550

C.2. Módulo MP3-TF-16P

- Características relevantes para el proyecto
- Especificaciones técnicas del módulo
- Esquemas de conexión con el microcontrolador, parlante y audífonos

C.3. Módulo RTC DS1307

- Características relevantes para el proyecto
- Descripción Técnica Pines Conexión

C.4. Placa cargador / descarga / elevador y batería

- Características relevantes para el proyecto
- Esquema de conexión
- Valores técnicos batería de polímero de litio

C.5. Botones Principales y Secundarios

C.1. Microcontrolador PIC 18F2550

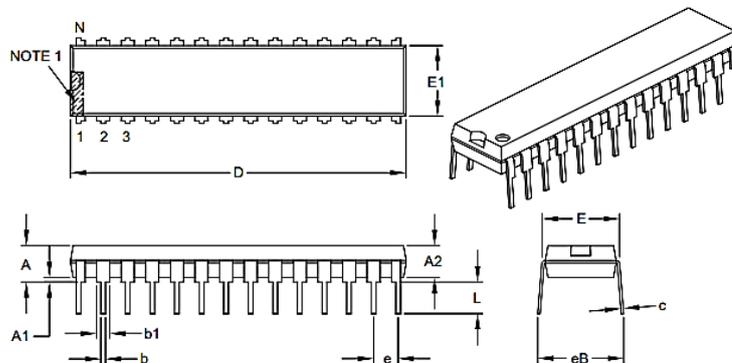
a) Características relevantes para el proyecto [38]:

- Microcontrolador CMOS de 8 bits
- Grandes cantidades de memoria RAM para almacenamiento en búfer y memoria de programa FLASH
- Ideal para aplicaciones de control y monitoreo embebido que requieren una conexión con una computadora.
- Carga y descarga de datos a través de USB.

b) Comparación de dimensiones entre los microcontroladores PIC 18F2550 y PIC18F4550:

Con la tabla C.1, se podrá realizar el análisis, ya presentado anteriormente sobre cada una de las dimensiones de los microcontroladores ya mencionados, verificando que el tamaño ocupado por el dispositivo escogido para el diseño final, el PIC18F2550 redujo a la tercera parte el espacio ocupado por su predecesor.

Tabla C.1: Comparación de medidas ente PIC18F2550 y 18F4550.



		PIC18F2550 Nominal [mm]	PIC18F4550 Nominal [mm]
Número de pines	N	28	40
Distancia pines	e	2.540	2.540
Altura desde plano base	A	5.080	6.35
Base – Plano base	A1	0.381	0.381
Altura encapsulado	A2	3.429	4.953
Ancho con pines	E	7.874	15.875
Ancho sin pines	E1	7.239	14.732
Largo	D	34.671	53.233
Altura punta pines	L	3.302	3.302
Espesor pines	c	0.245	0.245
Ancho superior pines	b1	1.270	1.270
Ancho inferior pines	b	0.457	0.457
Ancho general	eB	10.922	17.78

C.2. Módulo MP3-TF-16P

Es un módulo serial de MP3 que proporciona la decodificación integrada del hardware de MP3 y WMV, el software es compatible con el controlador de la tarjeta TF, y con sistemas FAT16 y FAT32. Es controlado a través de simples comandos en serie para especificar la reproducción de música, así como la forma de reproducción y otras funciones, siendo fácil de usar, estable y confiable.

a) Características relevantes para el proyecto [35]:

- Soporta decodificación MP3 y WMV.
- Soporte de frecuencia de muestreo de 8KHz, 11.025KHz, 12KHz, 16KHz, 22.05KHz, 24KHz, 32KHz, 44.1KHz, 48KHz.
- Salida DAC de 24 bits, soporte de rango dinámico 90dB, SNR compatible con 85dB.
- Compatible con FAT16, sistema de archivos FAT32, tarjeta TF con soporte máximo de 32 GB.
- Amplificador incorporado de 3W.
- Los datos de audio están ordenados por carpeta, admite hasta 100 carpetas, cada una con hasta 1000 canciones
- 30 niveles de volumen ajustable.
- 10 niveles de ecualización ajustable.

b) Especificaciones técnicas del módulo:

Tabla C.2: Especificaciones técnicas del módulo MP3-TP-16P [35].

Item	Descripción
Formato MP3	1. Soporta decodificación de audio 11172-3 e ISO 13813-3 capa 3
	2. Velocidad de muestreo de apoyo (KHZ): 8/11.025/12/16/22.05/24/32/44.1/48
	3. Soporte Normal, Jazz, Clásico, Pop, Rock, etc.
Puerto UART	Serie estándar; Nivel TTL; Velocidad de transmisión ajustable (predeterminada 9600)
Voltaje de trabajo	DC 3.2 ~ 5.0V
Corriente en espera	20mA
Temperatura de operación	-40 ~ +70
Humedad	5% ~ 95%

c) Esquemas de conexión con el microcontrolador, parlante y audífonos

En los esquemas mostrados a continuación se observa cómo es realizada cada una de las conexiones necesarias para el funcionamiento del reproductor MP3, tanto para señales de ingreso como para señales de salida. En la figura C.2 se muestra la conexión necesaria para el envío de los comandos desde el microcontrolador hacia el modulo reproductor, para este caso el neutro de ambos dispositivos debe estar unido, además que se puede conectar una resistencia de 1K al pin TX para cuestiones de ruido.

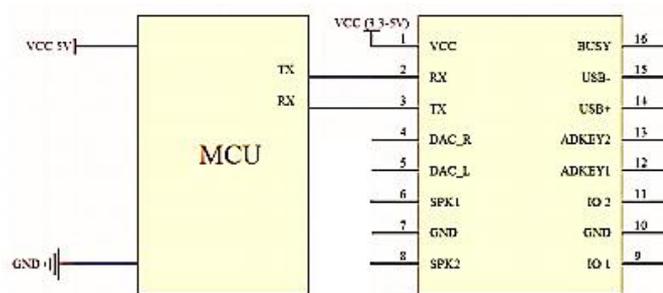


Figura C.1: Conexión serial entre el microcontrolador y el módulo MP3-TF-16P [35].

De igual manera en las figuras a continuación, se detallan las conexiones necesarias para la reproducción mediante un parlante de hasta 3W y audífonos respectivamente. En el caso de la reproducción por el parlante, el mismo se deberá conectar en los pines SPK 1 y 2, sin tomar en cuenta la polaridad del dispositivo de sonido, como se muestra en la figura C.3.

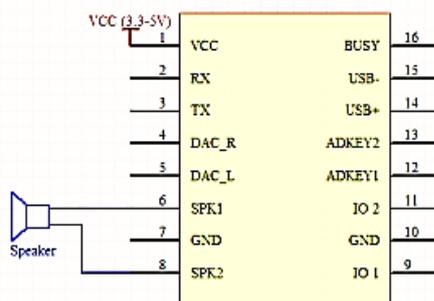


Figura C.2: Conexión parlante menor de 3W al módulo reproductor [35].

Para el caso de la conexión de unos audífonos como dispositivo sonoro, se debe tomar en cuenta la correcta conexión del lado izquierdo y del lado derecho de los audifonos, mediante un Jack de 3.5 mm tipo hembra, el tercer pin se deberá conectar a tierra, como se puede ver en la figura C.4.

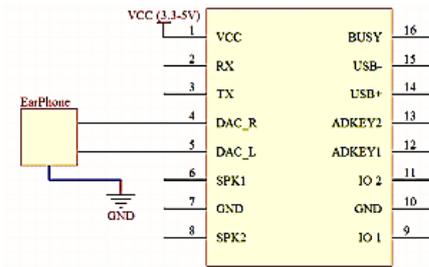


Figura C.3: Conexión audífonos al módulo reproductor [35].

C.3. Módulo RTC DS1307

Es un módulo mostrado en la figura C.5, es el que principalmente se encuentra en el mercado, el módulo Tiny RTC DS1307, ya diseñado e implementado, pero que no se usó por cuestiones de reducción de espacio, lo que se realizó es la implementación de este desde cero y añadido a la placa principal del prototipo.

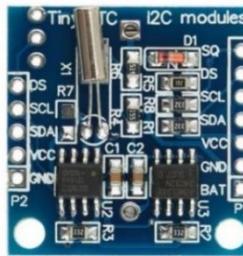


Figura C.4: Módulo Tiny RTC DS1307.

a) Características relevantes para el proyecto [30]:

- Reloj de tiempo real que cuenta los segundos, minutos y horas.
- Conteo de fecha, mes, año y día de la semana con compensación de años bisiestos válido hasta el año 2100.
- Formato de 24 o 12 Horas con indicador AM/PM.
- Consumo de potencia menor a 500nA en modo respaldo a 25°C.
- 56 bytes de RAM no volátil para almacenamiento de datos.
- Circuitos internos de respaldo para la alimentación automática.
- Protocolo I2C.

b) Descripción Técnica Pines Conexión [30]:

A continuación se indica una breve descripción de cada uno de los pines del integrado a usar DS1307:

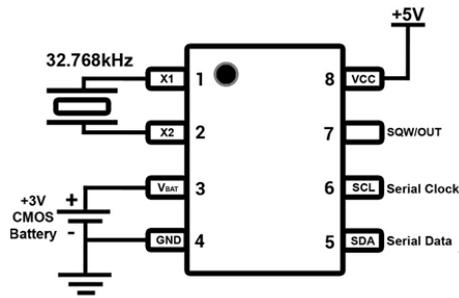


Figura C.5: Pines DS1307 [30].

- **VCC:** Es la entrada de +5VDC.
- **GND:** Es la referencia.
- **VBAT:** Entrada de alimentación de una pila estándar de litio de 3 Voltios.
- **SCL:** Entrada de reloj para sincronizar la transferencia de datos en la interfaz serial.
- **SDA:** Entrada/salida de datos para la interfaz I2C.
- **X1, X2:** Conexiones para un cristal de cuarzo estándar de 32.768 Hz.
- **SQW/OUT:** Salida para generar una de cuatro posibles frecuencias de salida 1Hz, 4KHz, 8KHz o 32KHz.

C.4. Placa cargador / descarga / elevador y batería

a) Características relevantes para el proyecto [31]:

- Carga:
 - Voltaje de carga: 4.5 – 8 VDC (Recomendable 5 VDC)
 - Corriente de carga: 0 – 1 A
 - Voltaje de carga total: 4.2 V
 - Eficiencia: +-2%
 - LED OK: Indicador de batería completamente cargada
 - LED CR: Indicador de estado de carga
- Descarga:
 - Corriente de descarga: 0 - 2A;
 - Corriente de descarga en espera: 450uA
 - Eficacia de conversión de descarga: 78 - 90%
 - Corriente de salida: 0 - 1.2A (5V)

- Temperatura de funcionamiento: -40° a $+85^{\circ}$
- Tamaño: 23 x 15.4 x 5.7mm
- Peso: 2.2g

b) Esquema de conexión:

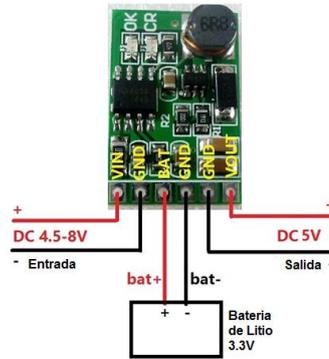


Figura C.6: Modulo de carga y descarga DD05CVSA y esquema de conexión [31].

c) Valores técnicos batería de polímero de litio:

Tabla C.3: Valores técnicos batería de polímero de litio [32].

Atributo	Valor
Tensión Nominal	3.7V
Capacidad	2000mAh
Química	Polímero de Litio
Tipo de Terminal	Hilo de Conexión
Rango de Temperatura de Funcionamiento	0 - 45°C

C.5. Botones Principales y Secundarios

Se muestra la estructura, las dimensiones, el aspecto en diferentes perspectivas de observación, y así también las conexiones internas de los dos tipos de botones usados en el diseño e implementación del prototipo.

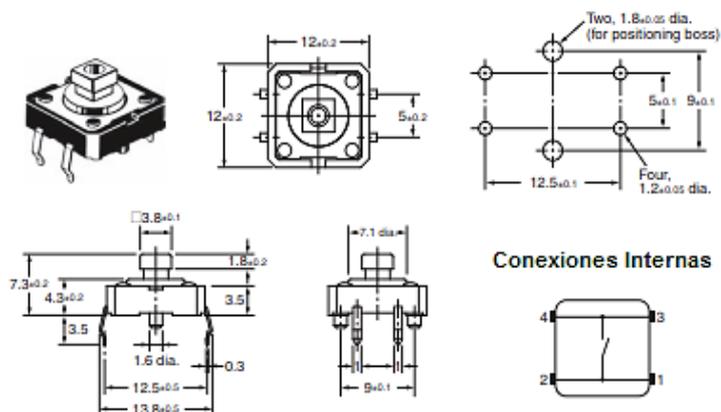


Figura C.7: Interruptor táctil Omron 12x12mm [39].

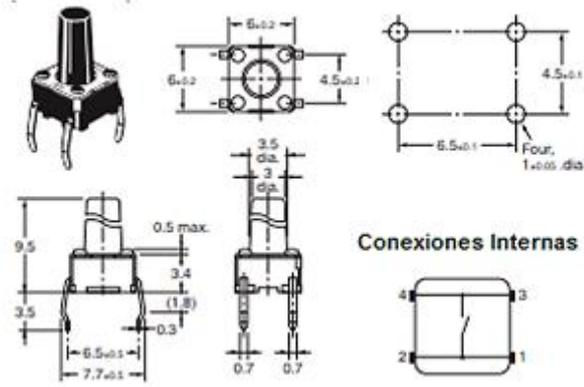


Figura C.8: Interruptor táctil Omron 6x6mm, altura pulsador 9.5mm [39].

ANEXO D: DETALLE DESARROLLO DE TARJETAS ELECTRÓNICAS

En esta parte se detalla, sobre los siguientes temas, referentes a la ejecución de las tarjetas electrónicas.

D.1. Tarjeta Electrónica Principal

- Diagrama electrónico esquemático
- Diseño y armado de la tarjeta electrónica

D.2. Tarjeta Electrónica de Pulsantes

- Diagrama electrónico esquemático
- Diseño y armado de la tarjeta electrónica

D.3. Tarjeta Electrónica de Sonido

- Diagrama electrónico esquemático
- Diseño y armado de la tarjeta electrónica

D.4. Tarjetas Electrónicas Complementarias

- Diagrama electrónico y diseño, tarjeta de volumen
- Diagrama electrónico y diseño, tarjeta de volumen

D.1. Tarjeta Electrónica Principal

a) Diagrama electrónico esquemático:

La forma que fue dada a la tarjeta electrónica dependió del armazón, ya que para este caso se diseñó primeramente En la figura D.1 se muestra el diagrama esquemático implementado en el software Eagle para el diseño de la placa principal, así como los elementos que la conforman. Cada uno de los conectores cuenta con su nombre de referencia para facilitar su diseño y conexión con las placas adicionales; fue en esta etapa que se optó por cambiar el PIC18F4550 inicial por el PIC18F2550 actual por cuestiones de tamaño.

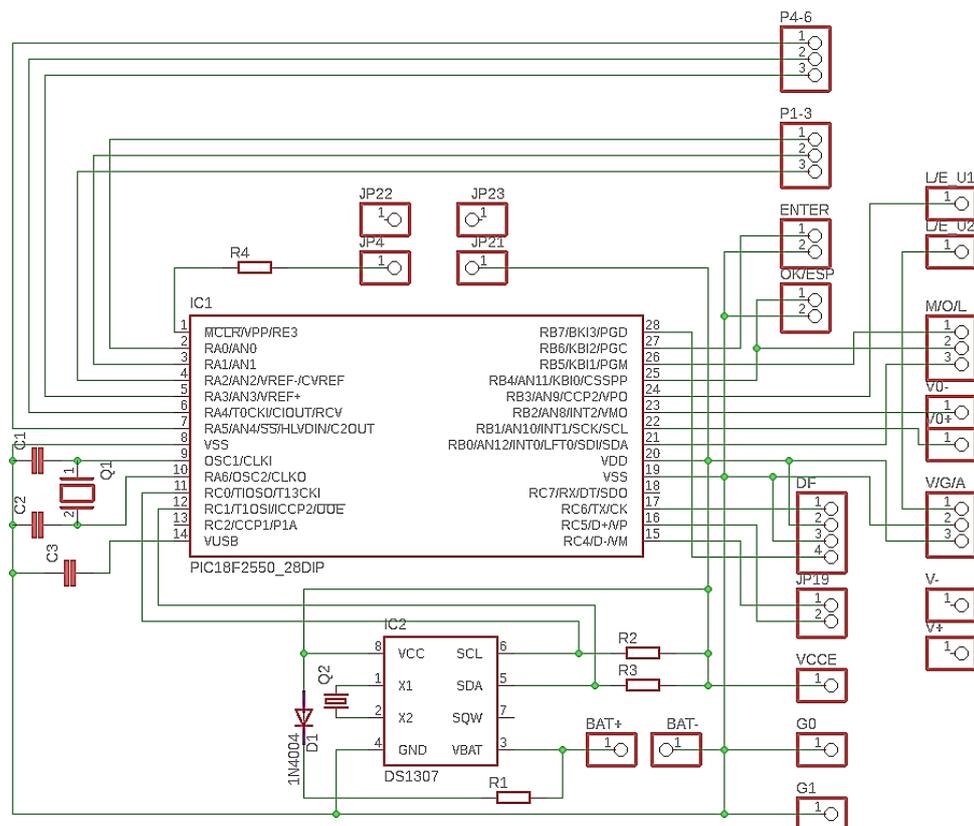


Figura D.1: Diagrama esquemático, circuito tarjeta electrónica principal.

b) Diseño y armado de la tarjeta electrónica:

La forma que fue dada a la tarjeta electrónica dependió del armazón, ya que para este caso se diseñó primeramente el armazón tomando en cuenta el tamaño de los elementos electrónicos, para posteriormente diseñar las tarjetas electrónicas del tamaño y forma necesaria, ubicando cada elemento de la manera correcta.

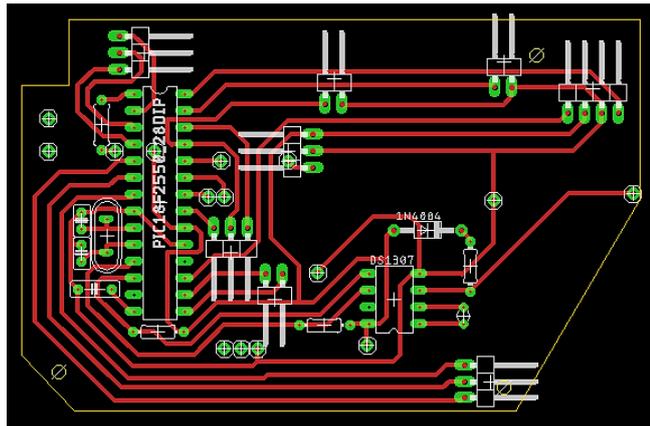


Figura D.2: Proceso de diseño de la tarjeta electrónica principal.

En la figura D.3 se muestra el aspecto que tendrá la tarjeta electrónica, antes de realizarla ya físicamente y armarla con todos sus componentes mediante el diseño mostrado serán comprobado que todos los elementos cuenten con el tamaño establecido en un inicio para evitar fallas en el acople en cada agujero.

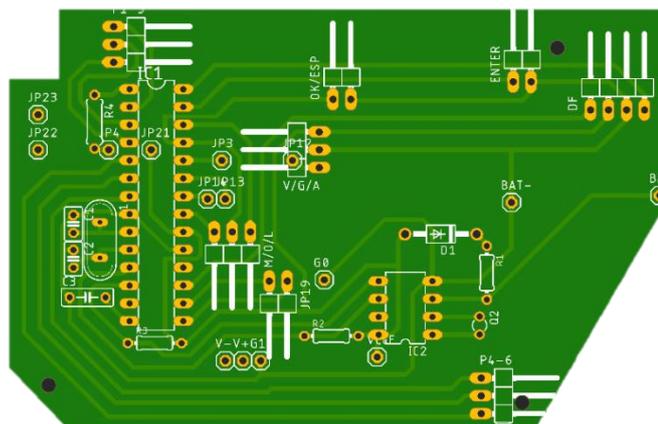


Figura D.3: Aspecto final de la tarjeta electrónica principal.

D.2. Tarjeta Electrónica de Pulsantes

a) Diagrama electrónico esquemático:

El circuito juntamente con los elementos utilizados se muestra en la figura D.4 igualmente en Eagle, este consta de 7 pulsantes Omron de 12x12mm conformando el signo generador y un botón ejecutor, además de 3 botones de comandos para la elección de modos de funcionamiento y actividades estos de 6x6mm, junto con los conectores necesarios.

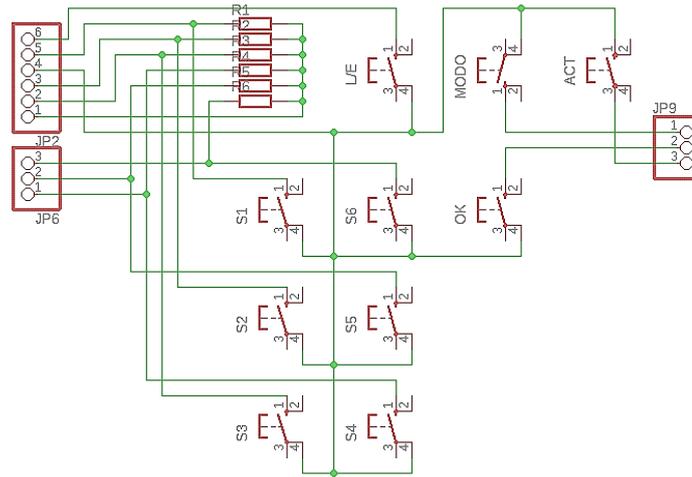


Figura D.4: Diagrama esquemático, circuito tarjeta de botones.

b) Diseño y armado de la tarjeta electrónica:

El motivo de la separación de esta de la tarjeta principal es que la altura del PIC con el sócalo es de un poco más de 10mm contra los casi 5mm de los pulsantes lo que provocaría que los pulsantes no sobresalgan la carcasa dificultando su accionamiento, por lo que su separación se da con la finalidad de que esta tarjeta este desplazada unos centímetros más arriba para compensar este problema. En la figura D.5 se muestra el aspecto que tendrá la tarjeta electrónica y la ubicación de sus elementos, el ancho de sus pistas, entre otros factores.

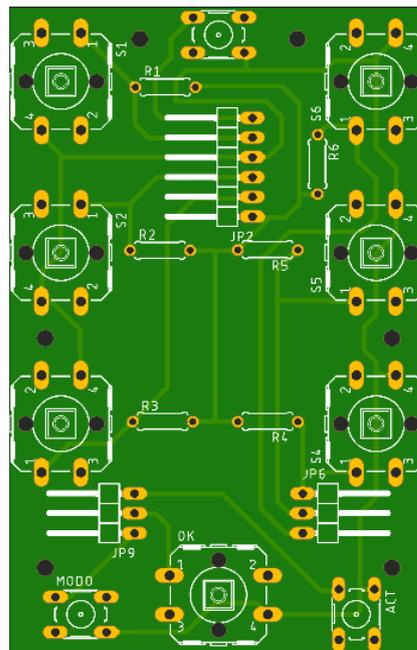


Figura D.5: Aspecto final de la tarjeta electrónica de botones.

D.3. Tarjeta Electrónica de Sonido

a) Diagrama electrónico esquemático:

En la figura D.6 se muestra los elementos y las conexiones necesarias entre estos para el funcionamiento y el envío de las órdenes sonoras, a partir de este esquema se realizó la tarjeta electrónica presentada en el siguiente punto.

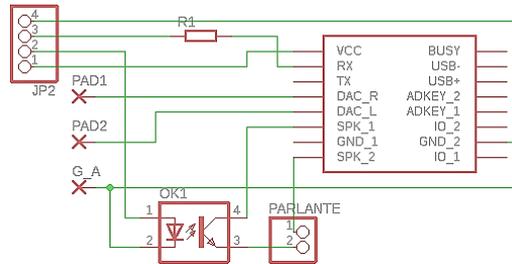


Figura D.6: Diagrama esquemático, circuito tarjeta electrónica de sonido.

b) Diseño y armado de la tarjeta electrónica:

En la figura D.7, se puede observar tanto el aspecto del diseño de la tarjeta electrónica, así como el armado final de la misma, la ubicación de los elementos se debe a el diseño inicial del prototipo ya que de este depende la ubicación del conector de los audífonos y la ranura de la tarjeta micro SD.

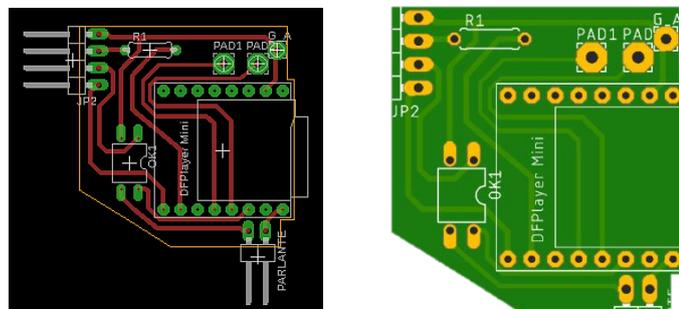


Figura D.7: Diseño y aspecto final de la tarjeta electrónica de sonido.

D.4. Tarjetas Electrónicas Complementarias

a) Diagrama electrónico y diseño, tarjeta de volumen:

La primera tarjeta complementaria, es muy simple, solamente contara con dos botones y tres puntos de conexión, estos permitirán al aumento o disminución del nivel de volumen mediante el envío de comando desde el microcontrolador hasta el módulo de reproducción, en la figura D.8 se observa el diagrama electrónico

esquemático, mientras que en la figura D.9 el diseño y aspecto final de la tarjeta electrónica.

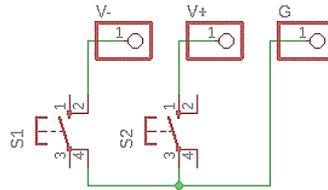


Figura D.8: Diagrama esquemático, circuito tarjeta electrónica de sonido.

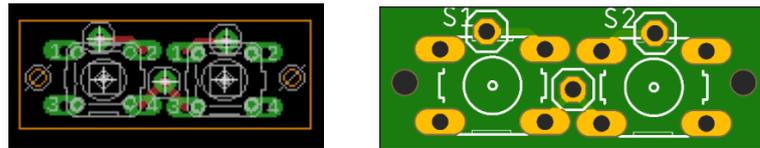


Figura D.9: Diseño y aspecto final tarjeta electrónica control de volumen.

b) Diagrama electrónico y diseño, tarjeta de volumen:

La segunda tarjeta complementaria a abordar será la placa de conexión USB, en la figura D.10 se muestra el diagrama esquemático implementado en Eagle y en la figura D.11 el aspecto después del diseño, simple debido a que solamente será un punto de conexión del puerto USB B tipo hembra con la tarjeta de carga y descarga DD05CVSA mostrado anteriormente en las figura C.7 y 3.8, además de la conexión con los pines USB del microcontrolador.

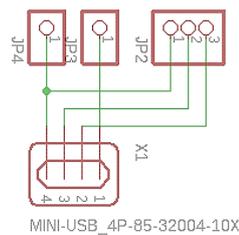


Figura D.10: Diagrama esquemático tarjeta electrónica comunicación USB.

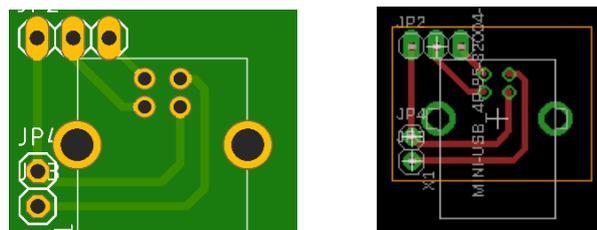


Figura D.11: Aspecto después de diseño tarjeta electrónica comunicación USB.

ANEXO E: DETALLE DISEÑO DEL ARMAZÓN

En esta parte se detalla, sobre los siguientes temas, referentes al diseño y ejecución del armazón.

E.1. Diseño del Armazón Versión 1

- Capa Número 1
- Capa Número 2

E.2. Diseño final del armazón

- Base del armazón
- Elementos de energía y sonido
- Tarjetas electrónicas
- Armazón completo
- Detalles y botones superiores

E.3. Planos y estructuras finales del armazón del prototipo

- Estructura tapa inferior
- Plano tapa inferior
- Estructura tapa superior
- Plano tapa superior
- Botones superiores, tipo gatillo

E.1. Diseño del Armazón Versión 1

a) Capa Número 1:

En esta primera capa, como se puede apreciar en la figura E.1, se muestra la distribución de los elementos de alimentación, energía y sonido, como lo son la batería, el modulo y el puerto para la carga, el modulo reproductor MP3 y el parlante. Al momento del diseño se fueron comprobando medidas y se realizó la delimitación del armazón, cabe recalcar que la figura se muestra a una escala 1:2.

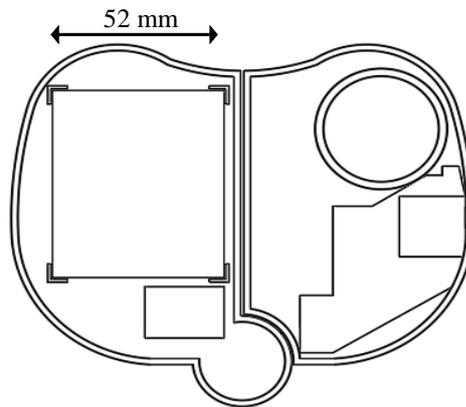


Figura E.1: Diseño CAD, capa energía y sonido.

b) Capa Número 2:

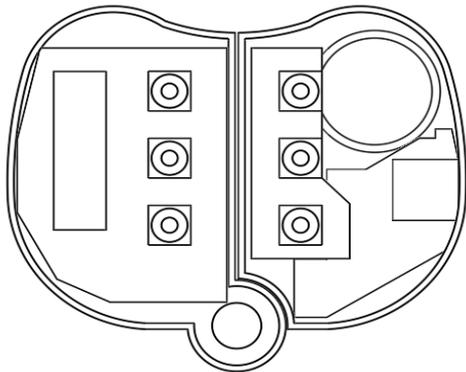


Figura E.2: Diseño CAD, capa superior, microcontrolador y botones.

En la figura E.2 está representada la segunda capa, que cuenta con dos placas, la primera al lado izquierdo es la placa madre, en ella está el microcontrolador y tres botones del signo generador, mientras que en la segunda placa al lado derecho se encuentran los tres botones restantes del signo generador, con una distribución igual de los elementos; respetando la delimitación del armazón realizada en la primera capa.

E.2. Diseño final del armazón

Debido a la consideración de obtener un mejor diseño para el armazón del prototipo, además de buscar una correcta distribución para los elementos se rediseñó el armazón, mediante el procedimiento detallado a continuación.

a) Base del armazón:

De acuerdo a las medidas de la tarjeta electrónica principal y también del tamaño de la batería a usar, se realizó el diseño de la base mostrado en la figura E.3, cuyo grosor es de 3 mm, desde la cual se continuará diseñando hacia arriba cada uno de sus componentes con sus medidas específicas además del armazón y sus detalles.

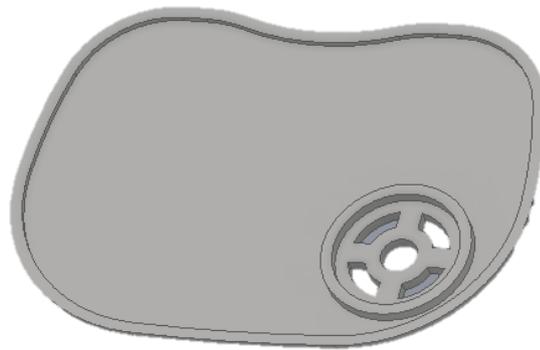


Figura E.3: Diseño en tercera dimensión de la base del armazón.

b) Elementos de energía y sonido:

A partir de la base obtenida en la sección anterior, se ubican los elementos encargados de la energía y reproducción de audio, como lo son la batería, la placa para la carga y conexión USB, el parlante, el conector para audífonos y el módulo de reproducción MP3, cada uno con sus medidas en una primera capa, mostrada en la figura E.4.

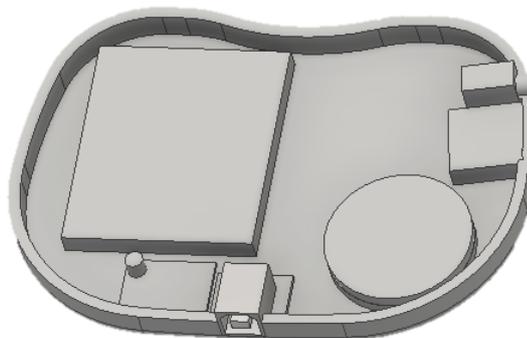


Figura E.4: Espacio usado por elementos de energía y sonido.

c) Tarjetas electrónicas:

El siguiente paso es diseñar cada una de las tarjetas electrónicas, principal y secundaria en tercera dimensión para observar y verificar el espacio ocupadas por las mismas, así como el ancho que tendrá el armazón; en cada una de la tarjetas se ubican los elementos de mayor tamaño como lo son el microcontrolador y cada uno de los botones principales, tal como se muestra en la figura E.5.

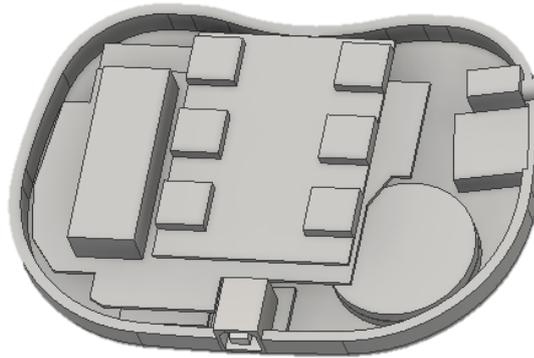


Figura E.5: Diseño y verificación del espacio usado por las tarjetas electrónicas.

d) Armazón completo:

Después de la ubicación de cada uno de los elementos como dispositivos y tarjetas electrónicas respetando los límites planteados para el armazón y manteniendo una relación y ubicación coherente entre estos, se procede al diseño de los lados laterales y el superior también de un espesor de 3 mm al igual que la base. En la tapa superior estarán ubicados los agujeros necesarios para el acceso a los botones así como la salida del sonido, no siendo esta la última etapa del diseño, en la figura E.6 se muestra el armazón con un corte que nos permite observar la distribución de los elementos en su interior.

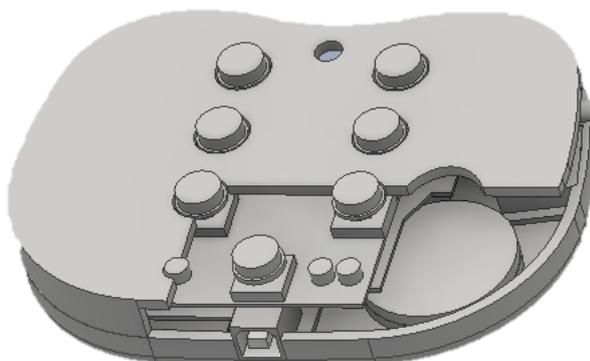


Figura E.6: Diseño total del armazón junto con sus elementos internos.

e) Detalles y botones superiores:

Con la finalidad de que el armazón tenga un mejor acabado y sea adaptable a la forma de agarre de las manos, en cada una de sus aristas se realizarán empalmes curvos, también se agregaron 2 botones superiores los que serán de ayuda al momento de la escritura en un ordenador, pudiendo ser realizada de forma más rápida y flexible a los dedos que el usuario desee utilizar, contando con varias combinaciones, las que serán probadas en el siguiente capítulo. En secciones posteriores el armazón será dividido en dos partes una tapa inferior y otra superior y serán agregados detalles propios de cada tapa para su ajuste. Las medidas finales del armazón son de 14 x 10 x 2.4 cm, largo, ancho y altura respectivamente, su diseño final es el mostrado en la figura E.7 y el color considerado es el negro.

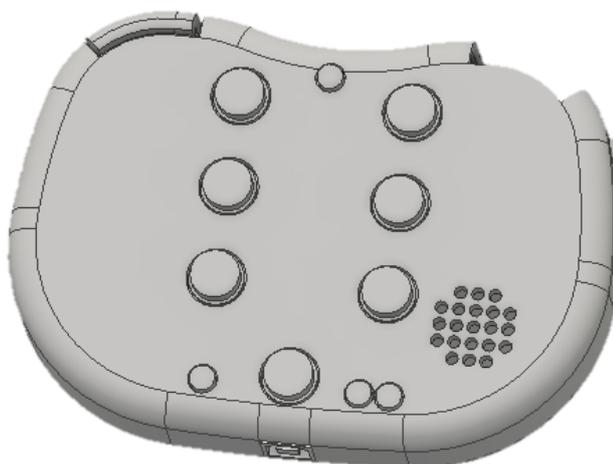


Figura E.8: Diseño final del armazón del prototipo.

E.3. Planos y estructuras finales del armazón del prototipo

a) Estructura tapa inferior:

A continuación en la figura E.8 se muestra el diseño final de la tapa baja del armazón, con este diseño se realizarán las impresiones en tercera dimensión de la tapa inferior, se puede observar diversas estructuras de soporte pequeñas en la base, en varios casos cuentan con los agujeros correspondientes, estos servirán para fijar cada elemento en su lugar mediante tornillos. Los lados laterales de la estructura no son continuos debido a botones que son diseñados por separado, diferentes puertos de entrada y componentes que son necesarios que sobresalgan al exterior.

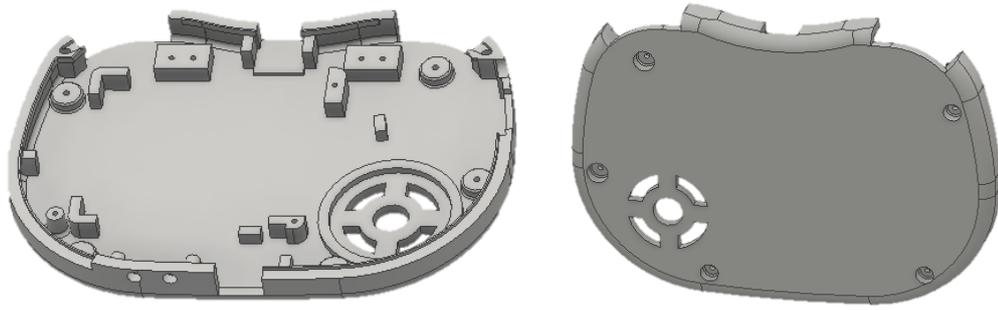


Figura E.8: Vista delantera y trasera en tercera dimensión de la tapa inferior.

b) Plano tapa inferior:

Con la finalidad de comprobar el acoplamiento entre cada una de las tapas, además de que cada elemento como tarjetas electrónicas y los diferentes dispositivos que están ubicados en la tapa inferior quepan en el espacio considerado al momento del diseño, se procede a obtener el plano superior de la tapa, exportando nuestro diseño a un formato .dwg, con la finalidad de ubicar cada elemento en su espacio y verificar el lugar de los agujeros, sus dimensiones y que no choquen con los elementos adyacentes, dejando abierta la posibilidad de realizar ediciones de ser necesarias. En la figura E.9 es mostrado el plano obtenido a partir del diseño en tercera dimensión, pero visto desde la parte superior.

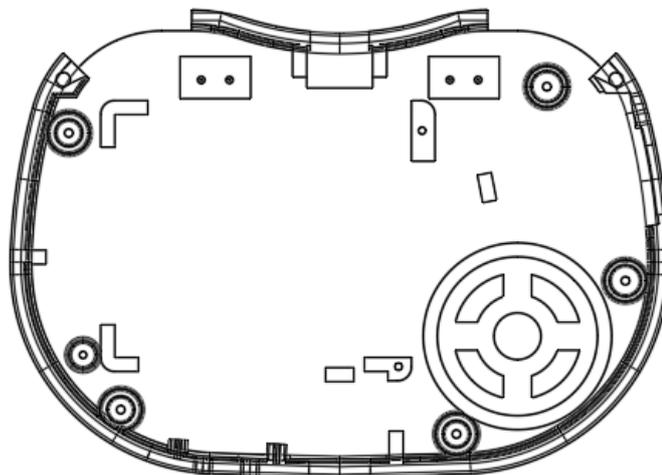


Figura E.9: Plano general de la tapa inferior del armazón.

c) Estructura tapa superior:

De igual forma que con la tapa inferior a continuación en la figura E.10 se muestra el diseño final obtenido y con el cual se realizarán las impresiones en tercera dimensión de la tapa superior del armazón, en las figuras se observa además de la

carcasa principal también diversos cilindros salientes con agujeros para fijar la placa de botones mediante tornillos. A diferencia de la tapa inferior los lados laterales de la estructura solo están interrumpidos debido a botones que son diseñados por separado.



Figura E.10: Vista delantera y trasera en tercera dimensión de la tapa superior.

d) Plano tapa superior:

Para comprobar la unión entre las tapas, además que las medidas de cada elemento de forma física y que el acople con la tapa inferior sea el correcto, se obtiene el plano superior en formato .dwg, con la finalidad de ubicar cada elemento en su espacio y realizar esta verificación, además de comprobar la correcta ubicación de agujeros para tornillos, con la abierta la posibilidad de realizar ediciones de ser necesarias. En la figura E.11 se muestra el plano obtenido a partir del diseño en tercera dimensión, pero visto desde la parte superior.

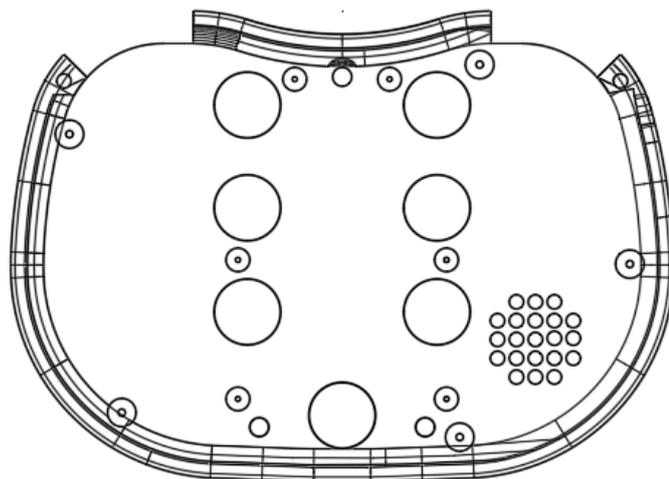


Figura E.11: Plano general de la tapa inferior del armazón.

e) Botones superiores, tipo gatillo:

Luego de haber realizado el rediseño con nuevas consideraciones para facilitar el uso del prototipo de manera especial al momento de usarlo como teclado

en una computadora, pensado en aumentar la velocidad de escritura se incluyó la idea de agregar dos botones superiores tipo gatillo, estos se muestran en la figura E.12, en donde se aprecia su estructura en tercera dimensión y también los planos desde las vistas superior y lateral, estas 4 piezas conjuntamente con las tapas superior e inferior forman el armazón final del prototipo.

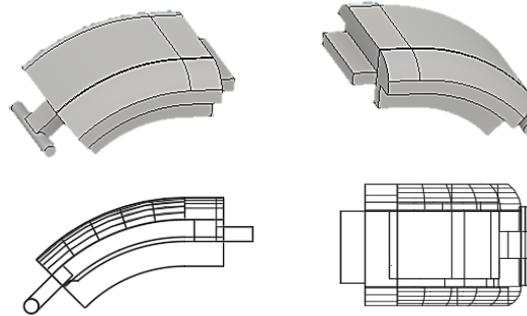


Figura E.12: Estructura y planos botones superiores tipo gatillo.

ANEXO F: MANUAL DE USUARIO

Manual de usuario orientado al uso y funcionamiento del prototipo para la ayuda en el aprendizaje y aplicación del lenguaje Braille.

Propósito: La intención de este manual de usuario, es brindar la ayuda necesaria para el uso del prototipo, tanto a las personas con discapacidad visual que lo empleen, como a los docentes encargados de la formación en esta área en diferentes instituciones educativas y sus estudiantes. Además de dar a conocer las diferentes aplicaciones y modos de funcionamiento que este dispositivo pone a su disposición y la manera de cómo utilizarlas y acceder a las mismas, para finalmente ofrecer tips para que el uso sea adecuado y ordenado tanto con el proceso de formación, como con el proceso de diseño del mismo.

MANUAL DE USUARIO

“PROTOTIPO DIDÁCTICO PARA LA AYUDA EN EL APRENDIZAJE Y APLICACIÓN DEL ALFABETO BRAILLE DE NIÑOS NO VIDENTES”



Descripción breve

Manual de usuario orientado al uso y funcionamiento del prototipo para la ayuda en el aprendizaje y aplicación del lenguaje Braille

Pedro Andrés Asmal Arias
pasmal@est.ups.edu.ec

Tabla de contenido

1.	Introducción	4
1.1.	<i>Propósito</i>	4
1.2.	<i>Alcance</i>	4
2.	Manual de funcionamiento	5
2.1.	<i>Requerimientos</i>	5
2.1.1.	<i>Hardware</i>	5
2.1.2.	<i>Software</i>	5
2.2.	<i>Descripción física del Prototipo de Enseñanza y Aplicación Braille</i>	5
2.2.1.	<i>Botones Principales (pulsantes)</i>	6
2.2.1.1.	<i>Botón 1</i>	6
2.2.1.2.	<i>Botón 2</i>	6
2.2.1.3.	<i>Botón 3</i>	6
2.2.1.4.	<i>Botón 4</i>	6
2.2.1.5.	<i>Botón 5</i>	7
2.2.1.6.	<i>Botón 6</i>	7
2.2.1.7.	<i>Botón Aceptar</i>	7
2.2.2.	<i>Botones de encendido, secundarios y de selección</i>	7
2.2.2.1.	<i>Interruptor de encendido</i>	7
2.2.2.2.	<i>Botón OK (Tipo gatillo)</i>	7
2.2.2.3.	<i>Botón Mayus/Minus/Num</i>	8
2.2.2.4.	<i>Botón Salida/Retorno</i>	8
2.2.2.5.	<i>Volumen -</i>	8
2.2.2.6.	<i>Volumen +</i>	8
2.2.2.7.	<i>Botón Auxiliar</i>	8
2.2.2.8.	<i>Botón Enter (Tipo gatillo)</i>	8
2.2.3.	<i>Puertos de conexión y ranuras</i>	8
2.2.3.1.	<i>Conector USB Tipo B</i>	9
2.2.3.2.	<i>Conector Audífonos 3.5mm</i>	9
2.2.3.3.	<i>Ranura Inserción Tarjeta Micro SD</i>	9
2.2.3.4.	<i>Agujeros Flujo de Sonido</i>	10
2.3.	<i>Descripción de modos de funcionamiento</i>	10
2.3.1.	<i>Menú Principal</i>	11
2.3.2.	<i>Modo 1: Aprendizaje</i>	11
2.3.2.1.	<i>Reconocimiento del Signo Generador</i>	11

2.3.2.2.	<i>Aprendizaje de la Escritura de Letras en Braille</i>	12
2.3.2.3.	<i>Aprendizaje de la Escritura de Números en Braille</i>	12
2.3.3.	<i>Modo 2: Practica</i>	12
2.3.3.1.	<i>Practica de Letras del Abecedario</i>	12
2.3.3.2.	<i>Practica de Formación de Iniciales de Palabras</i>	13
2.3.3.3.	<i>Practica de Escritura de Palabras</i>	13
2.3.4.	<i>Modo 3: Teclado</i>	13
2.3.4.1.	<i>Teclado Forma Escritura</i>	14
2.3.4.2.	<i>Teclado Forma Lectura</i>	14
2.3.5.	<i>Modo 4: Reloj</i>	14
2.3.5.1.	<i>Hora</i>	14
2.3.5.2.	<i>Fecha</i>	14
2.3.5.3.	<i>Igualar Hora y Fecha</i>	15
2.3.6.	<i>Modo 5: Calculadora</i>	15
2.4.	<i>Batería y carga</i>	15
3.	<i>Técnicas de Uso</i>	16
3.1.	<i>Uso Frontal</i>	16
3.2.	<i>Uso con Sujeción Posterior</i>	16
4.	<i>Preguntas y Síntesis</i>	17

1. Introducción

Desde un inicio con la invención del lenguaje Braille como solución ante la dificultad del acceso a la información escrita y la comunicación por parte de las personas con discapacidad visual, por primera vez se permitía a estas, escribir y revisar lo expresado por escrito de forma rápida, mediante símbolos que representan cada una de las letras y números que nosotros conocemos.

Con la finalidad de brindar elementos de ayuda para el proceso de aprendizaje y la aplicación del lenguaje Braille, que no se limite solamente a la comunicación mediante el uso de papel; se presenta el diseño y desarrollo de un prototipo electrónico que brinde ayuda a las personas con discapacidad visual a la inclusión digital, a la participación en el uso de una computadora para diferentes fines y a la comunicación mediante el uso de plataformas presentes en la actualidad, además de la inclusión de varias aplicaciones de ayuda diaria.

En el manual que se detalla a continuación, se muestran los aspectos necesarios a considerar para el correcto funcionamiento y desempeño del prototipo de aprendizaje y aplicación del lenguaje Braille; se describe su constitución, ubicación y función de cada uno de los elementos que se relacionan con el usuario como botones y conectores, su menú de selección de las distintas modalidades de funcionamiento, formas de uso, elementos de hardware y software complementarios, además de temas relacionados que se consideran de importancia dar a conocer para la correcta interacción de usuario con el prototipo.

1.1. Propósito

La intención de este manual de usuario, es brindar la ayuda necesaria para el uso del prototipo, tanto a las personas con discapacidad visual que lo empleen, como a los docentes encargados de la formación en esta área en diferentes instituciones educativas y sus estudiantes. Además de dar a conocer las diferentes aplicaciones y modos de funcionamiento que este dispositivo pone a su disposición y la manera de cómo utilizarlas y acceder a las mismas, para finalmente ofrecer tips para que el uso sea adecuado y ordenado tanto con el proceso de formación, como con el proceso de diseño del mismo.

1.2. Alcance

El proyecto surgió con la finalidad de brindar ayuda en el aprendizaje del alfabeto y la comunicación Braille, mediante un sistema experimental para niños de edades de 5 a 7 años y personas que estén iniciando en el aprendizaje de este lenguaje, pero enfocado de manera principal en la aplicabilidad del Braille, en la cual el dispositivo puede ser usado como teclado de computadora, calculadora básica, reloj, a más de aplicaciones de enseñanza y práctica desarrolladas para el proceso de aprendizaje inicial y posteriormente poder aplicarlo en diferentes áreas desarrolladas en la actualidad, un ejemplo de esto es la redacción de mensajes mediante redes sociales.

2. Manual de funcionamiento

2.1. Requerimientos

Los elementos de hardware y consideraciones de software necesarias para el funcionamiento del prototipo son los siguientes, cabe detallar que estos elementos son universales, es decir no dependen del prototipo y no están atados a un modelo o marca en específico, pero son necesarios a considerar para el uso del mismo.

2.1.1. Hardware

- Cable USB tipo A-B.
- Cargador AC/DC tipo USB.
- Audífonos 3.5mm

2.1.2. Software

- Información de audio en formato mp3, en caso de uso como reproductor musical.

2.2. Descripción física del Prototipo de Enseñanza y Aplicación Braille

Detalle de la descripción física del prototipo, además del nombre, ubicación y funciones realizadas por cada elemento necesario para la interacción entre el usuario y el prototipo.

En la figura 1, se muestra el prototipo, el cual cuenta con 7 botones principales que representan los puntos del signo generador, 5 botones de selección y dos botones tipo gatillo, además de un interruptor de encendido, un conector USB tipo B, un conector para audífonos de 3.5mm y una ranura para tarjetas micro SD.



Figura 1: Prototipo para el aprendizaje y aplicación Braille.

Una vez identificada y reconocida la estructura total del prototipo, a continuación se detallaran las funciones que cumplen cada uno de los elementos observados, cada uno de estos elementos están implicados en la interacción del usuario con el prototipo, y es de suma importancia conocer para que sirve cada uno antes de proceder al uso del dispositivo.

2.2.1. Botones Principales (pulsantes)

Como se observa en la figura 2 mostrada a continuación, el prototipo cuenta con 7 botones principales, de los cuales 6 representan el signo generador Braille, simulando su distribución y ubicación, estos son necesarios para todas las actividades a realizar, como representación de caracteres o selección de aplicaciones. Además dentro de este grupo de botones se cuenta con un botón de aceptación necesario para diferentes tareas; las funcionalidades de estos puntos son explicados a continuación.

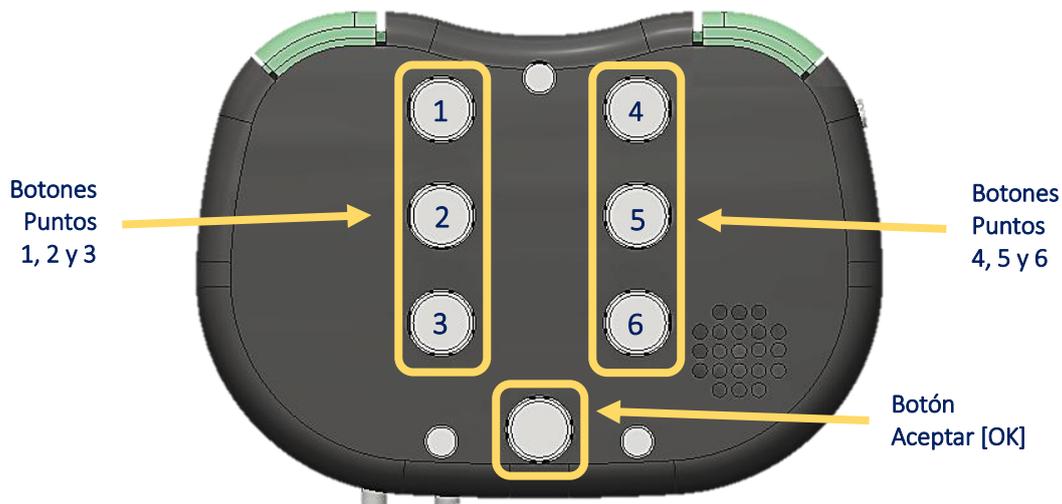


Figura 2: Ubicación de los botones principales

2.2.1.1. Botón 1

- Representar el punto 1 del signo generador.
- Representar el punzado, escritura del punto 1 del signo generador.
- Selección del primer modo de funcionamiento tanto en el menú principal como en los submenús correspondientes.

2.2.1.2. Botón 2

- Representar el punto 2 del signo generador.
- Representar el punzado, escritura del punto 2 del signo generador.
- Selección del segundo modo de funcionamiento tanto en el menú principal como en los submenús correspondientes.

2.2.1.3. Botón 3

- Representar el punto 3 del signo generador.
- Representar el punzado, escritura del punto 3 del signo generador.
- Selección del tercer modo de funcionamiento tanto en el menú principal como en los submenús correspondientes.

2.2.1.4. Botón 4

- Representar el punto 4 del signo generador.
- Representar el punzado, escritura del punto 4 del signo generador.
- Selección del cuarto modo de funcionamiento tanto en el menú principal como en los submenús correspondientes.

2.2.1.5. Botón 5

- Representar el punto 5 del signo generador.
- Representar el punzado, escritura del punto 5 del sino generador.
- Selección del quinto modo de funcionamiento tanto en el menú principal con en los submenús correspondientes

2.2.1.6. Botón 6

- Representar el punto 6 del signo generador.
- Representar el punzado, escritura del punto 6 del sino generador.
- Selección del sexto modo de funcionamiento tanto en el menú principal con en los submenús correspondientes.

2.2.1.7. Botón Aceptar

- Envío de la letra representada para la escritura en la computadora en modo teclado.
- Botón auxiliar para la verificación de tareas en modo práctica.

2.2.2. Botones de encendido, secundarios y de selección

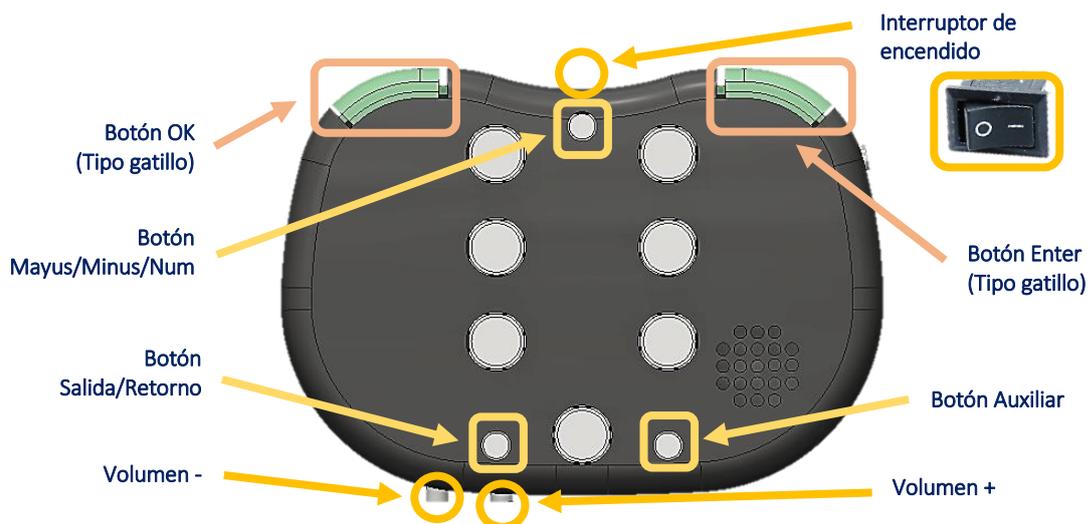


Figura 3: Ubicación de los botones de encendido, secundarios y de selección

En la figura 3 mostrada en la hoja anterior se detalla la ubicación los 8 botones, 7 pulsantes y un interruptor, encargados cada uno de funciones específicas, referentes a modos de funcionamiento, control y encendido del prototipo. De estos solamente 3 se ubican sobre la tapa superior y el resto en los laterales, con la finalidad de evitar la acumulación de botones en esta superficie que podría causar confusiones, las funcionalidades de estos puntos son explicados a continuación.

2.2.2.1. Interruptor de encendido

Interruptor de dos posiciones encargado del encendido y del apagado del prototipo.

2.2.2.2. Botón OK (Tipo gatillo)

Botón usado únicamente en modo teclado, las funciones que cumple son las siguientes:

- Envió del carácter representado para la escritura en la computadora en modo teclado con mayor comodidad.
- Al ser accionado únicamente, sin la combinación de otros puntos representa un espacio (barra espaciadora).

2.2.2.3. Botón Mayus/Minus/Num

En el Braille la forma de representar mayúsculas, minúsculas y números es la misma, solamente anteponiendo el símbolo respectivo de representación en cada caso, es por eso que la función de este botón el cual es usado solamente en modo teclado es la de escoger entre:

- Escritura en minúsculas.
- Escritura en mayúsculas.
- Escritura de números.

2.2.2.4. Botón Salida/Retorno

Las funciones que cumple este botón, dependiendo del caso son las siguientes:

- Salida de la aplicación en la que se está trabajando.
- Retorno al menú anterior en caso de submenús.
- Retorno al menú principal o de inicio.

2.2.2.5. Volumen -

Este botón nos permite el decremento del nivel de volumen actual de reproducción.

2.2.2.6. Volumen +

- Al presionarlo por tiempos cortos incrementara el nivel de volumen actual de reproducción.
- Apagado y encendido del parlante, si el tiempo de accionamiento es igual o superior a 3 segundos.

2.2.2.7. Botón Auxiliar

Este botón, en el diseño actual no está en uso, debido a varias modificaciones con la finalidad de reducir el número de botones auxiliares, principalmente sobre la tapa superior, pero no ha sido quitado debido a que puede ser usado para futuras pruebas e incorporaciones.

2.2.2.8. Botón Enter (Tipo gatillo)

Botón usado únicamente en modo teclado, las funciones que cumple son las mismas que una tecla de enter en una computadora, ubicado como gatillo para facilidad de su accionamiento.

2.2.3. Puertos de conexión y ranuras.

Además de los elementos ya mencionados, el prototipo cuenta con diferentes puertos y ranuras para conexión a elementos externos y su correcto desempeño como es el caso del audio, la ubicación de cada uno en las superficies laterales es detallada en la figura 4 y explicada a continuación.

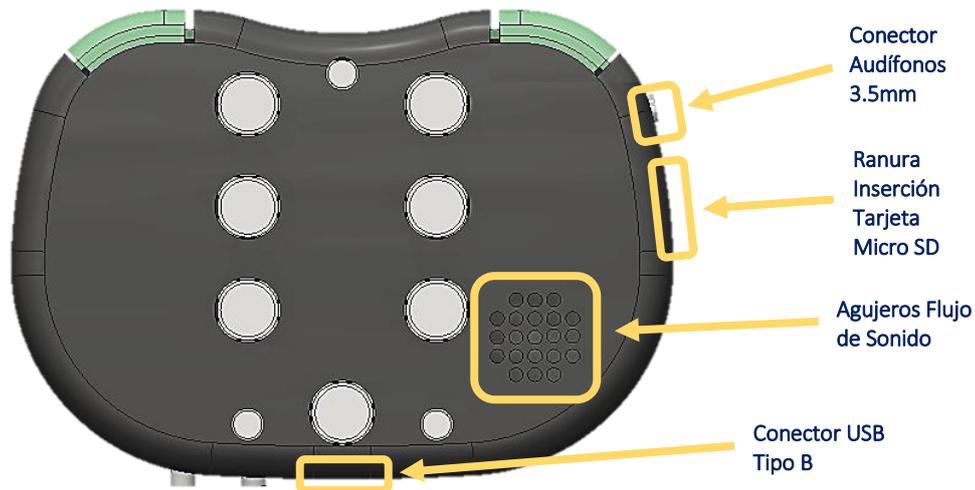


Figura 4: Ubicación de puertos y ranuras de conexión.

2.2.3.1. Conector USB Tipo B

Conector USB tipo B hembra, este conector es usado para:

- Carga de batería del prototipo.
- Conexión con la computadora para uso como teclado.

La forma en la que se realiza la conexión es mostrada en la figura 5, a continuación.

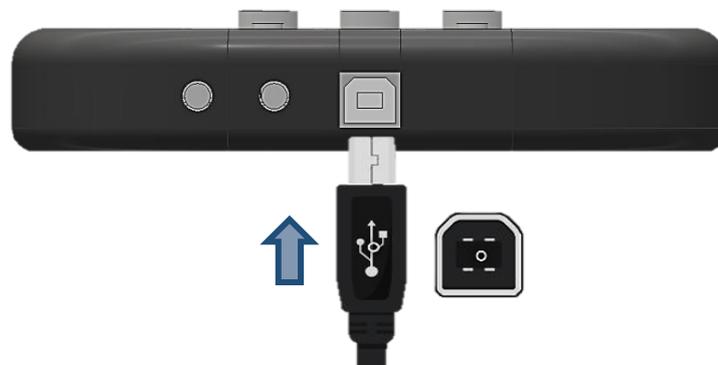


Figura 5: Conexión del cable USB tipo B para carga o comunicación.

2.2.3.2. Conector Audífonos 3.5mm

Conector para audífonos 3.5mm con la finalidad de usar el prototipo sin el uso del parlante, evitando tener sonido exterior, propicio para el uso del mismo en ambientes ruidosos o de sobre posición de diferentes órdenes sonoras por el uso de otros dispositivos en el mismo ambiente educativo, pero no recomendado ante la comodidad. La forma de conexión se muestra en la figura 6.

2.2.3.3. Ranura Inserción Tarjeta Micro SD

Con la finalidad de poder extraer la tarjeta de memoria Micro SD, con diferentes motivos, como los de añadir nuevos archivos de audio para su reproducción, expandir la capacidad de almacenamiento, actualizar las ordenes e indicaciones sonoras, entro otros; se cuenta con la ranura respectiva la cual se indica en la figura 6.



Figura 6: Forma de conexión de audífonos e inserción de la memoria Micro SD.

2.2.3.4. Agujeros Flujo de Sonido

Tanto en la cara superior como en la posterior el armazón cuenta con diferentes agujeros para facilitar la salida del audio desde el parlante, en la figura 7 se muestran estos agujeros.



Figura 7: Ubicación de agujeros para el flujo del audio en la tapa superior mostrado a la izquierda y tapa posterior mostrado a la derecha.

2.3. Descripción de modos de funcionamiento

El prototipo cuenta con 5 modos de funcionamiento, proporcionando las herramientas e indicaciones necesarias para el cumplimiento previo del aprendizaje y posterior aplicación de estos conocimientos en diferentes actividades, indicadas en la figura 8.

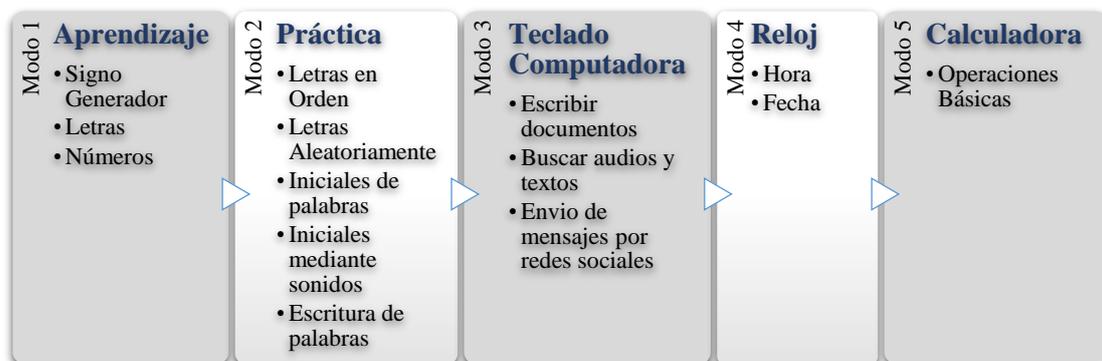


Figura 8: Funciones principales y secundarias de prototipo.

2.3.1. Menú Principal

Una vez sea encendido el prototipo, se escuchara un tono de aproximadamente 2.30 segundos, este tono indicara que el dispositivo está ya en funcionamiento y listo para su uso. Entre las indicaciones habladas del prototipo esta es la única que se realiza mediante un tono, este indicara el encendido del dispositivo y además cuando se esté dentro del menú de selección principal.

Como es mostrado en la figura 9, la forma de selección de un modo de funcionamiento, es parecida a la forma de seleccionar una aplicación para su uso en la pantalla de un dispositivo electrónico actual, pero usando los puntos (botones) del signo generador.

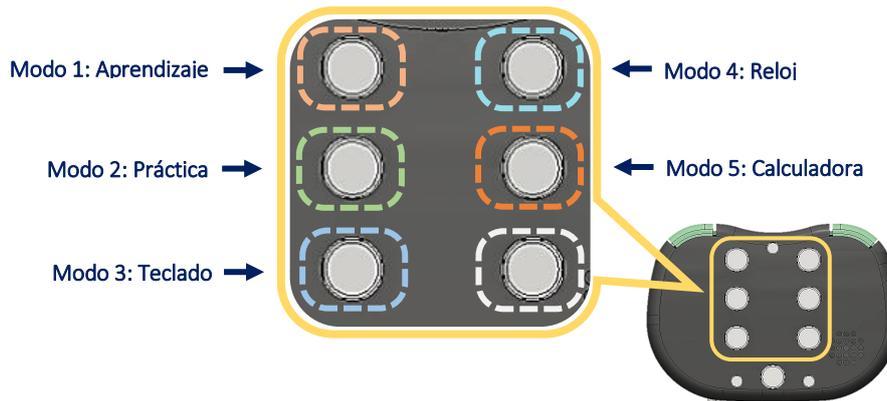


Figura 9: Menú principal del prototipo y selección de modos.

Cada uno de los botones que contiene aplicaciones, al presionarlo la primera vez nos indica mediante sonido a qué modo de funcionamiento corresponde, mientras que al presionarlo una segunda vez (de forma seguida) procede al inicio de la aplicación en cuestión.

Cabe recordar que para el retorno entre menús y la salida al menú principal es realizado mediante el botón salida/retorno (botón pequeño ubicado en la parte inferior izquierda) indicado en la figura 3.

2.3.2. Modo 1: Aprendizaje

Este modo de funcionamiento contiene varias actividades referentes con el aprendizaje de la escritura de letras y números en Braille, necesario para el uso del dispositivo en actividades posteriores.

Forma de acceso: Estando en el menú principal se deberá pulsar el punto número 1, 2 veces consecutivas, lo que hará que accedamos a un submenú con las siguientes actividades.

2.3.2.1. Reconocimiento del Signo Generador

Como en el menú principal, para cada submenú los botones contienen diferentes actividades, al presionarlos la primera vez nos indica mediante sonido la actividad, mientras que al presionarlo una segunda inicia esta actividad; este el proceso para el aprendizaje del signo generador:

- Presentación de como es y como está estructurado el signo generador Braille.
- Ubicación de cada punto mediante peticiones de accionamiento de forma individual.
- Ubicación y accionamiento de parejas de puntos de forma aleatoria.
- Ubicación y accionamiento de grupos de puntos.

Forma de acceso:

1. En el menú principal se deberá pulsar el punto número 1, 2 veces consecutivas, lo que nos llevara al menú de aprendizaje.
2. Estando en el sub menú de aprendizaje pulsamos el punto número 1, 2 veces nuevamente lo que iniciara las actividades referentes al signo generador.

2.3.2.2. Aprendizaje de la Escritura de Letras en Braille

Esta actividad indica con son escritas cada letra del abecedario, mientras el usuario las va formando mediante los botones.

Forma de acceso:

1. En el menú principal se deberá pulsar el punto número 1, 2 veces consecutivas, lo que nos llevara al menú de aprendizaje.
2. Estando en el sub menú de aprendizaje pulsamos el punto número 2, 2 veces nuevamente lo que iniciara las actividades para el aprendizaje de la escritura de letras en Braille.

2.3.2.3. Aprendizaje de la Escritura de Números en Braille

Esta actividad indica con son escritos cada número en Braille, mientras el usuario los va formando mediante los botones.

Forma de acceso:

1. En el menú principal se deberá pulsar el punto número 1, 2 veces consecutivas, lo que nos llevara al menú de aprendizaje.
2. Estando en el sub menú de aprendizaje pulsamos el punto número 3, 2 veces nuevamente lo que iniciara las actividades para el aprendizaje de la escritura de números en Braille.

2.3.3. Modo 2: Practica

Continuando con el proceso de formación con la ayuda del prototipo, en este modo se evaluaran los conocimientos obtenidos en las actividades anteriores, mediante una serie de peticiones tipo juego para escritura y lectura.

Forma de acceso: Estando en el menú principal se deberá pulsar el punto número 2, 2 veces consecutivas, lo que hará que accedamos a un submenú con las siguientes actividades.

2.3.3.1. Practica de Letras del Abecedario

La práctica de letras contiene 2 actividades referentes a la escritura de las letras del abecedario.

Actividad 1: Escritura de todas las letras del abecedario en orden.

Forma de acceso:

1. En el menú principal se deberá pulsar el punto número 2, 2 veces consecutivas, lo que nos llevara al menú de práctica.
2. Estando en el sub menú de práctica pulsamos el punto número 1, 2 veces nuevamente lo que iniciara la actividad 1.

Actividad 2: Escritura de letras del abecedario de forma aleatoria.

Forma de acceso:

1. En el menú principal se deberá pulsar el punto número 2, 2 veces consecutivas, lo que nos llevara al menú de práctica.
2. Estando en el sub menú de práctica pulsamos el punto número 2, 2 veces nuevamente lo que iniciara la actividad 2.

2.3.3.2. Practica de Formación de Iniciales de Palabras

Actividades de escritura de iniciales de palabras de personas, animales o cosas, indicada la palabra o en su defecto el sonido en casos de animales.

Forma de acceso:

1. En el menú principal se deberá pulsar el punto número 2, 2 veces consecutivas, lo que nos llevara al menú de práctica.
2. Estando en el sub menú de práctica pulsamos el punto número 3, 2 veces nuevamente lo que iniciara la actividad 3 (iniciales).

2.3.3.3. Practica de Escritura de Palabras

Actividades de escritura de palabras completas carácter a carácter, indicada la palabra o en su defecto el nombre mediante el sonido en casos de animales.

Forma de acceso:

1. En el menú principal se deberá pulsar el punto número 2, 2 veces consecutivas, lo que nos llevara al menú de práctica.
2. Estando en el sub menú de práctica pulsamos el punto número 4, 2 veces nuevamente lo que iniciara la actividad 4 (palabras).

2.3.4. Modo 3: Teclado

Modo de funcionamiento que permite el uso del prototipo como un teclado de computadora, escribir textos en el ordenador, realizar la búsqueda de audios, canciones o textos con ayuda de auto lectura, y también poder redactar correos y mensajes por las diferentes redes sociales presentes en la actualidad.

Forma de acceso:

1. En el menú principal se deberá pulsar el punto número 3, 2 veces consecutivas, lo que nos llevara a la aplicación teclado de computadora.

El prototipo cuenta con botones específicos para el uso, en la aplicación teclado, estos botones tienen la finalidad, de facilitar el proceso de escritura y reducir el tiempo de redacción, utilizando un método de agarre recomendado para el prototipo, propio para actividades de escritura, detallado en la sección 2.4., los botones mencionados son los siguientes.

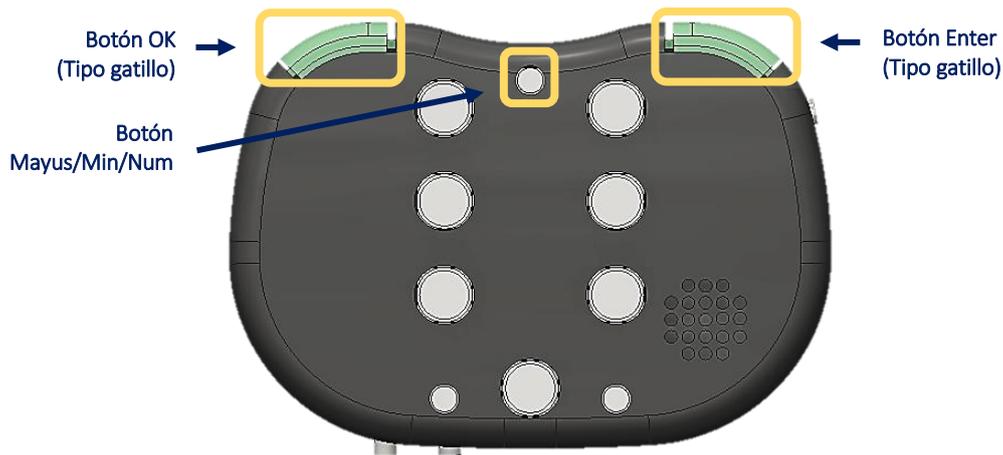


Figura 10: Ubicación de botones específicos para el modo teclado.

Boton OK (Tipo gatillo):

- Envío del carácter representado para la escritura en la computadora.
- Accionado únicamente, sin la combinación de otros puntos representa un espacio (barra espaciadora).

Boton Enter (Tipo gatillo):

- Tecla de enter con las mismas características que en una computadora.

Boton Mayus/Min/Num: Elección entre:

- Escritura en minúsculas.
- Escritura en mayúsculas.
- Escritura de números.

2.3.4.1. Teclado Forma Escritura

Forma de teclado por defecto, para la escritura de los caracteres se deberán accionar los mismos puntos que son punzados al escribir en papel.

2.3.4.2. Teclado Forma Lectura

Forma escritura de ayuda en la que para representación de caracteres se deberá accionar los puntos que deberían estar en relieve al leer un carácter.

2.3.5. Modo 4: Reloj

Aplicación que presenta la hora y la fecha actual mediante indicaciones sonoras en el momento que el usuario realiza la consulta.

Forma de acceso:

1. En el menú principal se deberá pulsar el punto número 4, 2 veces consecutivas, lo que nos llevara a la aplicación de reloj.

2.3.5.1. Hora

Desde el menú Reloj, al accionar 2 veces seguidas el punto 1, el prototipo nos presenta la hora.

2.3.5.2. Fecha

Desde el menú Reloj, al accionar 2 veces seguidas el punto 2, el prototipo nos presenta la fecha.

2.3.5.3. *Igualar Hora y Fecha*

Desde el menú Reloj, al accionar 2 veces seguidas el punto 3, se podrá igualar la hora y fecha, ingresando los siguientes datos, en el orden establecido.

- Primer dígito del día
- Segundo dígito del día
- Primer dígito del mes
- Segundo dígito del mes
- Tercer dígito del año
- Cuarto dígito del año
- AM o PM
- Primer dígito de la hora (12H)
- Segundo dígito de la hora (12H)
- Primer dígito de los minutos
- Segundo dígito de los minutos

2.3.6. *Modo 5: Calculadora*

Aplicación para realizar operaciones básicas (suma, resta, multiplicación y división) utilizando el prototipo como una calculadora, seleccionando primero la operación a realizar e ingresar los dos números con ayuda de los botones principales que representan el signo generador.

Forma de selección: Una vez dentro del menú del modo calculadora, la operación a realizar se elegirá de la siguiente forma:

- Suma: Pulsar 2 veces seguidas el punto 1.
- Resta: Pulsar 2 veces seguidas el punto 2.
- Multiplicación: Pulsar 2 veces seguidas el punto 3.
- División: Pulsar 2 veces seguidas el punto 4.

Nota: Una vez que se haya escrito el último dígito de la primera cantidad se deberá presionar el botón del punto 6, seguido del botón OK; para proceder a escribir la otra cantidad, al finalizar esta se deberá realizar el mismo proceso.

2.4. *Batería y carga*

La forma de carga del prototipo es muy sencilla, solo es necesario usar el cable USB tipo A-B y dependiendo cual será la fuente de alimentación, en caso de un tomacorriente se necesitará a su vez el cargador AC/DC tipo USB, además de poder cargarlo desde la computadora en cualquier momento y también mientras es usado como teclado.

La forma de conexión del prototipo para la carga se puede observar gráficamente en la figura 5, presentada anteriormente.

La duración de la batería prevista para el funcionamiento es de aproximadamente 24 horas de uso pleno, 48 horas o superior en estado de reposo y semanas si es usado por tiempos específicos al día.

3. Técnicas de Uso

Con la finalidad de facilitar el proceso de escritura, el prototipo cuenta con dos técnicas para su uso, que conllevan a formas de agarre, ubicación y manipulación del prototipo con la finalidad de que según el usuario, su edad y el tipo de actividad que se realice pueda ser elegida una de estas facilitando el trabajo.

3.1. Uso Frontal

Esta técnica de uso es indispensable cuando se está recién aprendiendo el lenguaje Braille, porque se tiene un correcto panorama de la matriz de botones principales que representa el signo generador pudiendo pulsar los botones indicados sin ninguna dificultad y pudiendo identificarlos fácilmente.

Para su uso el prototipo deberá ubicarse en una mesa o superficie de apoyo evitando que se tenga que sujetar el prototipo y solo se proceda a usarlo y realizar las actividades indicadas, como se observa en la figura 11, lo que dirige la concentración solo en aprender y practicar el lenguaje Braille y también a pulsar cada punto uno por uno indispensable cuando recién se está aprendiendo a identificar cada uno de los caracteres Braille, como escribirlos y leerlos.

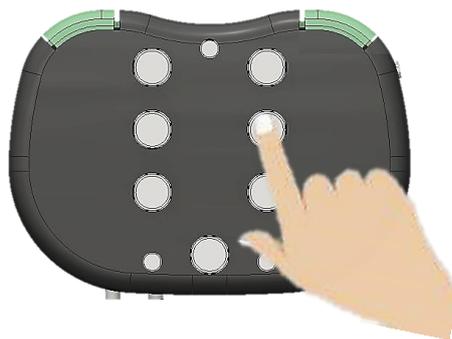


Figura 11: Explicación grafica de la técnica de uso frontal.

3.2. Uso con Sujeción Posterior

Esta técnica beneficiara a los usuarios una vez que hayan cumplido con el proceso de aprendizaje del lenguaje Braille, está pensado para tener una mayor fluidez y rapidez al momento de la escritura de textos usando el dispositivo, lo que permitirá que varios botones puedan ser pulsados a la vez pudiendo escribir un carácter en un instante, según la práctica y el tiempo de uso. En la figura 12 se puede observar su forma de sujeción y porque es denominada de sujeción posterior.

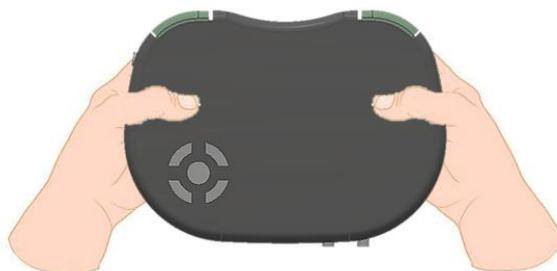


Figura 12: Explicación grafica de la técnica de sujeción posterior.

El modo de agarre para el uso mediante esta técnica es que el prototipo sea sujetado con la cara frontal de forma opuesta, tal como se muestra en la figura 12, ubicando los dedos índice, medio y anular de la mano derecha en los botones P1, P2 y P3 respectivamente, mientras que los mismos de la mano izquierda en los botones P4, P5 y P6 respectivamente, dejando los pulgares para el accionamiento de los botones tipo gatillo ubicados en la parte superior del prototipo, con los que se controlaran el envío del carácter, así como también espacios, borrado de caracteres, entre otras funciones que se realizan muy periódicamente en la escritura de textos. Ver figura 13.



Figura 13: Explicación gráfica de la ubicación de los dedos en la técnica de sujeción posterior.

4. Preguntas y Síntesis

¿Cómo sé que me encuentro en el menú principal?

Una vez sea encendido el prototipo, se escuchara un tono de aproximadamente 2.30 segundos, este tono indicara que el dispositivo está ya en funcionamiento y listo para su uso, este tono también sonara cuando se esté dentro del menú de selección principal.

¿Cómo regresar al menú principal?

Para el retorno al menú principal, se debe presionar el botón retorno (botón pequeño ubicado en la parte inferior izquierda) indicado en la figura 3, al presionar este botón dos veces seguidas sin depender si se está en un submenú o una aplicación se volverá al menú principal.

¿Cómo apago el parlante?

Para apagar o encender el parlante, debido al uso de audífonos, se deberá mantener presionado por 3 segundos, en ambos casos el botón de aumento de volumen (Volumen +).

¿El modo teclado sirve si no estoy conectado a una computadora?

El modo 3 del prototipo, solamente servirá al realizar la conexión del cable USB con la computadora, ya que esa es la finalidad de esta aplicación.

¿Cuánto tiempo dura la batería del prototipo?

La duración de la batería prevista para el funcionamiento es de aproximadamente 24 horas de uso pleno, 48 horas o superior en estado de reposo y semanas si es usado por tiempos específicos al día.

¿Cómo puedo cargar la batería del prototipo?

La batería del prototipo, puede ser cargada usando un adaptador AC-DC tipo USB, o en su defecto conectándole a una entrada USB de la computadora, cabe recalcar que el dispositivo se carga automáticamente mientras es usado como teclado.

ANEXO G: MANUAL TÉCNICO

Manual técnico orientado al desarrollo y funcionamiento del funcionamiento del prototipo para la ayuda en el aprendizaje y aplicación del lenguaje Braille.

Propósito: La finalidad de este manual técnico, es brindar la ayuda e información necesaria para el uso, ejecución y mantenimiento del prototipo para el aprendizaje y aplicación del lenguaje Braille, en el cual se detalla todo el conjunto de elementos usados en el desarrollo, para poder identificarlos y ubicarlos fácilmente, además se muestran también las características técnicas del prototipo, descripción del funcionamiento de cada elemento para que la persona encargada pueda dar mantenimiento y realizar las reparaciones y cambios de elementos en caso de fallas o descomposturas.

MANUAL TÉCNICO

“PROTOTIPO DIDÁCTICO PARA LA AYUDA EN EL APRENDIZAJE Y APLICACIÓN DEL ALFABETO BRAILLE DE NIÑOS NO VIDENTES”



Descripción breve

Manual técnico orientado al desarrollo y funcionamiento del funcionamiento del prototipo para la ayuda en el aprendizaje y aplicación del lenguaje Braille

Pedro Andrés Asmal Arias
pasmal@est.ups.edu.ec

Tabla de contenido

Tabla de contenido	2
1. Introducción	3
1.1. <i>Propósito</i>	3
1.2. <i>Alcance</i>	3
2. Manual de ejecución	3
2.1. <i>Requerimientos</i>	3
2.1.1. <i>Hardware</i>	3
2.1.2. <i>Software</i>	4
2.2. <i>Diseño / Construcción</i>	4
2.2.1. <i>Circuito y Componentes electrónicos</i>	6
2.2.1.1. <i>Microcontrolador PIC18F2550</i>	7
2.2.1.2. <i>Módulo reproductor MP3-TF-16P o DFPlayer Mini</i>	9
2.2.1.3. <i>Módulo de carga y descarga DD05CVSA</i>	10
2.2.1.4. <i>Módulo Reloj de Tiempo Real DS1307</i>	11
2.2.1.5. <i>Botones Principales y Secundarios</i>	13
2.2.1.6. <i>Batería 3.7V – 2000mAh</i>	13
2.2.2. <i>Diseño y Desarrollo de Tarjetas Electrónicas</i>	14
2.2.2.1. <i>Tarjeta Electrónica Principal</i>	14
2.2.2.2. <i>Tarjeta Electrónica de Pulsantes</i>	16
2.2.2.3. <i>Tarjeta Electrónica de Sonido</i>	16
2.2.2.4. <i>Tarjetas Electrónicas Complementarias</i>	17
2.2.3. <i>Diseño y Desarrollo Armazón</i>	18
2.2.3.1. <i>Diseño en tercera dimensión del prototipo</i>	18
2.2.3.2. <i>Obtención de planos y estructuras finales del armazón del prototipo</i>	20
2.2.4. <i>Programas necesarios para programación y diseño.</i>	22

1. Introducción

Con la finalidad de brindar elementos de ayuda para el proceso de aprendizaje y la aplicación del lenguaje Braille, que no se limite solamente a la comunicación mediante el uso de papel; se presenta el diseño y desarrollo de un prototipo electrónico que brinde ayuda a las personas con discapacidad visual a la inclusión digital, a la participación en el uso de una computadora para diferentes fines y a la comunicación mediante el uso de plataformas presentes en la actualidad, además de la inclusión de varias aplicaciones de ayuda diaria.

Este manual dispone de toda la información técnica necesaria sobre el prototipo de aprendizaje y aplicación del lenguaje Braille, tanto en hardware con el detalle de los elementos electrónicos que lo conforman, además de diseños finales de todos sus componentes, entre los cuales están, las tapas de su armazón, planos de piezas impresas en tercera dimensión, circuitos electrónicos, diseño de tarjetas electrónicas; como también en software, como su código o programa principal desarrollado e implementado, así como los programas en los que fueron llevados a cabo en la ejecución de todos los elementos del prototipo.

1.1. Propósito

La finalidad de este manual técnico, es brindar la ayuda e información necesaria para el uso, ejecución y mantenimiento del prototipo para el aprendizaje y aplicación del lenguaje Braille, en el cual se detalla todo el conjunto de elementos usados en el desarrollo, para poder identificarlos y ubicarlos fácilmente, además se muestran también las características técnicas del prototipo, descripción del funcionamiento de cada elemento para que la persona encargada pueda dar mantenimiento y realizar las reparaciones y cambios de elementos en caso de fallas o descomposturas.

1.2. Alcance

El proyecto surgió con la finalidad de brindar ayuda en el aprendizaje del alfabeto y la comunicación Braille, mediante un sistema experimental para niños de edades de 5 a 7 años y personas que estén iniciando en el aprendizaje de este lenguaje, pero enfocado de manera principal en la aplicabilidad del Braille, en la cual el dispositivo puede ser usado como teclado de computadora, calculadora básica, reloj, a más de aplicaciones de enseñanza y práctica desarrolladas para el proceso de aprendizaje inicial y posteriormente poder aplicarlo en diferentes áreas desarrolladas en la actualidad, un ejemplo de esto es la redacción de mensajes mediante redes sociales.

2. Manual de ejecución

2.1. Requerimientos

Los requerimiento tanto en elementos de hardware y consideraciones de software necesarias para el funcionamiento, uso, ejecución o mantenimiento del prototipo son los siguientes.

2.1.1. Hardware

- Microcontrolador PIC18F2550
- Modulo Reproductor MP3-TF-16P
- Modulo Carga/Descarga DD05CVSA

- Parlante 8 Ohm (0.5W), posibilidad de hasta 3 W
- Módulo RTC DS1307
- Batería de litio 3.7V 2000mAh
- Pila CR2032
- Puerto USB-B hembra
- Cable USB tipo A-B
- Cargador AC/DC tipo USB
- Memoria Micro SD 2Gb
- Audífonos 3.5mm
- PICKit 3
- Zócalo ZIF para PICKit
- Cable USB - Micro USB

2.1.2. Software

- CCS Compiler (PIC C Compiler) 5.015
- PICKit 3 v3.10
- Eagle 9.0.0
- Autodesk Inventor Professional 2016
- AutoCAD 2017
- Audacity 2.2.2
- Windows 8.1 Pro
- Pistas en formato MP3 con indicaciones sonoras

2.2. Diseño / Construcción

El proceso de diseño, desarrollo y construcción está dividido en varias secciones, hardware, software y armazón, a continuación se detalla cómo está compuesto estructuralmente, es decir los elementos electrónicos que lo conforman y que son necesarios para su funcionamiento, en cada uno de sus modos y aplicaciones.

Hardware:

Se detalla los elementos electrónicos que conforman el prototipo, así como el circuito de conexión entre estos, de la misma forma que el diseño y desarrollo de las tarjetas electrónicas, información que también puede ser encontrada en la capeta de archivos adjunta.

Software:

Se presenta todos los programas y librerías desarrollados y utilizados para la ejecución del prototipo y que este cumpla con los diferentes modos de funcionamiento, información que también se anexa en la carpeta de archivos adjunta, además de presentar los programas (compilador) usado para la programación y para la grabación en el microcontrolador.

Armazón:

Se describe el proceso llevado a cabo para el diseño y desarrollo del armazón, en que programas fue llevado a cabo, además de la información necesaria al momento de su ejecución.

En la figura 1, se puede observar un diagrama esquemático de la estructura del sistema, en donde se detalla los elementos que forman parte del dispositivo, dividido dependiendo de las funciones de cada uno.

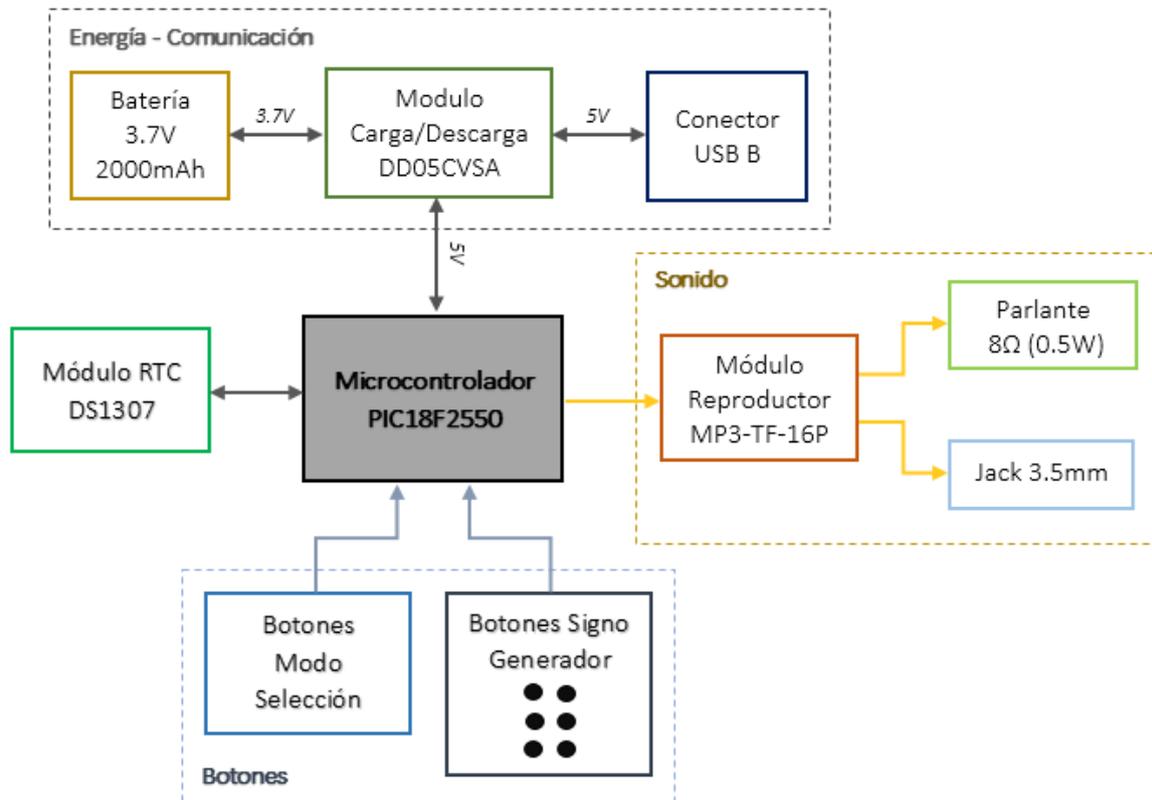


Figura 1: Diagrama de estructura del prototipo de aprendizaje y aplicación Braille.

En el diagrama presentado en la figura 1, se muestran los componentes electrónicos con los que está constituido el prototipo, estos elementos están agrupados según la función que desempeñan; y por ende separados en 4 grupos:

Energía-Comunicación: El primer grupo conformado por los elementos encargados de las funciones de energía como lo son la batería, conectores y elementos para la carga, regulación y la conexión del dispositivo con la computadora.

Principal: El grupo 2 lo conforma el microcontrolador PIC18F2550, elemento principal del circuito y también el integrado ds1307 junto con los elementos auxiliares para la composición del módulo de reloj en tiempo real RTC.

Los dos últimos grupos se encargan de la interacción del prototipo con el usuario, son elementos de entrada y de salida de información:

Botones: El tercer grupo lo conforman elementos de ingreso de información como los botones principales que representan el signo generador y los botones auxiliares para la selección de modos de uso y control de volumen.

Sonido: Finalmente el cuarto grupo se encarga de la presentación de indicaciones sonoras a los usuarios en cada instante, conformado por el módulo de reproducción MP3-TF-19P, un parlante de menos de 3W (8Ω / 0.5W) y el conector de 3.5mm tipo hembra para la conexión de auriculares.

2.2.1. Circuito y Componentes electrónicos.

Una vez comprendido cómo están estructurados los elementos electrónicos, debido a consideraciones de diseño final como, apariencia, tamaño y distribución en el armazón, ahora se presentan ya cada uno de los elementos que conforman el prototipo. En la figura 2, se muestra el diagrama de conexión (circuito electrónico) final, junto con las conexiones dadas entre estos elementos y su interacción en conjunto. Cabe recalcar que esta figura muestra el circuito general, más se indicó que el mismo está dividido en 4 grupos, esta división se podrá apreciar de mejor manera en secciones posteriores, en donde se indica previamente la separación para el diseño de las tarjetas electrónicas.

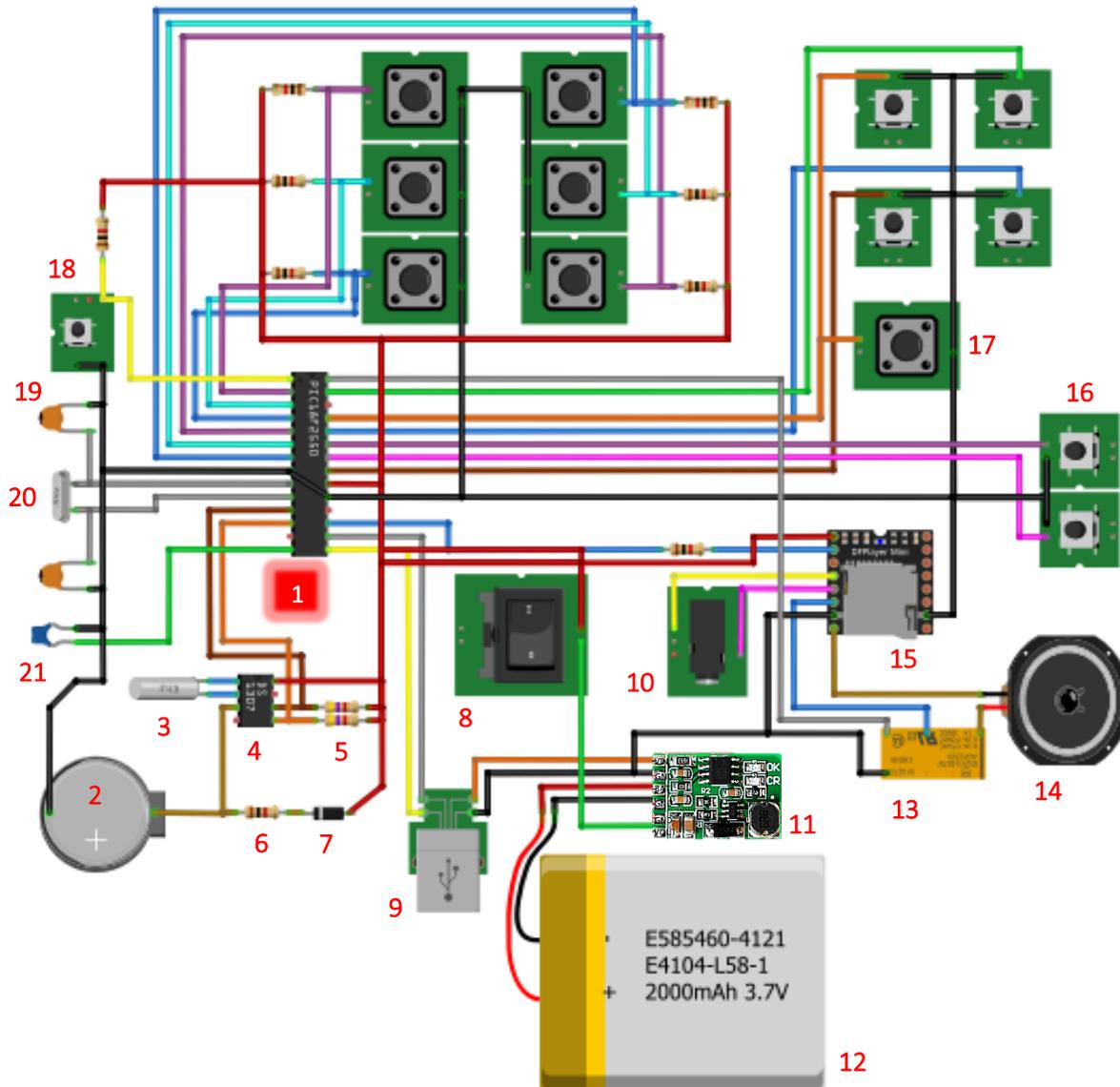


Figura 2: Diagrama de conexión electrónica del prototipo de aprendizaje y aplicación Braille.

En la figura 2, se presentan todos los elementos electrónicos y su diagrama de conexión, cada uno de estos esta referenciado con un número de color rojo, siendo el número 1 el elemento principal como lo es el Microcontrolador PIC18F2550, en la tabla 1, mostrada a continuación se puede ver la lista de todos los elementos usados, la cantidad y su nombre específico, con la finalidad de que en caso de fallas o daños, puedan ser con conseguidos con más facilidad y reemplazados.

Tabla 1: Componentes electrónicos

Módulos / Componentes		
1	Microcontrolador PIC18F2550	1
2	Zócalo y Pila CR2032	1
3	Cristal 32.768 kHz	1
4	DS1307 (RTC)	1
5	Resistencia 4.7 Ω	2
6	Resistencia 1k Ω	9
7	Diodo 1N4001	1
8	Mini Interruptor 12mm	1
9	Conector hembra USB tipo B	1
10	Jack de audio 3.5mm	1
11	Módulo DD05CVSA	1
12	Batería de litio 3.7V, 2000mAh	1
13	Relé DS2Y-5-DC5V1	1
14	Parlante 8 Ω , 0.5W	1
15	Módulo MP3-TF-16P o DFPlayer Mini	1
16	Interruptor táctil Omron 6x6mm, altura 9.5mm	6
17	Interruptor táctil Omron 12x12mm	7
18	Micro pulsante	1
19	Condensador cerámico #22 (22pF)	2
20	Cristal cuarzo 20MHz	1
21	Condensador tantalio #474 (470nF)	1

A continuación, una vez conocido el diagrama de conexión y los elementos electrónicos utilizados, se detallara las conexiones, estructura y las características más relevantes con relación a las funcionalidades necesarias para el prototipo de los elementos principales y módulos utilizados.

2.2.1.1. *Microcontrolador PIC18F2550*

El PIC18F2550 mostrado en la figura 3, es un microcontrolador de la gama media alta de Microchip, con 28 pines en total de los cuales 24 pines son de entrada/salida, su característica principal es que cuenta con módulo USB para la comunicación directa con una computadora.

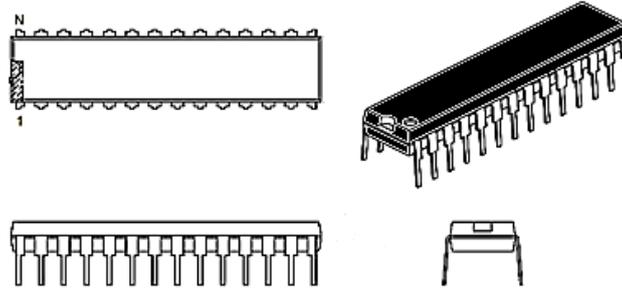


Figura 3: Microcontrolador PIC18F2550, vistas y perspectivas.

El microcontrolador es ideal tanto para aplicaciones de baja potencia como para conectividad, ya que dispone de tres puertos serie: FS-USB de 12 Mbit/s, I2C y SPI de hasta 10 Mbit/s cada uno.

Características relevantes para el proyecto:

- Microcontrolador CMOS de 8 bits.
- Grandes cantidades de memoria RAM para almacenamiento en búfer y memoria de programa FLASH.
- Ideal para aplicaciones de control y monitoreo embebido que requieren una conexión con una computadora.
- Carga y descarga de datos a través de USB.
- Tres puertos serie FS-USB, I2C y SPI.

Detalle de uso de los pines:

La disposición de pines del microcontrolador PIC18F2550 para el control, envío y recepción de información con los diferentes módulos y elementos electrónicos son los presentados en la figura 4, a continuación.

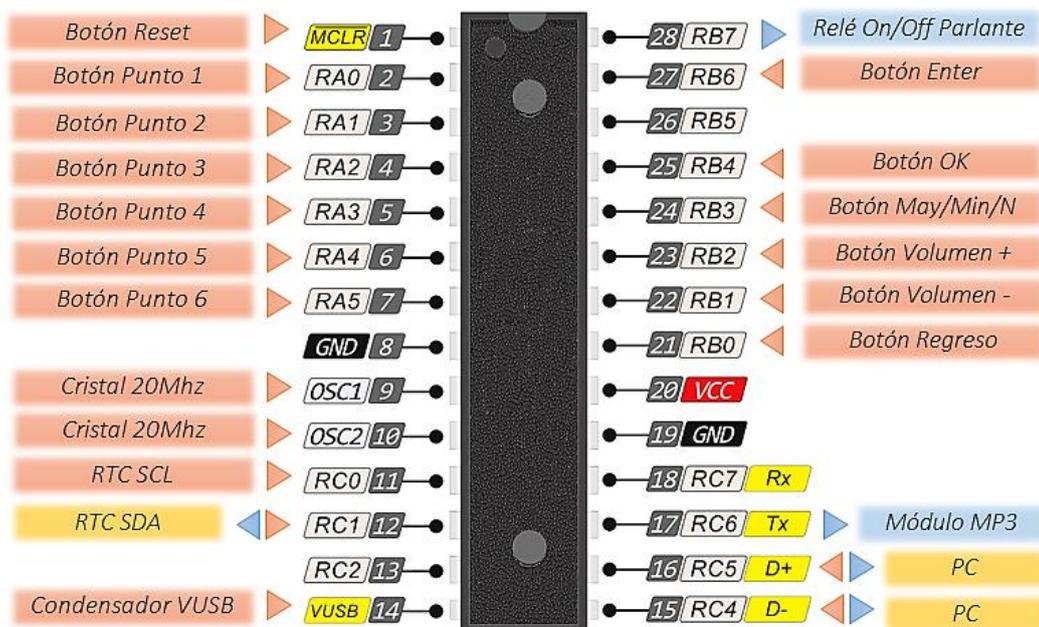


Figura 4: Disposición de los pines de conexión del microcontrolador PIC18F2550.

2.2.1.2. Módulo reproductor MP3-TF-16P o DFPlayer Mini

Para la reproducción de las diferentes indicaciones sonoras, para la comunicación entre el prototipo y el usuario, se ha elegido el módulo MP3-TF-16P, pero de la misma forma se podría usar el módulo DFPlayer Mini, ya que ambos son los mismos, solo cambia el nombre de referencia, pero la distribución de los pines (ver figura 5), forma de conexión y programación es la misma en ambos casos, siendo el módulo escogido de menor costo en el mercado local.

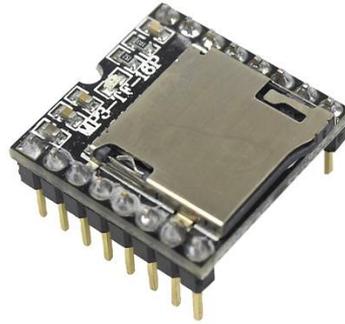


Figura 5: Módulo reproductor MP3-TF-16P.

Características relevantes para el proyecto:

Es controlado a través de simples comandos en serie para especificar la reproducción de música, así como la forma de reproducción y otras funciones, siendo fácil de usar, estable y confiable.

- Soporta decodificación MP3 y WMV.
- Compatible con tarjeta TF con soporte máximo de 32 GB.
- Amplificador incorporado de 3W.
- Admite hasta 100 carpetas, cada una con hasta 1000 canciones
- Soporte de frecuencia de muestreo de 8KHz, 11.025KHz, 12KHz, 16KHz, 22.05KHz, 24KHz, 32KHz, 44.1KHz, 48KHz.
- 30 niveles de volumen ajustable y 10 niveles de ecualización ajustable.

Detalle de uso de los pines:

En la figura 6, se muestra la distribución de los pines del módulo, además del detalle de los pines necesarios para la conexión con los demás elementos del circuito general.

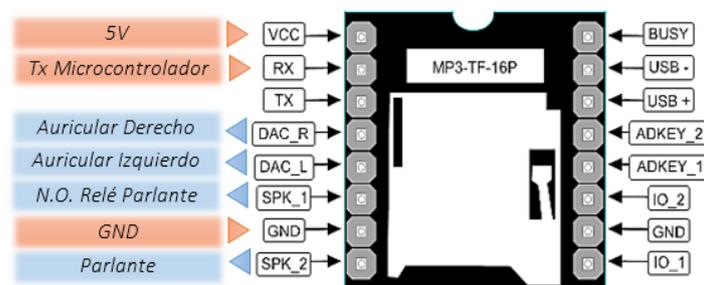


Figura 6: Disposición de los pines de conexión módulo reproductor MP3-TF-16P.

Como se observa en la distribución presentada, se usan solo los pines del lado izquierdo, esto debido a que primeramente los pines GND de ambos lados están interconectados internamente, en cambio los demás pines del lado derecho nos sirven para el uso mediante botones, reproducción, paro, volumen, siguiente y anterior, sin necesidad de programación.

Parlante 8Ω / 0.5W:

Es importante conocer, al usar el prototipo que su parlante es de 8Ω y de una potencia de 0.5W, considerado debido a su buena respuesta trabajando conjuntamente con el módulo reproductor, su nivel de sonido es alto. Este parlante puede ser de hasta 3W, información que se pone en conocimiento para mantenimientos, reparaciones o remplazos del sistema de sonido del prototipo que se pueden dar a futuro.



Figura 7: Parlante 8Ω / 0.5W.

2.2.1.3. Módulo de carga y descarga DD05CVSA

El modulo cuenta con dos funciones, la primera reducir el voltaje para la carga de una batería de litio desde el voltaje proporcionado mediante conexión USB que es de 5 voltios hasta 3.7 voltios, y la segunda elevar el voltaje desde los 3.7 voltios proporcionados por la batería hasta los 5 voltios para alimentar los circuitos y elementos del prototipo. En la figura 7 se puede observar el modulo mencionado.

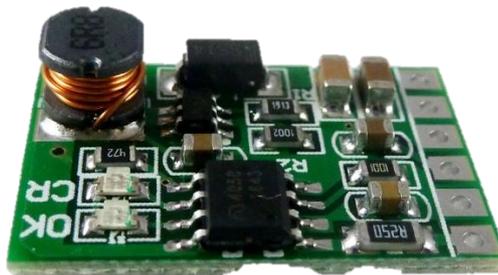


Figura 8: Módulo DD05CVSA.

Características relevantes para el proyecto:**Carga:**

- Voltaje de carga: 4.5 – 8 VDC (Recomendable 5 VDC)
- Corriente de carga: 0 – 1 A
- Voltaje de carga total: 4.2 V
- Eficiencia: +-2%
- LED OK: Indicador de batería completamente cargada
- LED CR: Indicador de estado de carga

Descarga:

- Corriente de descarga: 0 - 2A;
- Corriente de descarga en espera: 450uA
- Eficacia de conversión de descarga: 78 - 90%
- Corriente de salida: 0 - 1.2A (5V)

Temperatura de funcionamiento: -40 ° a + 85 °
 Tamaño: 23 x 15.4 x 5.7mm
 Peso: 2.2g

Detalle de uso de los pines:

En la figura 8, se muestra la distribución de los pines del módulo, además del detalle de los pines necesarios para la conexión con los demás elementos del circuito general, cabe recalcar que el pin GND, esta interconectado para los 3 casos, ingreso, batería y salida.

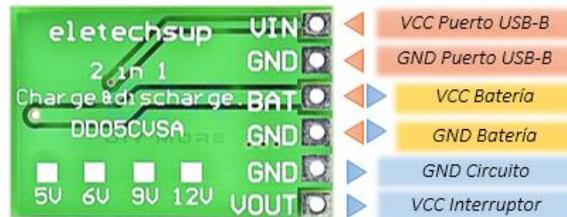


Figura 9: Disposición de los pines de conexión módulo DD05CVSA.

2.2.1.4. Módulo Reloj de Tiempo Real DS1307

Para presentar la hora de manera sonora al usuario cada vez que este lo desee, en el mercado hay disponibles varios módulos de Reloj de Tiempo Real, pero con dimensiones de 30x30x10mm, lo que hace que el dispositivo crezca en tamaño, por lo que se armó uno usando el integrado DS1307, junto con el circuito mostrado en la figura 9, útil para aplicaciones donde se busca preservar la fecha y hora, su comunicación con el microcontrolador es realizada utilizando el bus I2C.

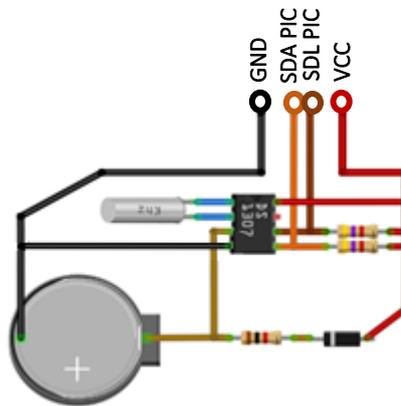


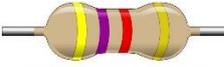
Figura 10: Circuito electrónico Reloj de Tiempo Real con DS1307.

Características del circuito relevantes para el proyecto:

- Reloj de tiempo real, conteo de horas, minutos y segundos.
- Conteo de fecha, mes, año y día de la semana con compensación de años bisiestos hasta el año 2100.
- Circuitos para la alimentación automática de respaldo.
- Solamente 8 pines como se puede observar en la figura 10.

Componentes que conforman el circuito de Reloj de Tiempo Real:

Tabla 2: Componentes Reloj Tiempo Real

Componentes		
1	DIP DS1307	 Figura 11: DS1307
2	Zócalo Pila CR2032	 Figura 12: Zócalo Pila
3	Pila CR2032	 Figura 13: Pila CR2032
4	Cristal 32.768 kHz	 Figura 14: Cristal 32.768 kHz
5	Diodo 1N4001	 Figura 15: Diodo 1N4001
6	Resistencia 4.7kΩ	 Figura 16: Resistencia 4.7kΩ
7	Resistencia 1kΩ	 Figura 17: Resistencia 1kΩ

Detalle de uso de los pines DIP DS1307:

En la figura 17, se muestra la distribución de los pines del DIP DS1307, además del detalle de los pines necesarios para la conexión con los demás elementos del circuito de Reloj de Tiempo Real, en listados anteriormente en la tabla 2.

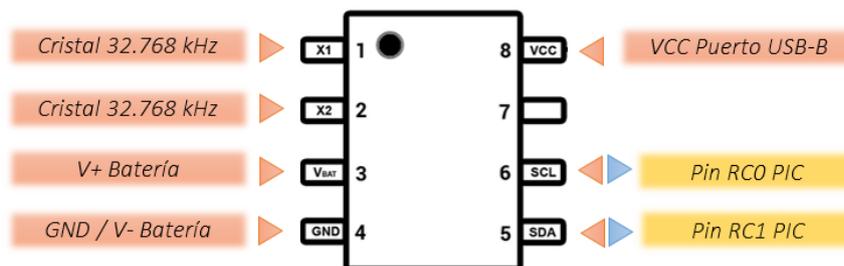


Figura 18: Disposición de los pines de conexión DIP DS1307.

2.2.1.5. Botones Principales y Secundarios

Interruptor táctil Omron 12x12mm:

Sobre la tapa superior están ubicados 7 pulsantes considerados los principales, mediante 6 estos se podrán representar todos los caracteres en Braille y así también escribir palabras letra por letra, estos pulsantes fueron seleccionados por ser de un tamaño considerable pudiendo ser fácilmente ubicados y utilizados además de ser considerados de larga duración y alta confiabilidad.

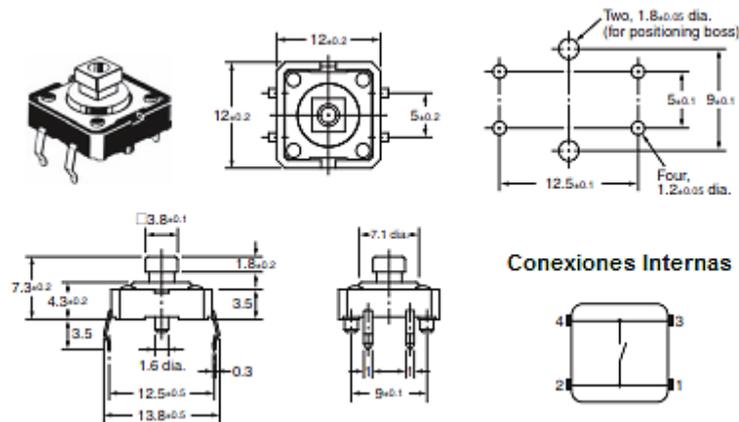


Figura 19: Interruptor táctil Omron 12x12mm.

Interruptor táctil Omron 6x6mm:

Estos pulsantes cumplirán las funciones de selección de las funciones a usar en el prototipo, además de subir o bajar el volumen de reproducción, el tamaño de estos es reducido con la finalidad que se puedan diferenciar con los pulsantes principales, el largo del pulsador de 9.5mm, que fue escogido debido a la distancia entre la placa y la carcasa, con la necesidad de que sobresalga a esta.

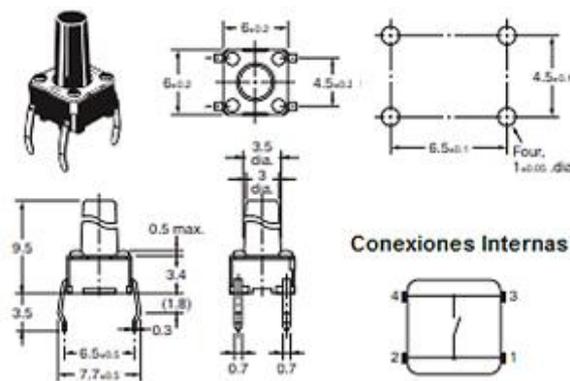


Figura 20: Interruptor táctil Omron 6x6mm, altura pulsador 9.5mm.

2.2.1.6. Batería 3.7V – 2000mAh

La manera principalmente utilizada para una fuente de alimentación de un proyecto que requiera suministro de energía de larga duración y movilidad es usar una batería de polímero de litio recargable mostrada en la figura 21, junto con sus medidas, y sus características técnicas en la tabla 3, estas proporcionan mayor cantidad de energía que las baterías de litio estándar, son de diseño plano y al ser muy delgadas y ligeras.

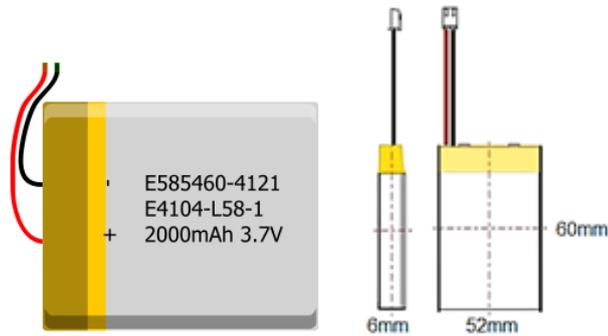


Figura 21: Batería de litio 2000mAh – 3.7V.

Tabla 3: Valores técnicos batería de polímero de litio

Características		
1	Tensión Nominal	3.7V
2	Capacidad	2000mAh
3	Química	Polímero de Litio
4	Tipo de Terminal	Hilo de Conexión
5	Rango de Temperatura de Funcionamiento	0 - 45°C

2.2.2. Diseño y Desarrollo de Tarjetas Electrónicas.

Para el diseño de las tarjetas electrónicas, se usó el software EAGLE 9.0.0, sin ninguna consideración relevante a más de su instalación, en un sistema operativo Windows 8.1 Pro, en este software se implementó y diseño cada uno de los circuitos electrónicos, para posteriormente diseñar cada una de las placas.

Para el desarrollo de las tarjetas, el circuito general ya presentado, fue dividido en 4 grupos, que serán mostrados a continuación.

2.2.2.1. Tarjeta Electrónica Principal

La forma dada a la tarjeta electrónica depende del armazón, cada uno de los conectores cuenta con su nombre de referencia para facilitar su análisis de conexión con los diferentes elementos de las placas adicionales.

Diagrama electrónico esquemático:

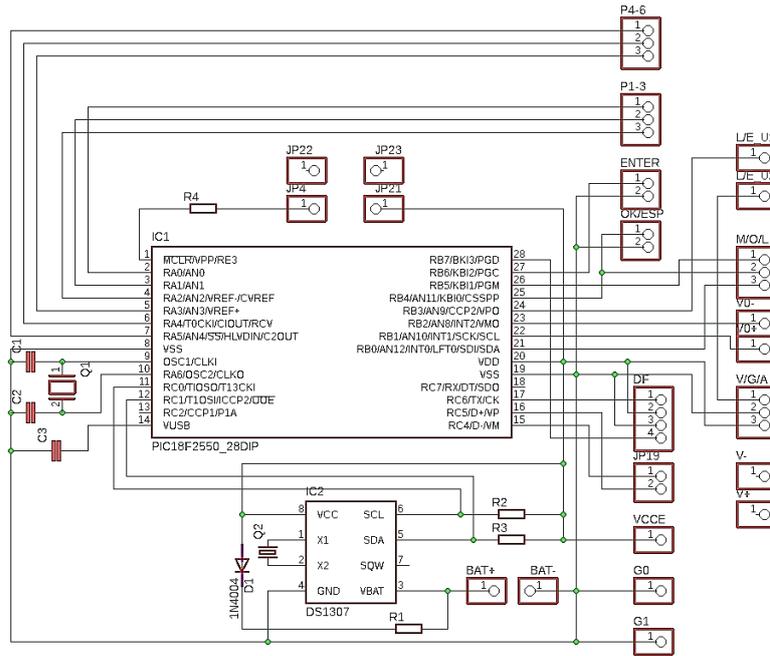


Figura 22: Diagrama esquemático, circuito tarjeta electrónica principal.

Diseño y armado de la tarjeta electrónica:

En la figura 23 y 24, se muestra el aspecto final del diseño de la tarjeta electrónica principal, en la que se encuentran el microcontrolador PIC18F2550, y elementos complementarios para su funcionamiento, además del resultado final de armado.

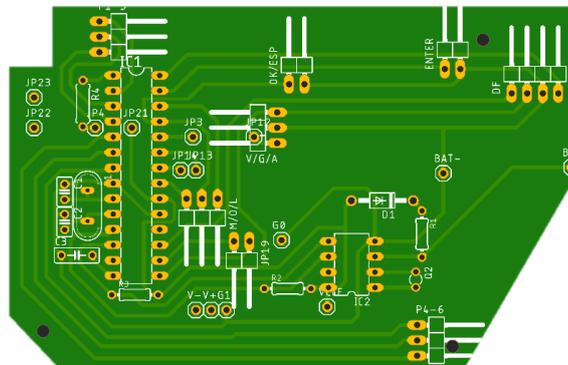


Figura 23: Aspecto final, pre desarrollo de la tarjeta electrónica principal.

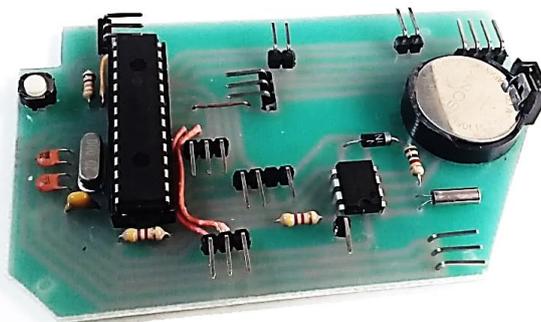


Figura 24: Tarjeta electrónica principal.

2.2.2.2. Tarjeta Electrónica de Pulsantes

Esta tarjeta electrónica consta de 7 pulsantes Omron de 12x12mm conformando el signo generador y un botón ejecutor, además de 3 botones de comandos para la elección de modos de funcionamiento y actividades estos de 6x6mm, junto con los conectores necesarios.

Diagrama electrónico esquemático:

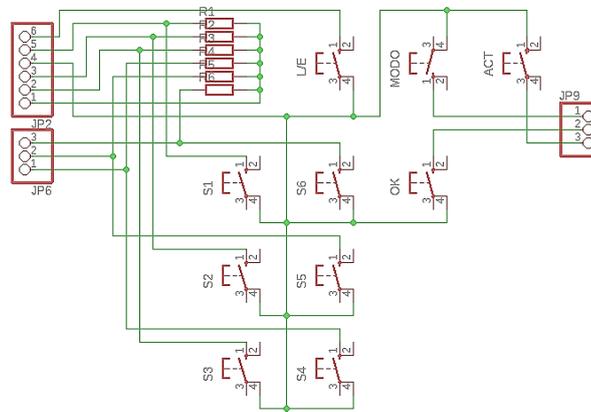


Figura 25: Diagrama esquemático, circuito tarjeta electrónica de pulsantes.

Diseño y armado de la tarjeta electrónica:

El motivo de la separación de esta de la tarjeta principal es que la altura del PIC con el zócalo es de un poco más de 10mm contra los casi 5mm de los pulsantes, lo que provoca que los pulsantes no sobresalgan la carcasa dificultando su accionamiento, por lo que su separación se da con la finalidad de que esta tarjeta este desplazada unos centímetros más arriba para compensar este problema. En la figura 26 se muestra el aspecto que tendrá la tarjeta electrónica y la ubicación de sus elementos, el ancho de sus pistas, entre otros factores.

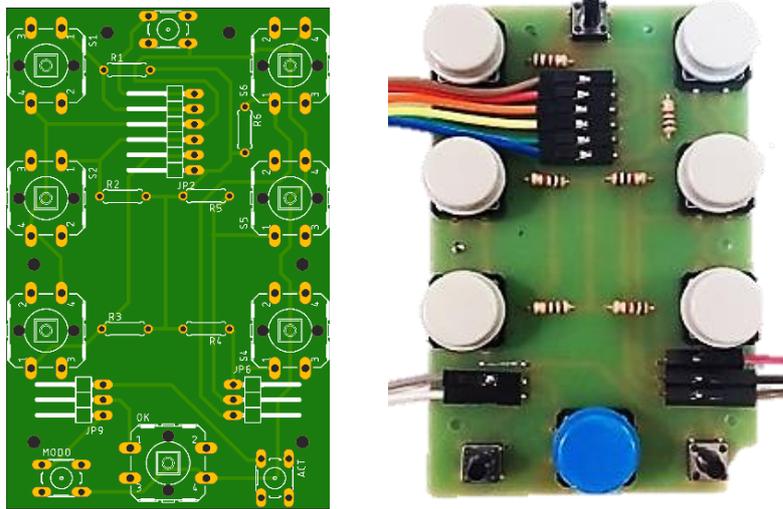


Figura 26: Aspecto pre y post desarrollo de la tarjeta electrónica de pulsantes.

2.2.2.3. Tarjeta Electrónica de Sonido

En la figura 27 se muestra el diagrama electrónico esquemático, con los elementos y las conexiones necesarias para el funcionamiento y el envío de las órdenes sonoras, desde el microcontrolador hasta el módulo de reproducción.

Diagrama electrónico esquemático:

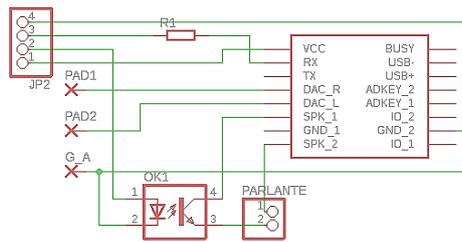


Figura 27: Diagrama esquemático, circuito tarjeta electrónica de sonido.

Diseño y armado de la tarjeta electrónica:

En la figura 28, se puede observar tanto el aspecto del diseño de la tarjeta electrónica, así como el armado final de la misma, la ubicación de los elementos se debe a la ubicación del conector de los audífonos y la ranura de la tarjeta micro SD.

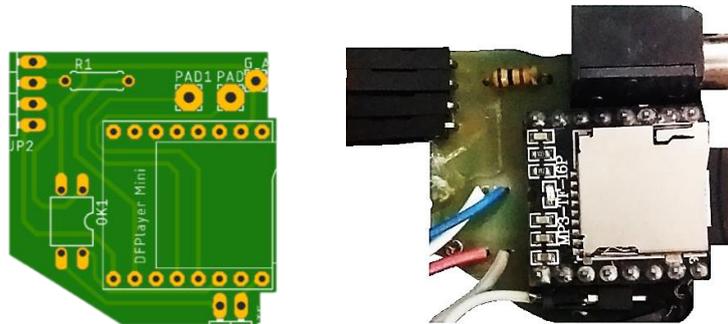


Figura 28: Diseño y aspecto final de la tarjeta electrónica de sonido.

2.2.2.4. Tarjetas Electrónicas Complementarias

Diagrama electrónico y diseño, tarjeta de volumen:

La primera tarjeta complementaria, es muy simple, solamente contará con dos botones y tres puntos de conexión, estos permitirán al aumento o disminución del nivel de volumen mediante el envío de comandos desde el microcontrolador hasta el módulo de reproducción, en la figura 29 se observa el diagrama electrónico esquemático, mientras que en la figura 30 el diseño y aspecto final de la tarjeta electrónica.

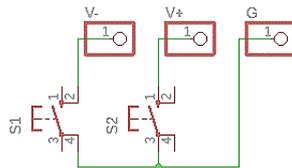


Figura 29: Diagrama esquemático, circuito tarjeta electrónica de volumen.



Figura 30: Diagrama esquemático, circuito tarjeta electrónica de volumen.

Diagrama electrónico y diseño, tarjeta de carga y conexión USB:

La segunda tarjeta complementaria es la placa de conexión USB, en la figura 31 se muestra el diagrama esquemático implementado en Eagle y en la figura 32 el aspecto pre y post desarrollo, es muy simple debido a que solamente será un punto de conexión del puerto USB B tipo hembra con la tarjeta de carga y descarga DD05CVSA, además de la conexión con los pines USB del microcontrolador.

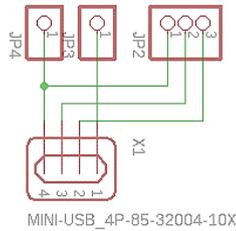


Figura 31: Diagrama esquemático, circuito tarjeta electrónica de volumen.



Figura 32: Diagrama esquemático, circuito tarjeta electrónica de volumen.

2.2.3. Diseño y Desarrollo Armazón

Con la finalidad de contener y proteger las tarjetas electrónicas, los componentes electrónicos, y tener una correcta repartición de botones, elementos de sonido y conectores a lo largo la estructura, usando Inventor y AutoCAD, se diseñó un armazón que cumpla con todas estas especificaciones, que sea de fácil manipulación, con un tamaño no exagerado y cómoda ubicación de sus elementos ante el tacto, facilitando su uso tanto para la práctica como la escritura Braille, mediante el procedimiento detallado a continuación.

2.2.3.1. Diseño en tercera dimensión del prototipo

Base del armazón y elementos de energía y sonido:

Base diseñada de acuerdo a las medidas de la tarjeta electrónica principal y el tamaño de la batería a usar, cuyo grosor es de 3 mm, en esta se ubican los elementos encargados de la energía y reproducción de audio, con sus medidas en una primera capa, ver figura 33.

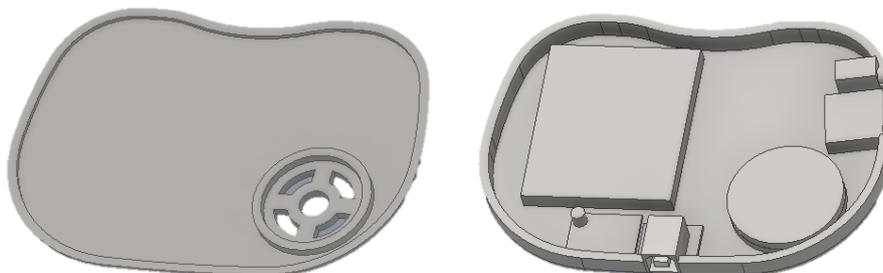


Figura 33: Diseño de la base del armazón.

Tarjetas electrónicas:

Diseño de cada una de las tarjetas electrónicas con los elementos de mayor tamaño, en tercera dimensión para observar y verificar el espacio ocupado por las mismas, así como el ancho que tendrá el armazón, ver figura 34.

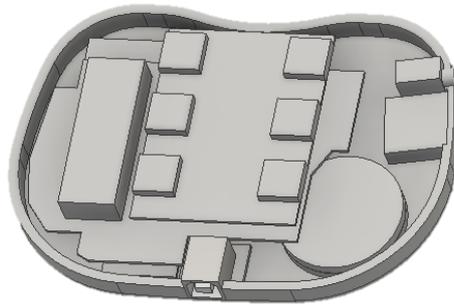


Figura 34: Diseño de elementos internos, para ubicar agujeros de conexión.

Armazón completo:

Se diseñan los lados laterales y el superior también de un espesor de 3 mm al igual que la base. En la tapa superior están ubicados los agujeros necesarios para el acceso a los botones y salida del sonido, en la figura 35, se muestra el armazón con un corte que nos permite observar la distribución de los elementos en su interior.

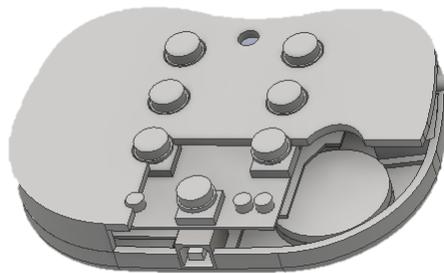


Figura 35: Diseño del armazón completo con corte.

Detalles y botones superiores:

Para un mejor acabado del armazón y sea adaptable a la forma de agarre de las manos, en cada una de sus aristas se realizan empalmes curvos, se agregan 2 botones superiores que serán de ayuda al momento de la escritura en un ordenador.

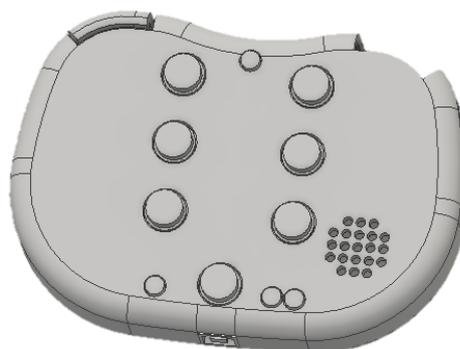


Figura 36: Batería de litio 2000mAh – 3.7V.

2.2.3.2. Obtención de planos y estructuras finales del armazón del prototipo

Finalmente para la obtención de los planos y superficies para las impresiones en tercera dimensión, desde Inventor son exportados, a AutoCAD para la obtención de los planos de cada tapa, y también a formato Stl, para el proceso de impresión.

Estructura tapa inferior:

En la figura 37, se muestra el diseño final de la tapa baja del armazón, con este diseño se realizaron las impresiones en tercera dimensión de la tapa inferior, se puede observar diversas estructuras de soporte pequeñas en la base, que cuentan con los agujeros correspondientes, para fijar cada elemento en su lugar mediante tornillos. Los lados laterales de la estructura no son continuos debido a botones que son diseñados por separado, diferentes puertos de entrada y componentes que son necesarios que sobresalgan al exterior.

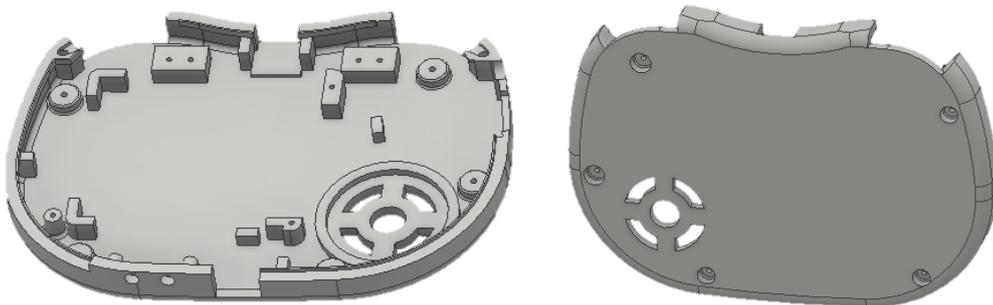


Figura 37: Diseño final de la tapa inferior.

Plano tapa inferior:

Con finalidades de comprobación se obtiene el plano desde la vista superior de la tapa, ver figura 38, exportando nuestro diseño a un formato .dwg, con la finalidad de ubicar cada elemento en su espacio y verificar el lugar de los agujeros, sus dimensiones y que no choquen con los elementos adyacentes.

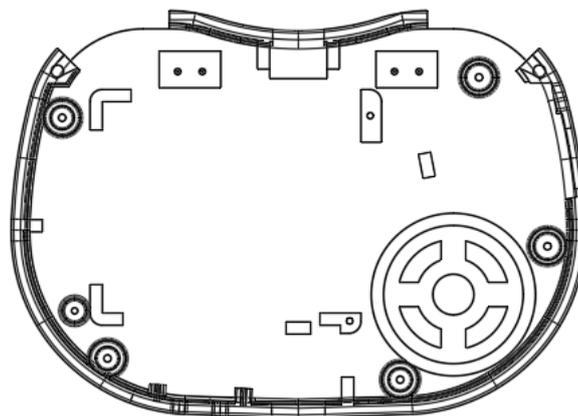


Figura 38: Plano tapa inferior.

Estructura tapa superior:

De igual forma que con la tapa inferior a continuación en la figura 39, se muestra el diseño final obtenido y con el cual se realizarán las impresiones en tercera dimensión de la tapa superior del armazón, en las figuras se observa además de la carcasa principal también diversos cilindros salientes con agujeros para fijar la placa de botones mediante tornillos.



Figura 39: Diseño final de la tapa inferior.

Plano tapa superior:

Para comprobar la unión entre las tapas, además que las medidas de cada elemento de forma física y que el acople con la tapa inferior sea el correcto, se obtiene el plano superior en formato .dwg, con la finalidad de ubicar cada elemento en su espacio y realizar esta verificación, además de comprobar la correcta ubicación de agujeros para tornillos, con la abierta la posibilidad de realizar ediciones de ser necesarias. En la figura 40, se muestra el plano obtenido a partir del diseño en tercera dimensión, pero visto desde la parte superior.

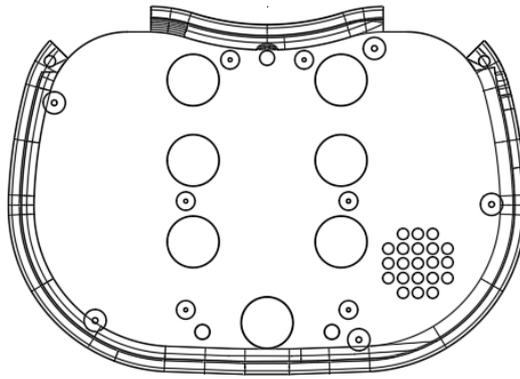


Figura 40: Plano tapa superior.

Botones superiores, tipo gatillo:

Para facilitar el uso del prototipo al momento de usarlo como teclado en una computadora, pensado en aumentar la velocidad de escritura, se incluyen dos botones superiores tipo gatillo, estos se muestran en la figura 41, en donde se aprecia su estructura en tercera dimensión y también los planos desde las vistas superior y lateral, estas 4 piezas conjuntamente con las tapas superior e inferior forman el armazón final del prototipo.

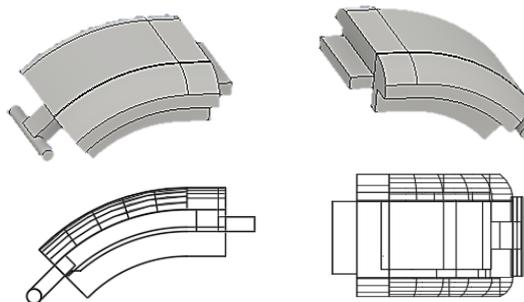


Figura 41: Estructura y planos botones superiores tipo gatillo.

2.2.4. Programas necesarios para programación y diseño.

En caso de existir alguna recomendación importante en el inicio del sistema o la instalación de un prototipo, es importante darlo a conocer en esta sección Finarme.

2.2.4.1. CCS Compiler (PIC C Compiler) 5.015

La programación del microcontrolador, fue realizada en CCS Compiler versión 5.015, en la carpeta electrónica adjunta se encuentran, los archivos necesarios, estos son 4 archivos:

- Ds1307: Este archivo es una librería para el funcionamiento como reloj.
- Modo1: Este archivo es el programa principal en su versión final.
- Modoo: Este archivo era el programa principal, antes de hacer variaciones en el menú de selección para facilitar su uso.
- USB_kbd_HID: Este archivo es necesario para la comunicación del prototipo con la computadora.
- Modo1.hex: Archivo versión final que deberá usarse para la grabación del microcontrolador.

2.2.4.2. PICKit 3 v3.10

La grabación del programa en el microcontrolador, es realizada con un PICKit 3 y un zócalo ZIF para PICKit, usando el software PICKit 3, versión 3.10, el micro controlador deberá se ubicado en el zócalo, para desde la carpeta en donde está la programación importar el archivo “modo1.hex”, y proceder a grabar con el comando Write.

2.2.4.3. Eagle 9.0.0

El diseño y desarrollo de las diferentes tarjetas electrónicas mostradas en este documento, fueron realizadas en el programa EAGLE, versión 9.0.0, dentro de la carpeta electrónica adjunta, están 5 carpetas:

- Principal: Tarjeta electrónica principal.
- Botones: Tarjeta electrónica de botones.
- Sonido: Tarjeta electrónica de sonido.
- Volumen: Tarjeta electrónica complementaria para manejo de volumen.
- Conexión: Tarjeta electrónica complementaria para conexión USB.

Dentro de cada una de estas carpetas están 8 archivos:

- “nombre de la carpeta”.sch: Archivo que contiene el diseño esquemático.
- “nombre de la carpeta”.brd: Archivo que contiene el diseño de la tarjeta electrónica.
- “nombre de la carpeta”+Esquemático.pdf: Archivo que contiene el diseño esquemático en formato PDF.
- “nombre de la carpeta”+Tarjeta.pdf: Archivo que contiene el diseño de la tarjeta en formato PDF.
- “nombre de la carpeta”.png: Archivo de imagen que contiene el diseño final de la tarjeta.
- “nombre de la carpeta”+Pines.pdf: Archivo de imagen que contiene solamente los pines de la tarjeta.
- “nombre de la carpeta”+Pistas.pdf: Archivo de imagen que contiene solamente las pistas de la tarjeta en blanco y negro.

- “nombre de la carpeta”+Agujeros.pdf: Archivo de imagen que contiene solamente los agujeros de la tarjeta.

2.2.4.4. Autodesk Inventor Professional 2016

El diseño de las dos tapas que protegerán el prototipo, fue realizado usando Autodesk Inventor Professional 2016, dentro de la carpeta llamada “Armazón”, se encuentra otra carpeta llamada “Diseños Inventor” en donde se encuentran los archivos de diseño .ipt de cada uno de los elementos diseñados: Tapa baja, Tapa alta y Botones tipo gatillo y también estos pero en archivo PDF.

Dentro de la misma carpeta se encuentra una carpeta llamada “Archivos Stl”, en donde están los archivos necesarios para la impresión en tercera dimensión, obtenidos al exportar los archivos .ipt ya mencionados desde Inventos a un formato .Stl, usado en impresoras 3D.

2.2.4.5. AutoCAD 2017

De los diseños obtenidos en Inventor (formato .ipt), se exporto estos a un formato .dwg, para poder usarlos en AutoCAD 2017, obteniendo los planos de todas las estructuras diseñadas, los cuales se encuentran tanto en formato .dwg, como en archivo PDF, en la carpeta “diseños AutoCad.

2.2.4.6. Audacity 2.2.2

Software utilizado para el manejo de audio, eliminar ruido, mejorar el tono de voz, controlar tiempos de reproducción, entre otros factores, de los audios grabados para la presentación de indicaciones sonoras, la versión del programa es Audacity 2.2.2.

ANEXO H: ENCUESTAS Y FICHAS DE EVALUACIÓN

H.1. Encuesta de investigación de necesidades y expectativas

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CUENCA	
Encuesta de investigación de necesidades y expectativas sobre el prototipo.	
Pregunta 1	¿Usted ha usado equipos o prototipos para ayuda en el lenguaje Braille? Si No
Pregunta 2	¿Qué finalidad tenían los equipos o prototipos que ha usado? Enseñanza Practica Juego Escritura Lectura Otra:
Pregunta 3	¿Piensa Usted que las Universidades y diferentes grupos de investigación y desarrollo deben seguir trabajando en este campo y prototipos? Si No
Pregunta 4	¿Qué cree usted que estos prototipos deben tener u ofrecer para su beneficio?
Pregunta 5	¿Le gustaría a usted que el prototipo sea recargable y portátil? Si No
Pregunta 6	¿Cree que el prototipo debería incluir otras aplicaciones de ayuda aparte de la enseñanza? Si No
Pregunta 7	¿Considera usted una buena idea que el prototipo le informe la hora cuando necesite? Si No
Pregunta 8	¿Para usted la forma de práctica mediante juegos es una buena idea? Si No
Pregunta 9	¿Qué piensa sobre la idea de un prototipo que pueda ser usado también de manera autónoma? Me gusta No me gusta
Pregunta 10	¿Cree que el prototipo debería poder recordarle como se lee o escribe una letra en específico en caso de no recordarlo? Si No

Pregunta 11	¿Cuál es su opinión sobre que el prototipo le pueda ayudar a escribir en una computadora?
Pregunta 12	¿Piensa que el tamaño del prototipo deba ser pequeño y portable, acorde al tamaño de las manos? Si No
Pregunta 13	¿Cree que el precio del prototipo influirá en su nivel de utilización y aceptación? Si No
Pregunta 14	¿Qué piensa sobre un prototipo que puede ser actualizado en el tiempo, agregando nuevas aplicaciones y tareas? Me gusta No me gusta
Pregunta 15	¿Para usted que es necesario que un prototipo tenga para sea más aceptado y utilizado?

H.2. Detalle y nombre de las pistas usadas en reproducción

NUMERO DE PISTA	NOMBRE PISTA	NUMERO PISTA HEX	DESCRIPCIÓN
1	0001	0X01	SONIDO ENCENDIDO/MENÚ PRINCIPAL
2	0002	0X02	MODO 1 APRENDIZAJE
3	0003	0X03	MODO 2 PRACTICA
4	0004	0X04	MODO 3 TECLADO
5	0005	0X05	MODO 4 RELOJ
6	0006	0X06	MODO 5 CALCULADORA
7	0007	0X07	MODO 6
8	0008	0X08	INGRESO A MODO
9	0009	0X09	ELIGE UNA ACTIVIDAD
10	0010	0X0A	MUY BIEN
11	0011	0X0B	ESPLENDIDO
12	0012	0X0C	CORRECTO
13	0013	0X0D	EXCELENTE
14	0014	0X0E	BIEN
15	0015	0X0F	PERFECTO
16	0016	0X10	INTENTALO DE NUEVO
17	0017	0X11	ERROR
18	0018	0X12	EMPECEMOS
19	0019	0X13	M2 LETRAS ORDEN
20	0020	0X14	M2 LETRAS ALEATORIAMENTE
21	0021	0X15	M2 INICIALES
22	0022	0X16	M2 PALABRAS COMPLETAS
23	0023	0X17	LETRA A
24	0024	0X18	LETRA B
25	0025	0X19	LETRA C

26	0026	0X1A	LETRA D
27	0027	0X1B	LETRA E
28	0028	0X1C	LETRA F
29	0029	0X1D	LETRA G
30	0030	0X1E	LETRA H
31	0031	0X1F	LETRA I
32	0032	0X20	LETRA J
33	0033	0X21	LETRA K
34	0034	0X22	LETRA L
35	0035	0X23	LETRA M
36	0036	0X24	LETRA N
37	0037	0X25	LETRA Ñ
38	0038	0X26	LETRA O
39	0039	0X27	LETRA P
40	0040	0X28	LETRA Q
41	0041	0X29	LETRA R
42	0042	0X2A	LETRA S
43	0043	0X2B	LETRA T
44	0044	0X2C	LETRA U
45	0045	0X2D	LETRA V
46	0046	0X2E	LETRA W
47	0047	0X2F	LETRA X
48	0048	0X30	LETRA Y
49	0049	0X31	LETRA Z
50	0050	0X32	ABEJA
51	0051	0X33	BURRO
52	0052	0X34	CONEJO
53	0053	0X35	DELFIN
54	0054	0X36	ELEFANTE
55	0055	0X37	FOCA
56	0056	0X38	GALLINA
57	0057	0X39	HALCON
58	0058	0X3A	IGUANA
59	0059	0X3B	JIRAFÁ
60	0060	0X3C	KOALA
61	0061	0X3D	LEON
62	0062	0X3E	MARIPOSA
63	0063	0X3F	NUTRIA
64	0064	0X40	OSO
65	0065	0X41	PULPO
66	0066	0X42	RATON
67	0067	0X43	SERPIENTE
68	0068	0X44	TORTUGA
69	0069	0X45	VENADO
70	0070	0X46	YEGUA

71	0071	0X47	ZORRO
72	0072	0X48	AVIÓN
73	0073	0X49	BALÓN
74	0074	0X4A	CERÉZA
75	0075	0X4B	DADO
76	0076	0X4C	ESPEJO
77	0077	0X4D	FRESA
78	0078	0X4E	GALLETA
79	0079	0X4F	HOSPITAL
80	0080	0X50	ISLA
81	0081	0X51	JUGUETE
82	0082	0X52	KARATE
83	0083	0X53	LAZO
84	0084	0X54	MESA
85	0085	0X55	NOCHE
86	0086	0X56	OREJA
87	0087	0X57	PAYASO
88	0088	0X58	QUEZO
89	0089	0X59	ROSA
90	0090	0X5A	SANDIA
91	0091	0X5B	TELEFONO
92	0092	0X5C	UÑA
93	0093	0X5D	VOLCAN
94	0094	0X5E	YATE
95	0095	0X5F	ZAPATO
96	0096	0X60	INICIAL SONIDO
97	0097	0X61	BUHO
98	0098	0X62	CABALLO
99	0099	0X63	CERDO
100	0100	0X64	DELFIN
101	0101	0X65	ELEFANTE
102	0102	0X66	FOCA
103	0103	0X67	GALLO
104	0104	0X68	GATO
105	0105	0X69	LEON
106	0106	0X6A	LOBO
107	0107	0X6B	MONO
108	0108	0X6C	OVEJA
109	0109	0X6D	PATO
110	0110	0X6E	PERRO
111	0111	0X6F	SAPO
112	0112	0X70	VACA
113	0113	0X71	ESCRIBE SONIDO
114	0114	0X72	ALA
115	0115	0X73	AMARILLO

116	0116	0X74	BARCO
117	0117	0X75	BICICLETA
118	0118	0X76	CARRO
119	0119	0X77	CASA
120	0120	0X78	CELULAR
121	0121	0X79	COMPUTADORA
122	0122	0X7A	CUENCA
123	0123	0X7B	ESCUELA
124	0124	0X7C	FLOR
125	0125	0X7D	HELADO
126	0126	0X7E	MAMA
127	0127	0X7F	MESA
128	0128	0X80	PAN
129	0129	0X81	TOMATE
130	0130	0X82	UVA
131	0131	0X83	VEINTE
132	0132	0X84	ZAPATO
133	0133	0X85	VERDE
134	0134	0X86	A
135	0135	0X87	B
136	0136	0X88	C
137	0137	0X89	D
138	0138	0X8A	E
139	0139	0X8B	F
140	0140	0X8C	G
141	0141	0X8D	H
142	0142	0X8E	I
143	0143	0X8F	J
144	0144	0X90	K
145	0145	0X91	L
146	0146	0X92	M
147	0147	0X93	N
148	0148	0X94	Ñ
149	0149	0X95	O
150	0150	0X96	P
151	0151	0X97	Q
152	0152	0X98	R
153	0153	0X99	S
154	0154	0X9A	T
155	0155	0X9B	U
156	0156	0X9C	V
157	0157	0X9D	W
158	0158	0X9E	X
159	0159	0X9F	Y
160	0160	0XA0	Z

161	0161	0XA1	BUHO NOMBRE
162	0162	0XA2	CABALLO NOMBRE
163	0163	0XA3	CERDO NOMBRE
164	0164	0XA4	DELFIN NOMBRE
165	0165	0XA5	ELEFANTE NOMBRE
166	0166	0XA6	FOCA NOMBRE
167	0167	0XA7	GALLO NOMBRE
168	0168	0XA8	GATO NOMBRE
169	0169	0XA9	LEON NOMBRE
170	0170	0XAA	LOBO NOMBRE
171	0171	0XAB	MONO NOMBRE
172	0172	0XAC	OVEJA NOMBRE
173	0173	0XAD	PATO NOMBRE
174	0174	0XAE	PERRO NOMBRE
175	0175	0XAF	SAPO NOMBRE
176	0176	0XB0	VACA NOMBRE
177	0177	0XB1	SIGNO GENERADOR
178	0178	0XB2	LETRAS
179	0179	0XB3	NÚMEROS
180	0180	0XB4	REPRESENTACIÓN SIGNO Y PUNTO 1
181	0181	0XB5	PUNTO 1
182	0182	0XB6	PUNTO 2
183	0183	0XB7	PUNTO 3
184	0184	0XB8	PUNTO 4
185	0185	0XB9	PUNTO 5
186	0186	0XBA	PUNTO 6
187	0187	0XBB	PUNTO 1 Y 4
188	0188	0XBC	PUNTO 1 Y 5
189	0189	0XBD	PUNTO 2 Y 6
190	0190	0XBE	PUNTO 3 Y 4
191	0191	0XBF	PUNTO 1 Y 6
192	0192	0XC0	PUNTOS 1 AL 6
193	0193	0XC1	PARA ESCRIBIR
194	0194	0XC2	1
195	0195	0XC3	2
196	0196	0XC4	3
197	0197	0XC5	4
198	0198	0XC6	5
199	0199	0XC7	6
200	0200	0XC8	7
201	0201	0XC9	8
202	0202	0XCA	9
203	0203	0XCB	0
204	0204	0XCC	SIMBOLO NÚMEROS
205	0205	0XCD	NUMERO 1

206	0206	0XCE	NUMERO 2
207	0207	0XCF	NUMERO 3
208	0208	0XD0	NUMERO 4
209	0209	0XD1	NUMERO 5
210	0210	0XD2	NUMERO 6
211	0211	0XD3	NUMERO 7
212	0212	0XD4	NUMERO 8
213	0213	0XD5	NUMERO 9
214	0214	0XD6	NUMERO 0
215	0215	0XD7	MINUSCULAS
216	0216	0XD8	MAYUSCULAS
217	0217	0XD9	SUMA
218	0218	0XDA	RESTA
219	0219	0XDB	MULTIPLICACIÓN
220	0220	0XDC	DIVISIÓN
221	0221	0XDD	MENOS
222	0222	0XDE	RESULTADO
223	0223	0XDF	PARLANTE ON
224	0224	0XE0	1 CIFRA
225	0225	0XE1	2 CIFRA
226	0226	0XE2	ENTER
227	0227	0XE3	ESPACIO
228	0228	0XE4	BORRAR
229	0229	0XE5	COMA
230	0230	0XE6	PUNTO
231	0231	0XE7	TABULADOR
232	0232	0XE8	TAB2
233	0233	0XE9	HORA
234	0234	0XEA	FECHA
235	0235	0XEB	IGUALAR
236	0236	0XEC	1 DIA
237	0237	0XED	2 DIA
238	0238	0XEE	1 MES
239	0239	0XEF	2 MES
240	0240	0XF0	3 AÑO
241	0241	0XF1	4 AÑO
242	0242	0XF2	1 HORA
243	0243	0XF3	2 HORA
244	0244	0XF4	1 MINUTO
245	0245	0XF5	2 MINUTO
246	0246	0XF6	AM / PM
247	0247	0XF7	
248	0248	0XF8	
249	0249	0XF9	FECHA FIJADA
250	0250	0XFA	HORA FIJADA

251	0251	0XFB	ES LA
252	0252	0XFC	SON LAS
253	0253	0XFD	DE LA MAÑANA
254	0254	0XFE	DE LA TARDE
255	0255	0XFF	DE LA NOCHE
256	0256	0X100	CON
257	0257	0X101	MINUTO
258	0258	0X102	MINUTOS
259	0259	0X103	Y (I)
260	0260	0X104	UNA
261	0261	0X105	UN
262	0262	0X106	10
263	0263	0X107	11
264	0264	0X108	12
265	0265	0X109	13
266	0266	0X10A	14
267	0267	0X10B	15
268	0268	0X10C	DIESI
269	0269	0X10D	20
270	0270	0X10E	VEINTI
271	0271	0X10F	30
272	0272	0X110	TREINTAY
273	0273	0X111	40
274	0274	0X112	CUARENTAY
275	0275	0X113	50
276	0276	0X114	CINCUENTAY
277	0277	0X115	DE
278	0278	0X116	ENERO
279	0279	0X117	FEBRERO
280	0280	0X118	MARZO
281	0281	0X119	ABRIL
282	0282	0X11A	MAYO
283	0283	0X11B	JUNIO
284	0284	0X11C	JULIO
285	0285	0X11D	AGOSTO
286	0286	0X11E	SEPTIEMBRE
287	0287	0X11F	OCTUBRE
288	0288	0X120	NOVIEMBRE
289	0289	0X121	DICIEMBRE
290	0290	0X122	2018
291	0291	0X123	2019
292	0292	0X124	2020
293	0293	0X125	2021