



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MATERIAL
TIFLOTÉCNICO QUE FACILITE LA LECTURA Y
ESCRITURA EN SISTEMA BRAILLE A NIÑOS DE LA
UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA DE NO VIDENTES
DE COTOPAXI”**

AUTOR: DANILO NAPOLEÓN CHERRES ARGUELLO

DIRECTOR: ING. FAUSTO ACUÑA

LATACUNGA

2015



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MATERIAL TIFLOTÉCNICO QUE FACILITE LA LECTURA Y ESCRITURA EN SISTEMA BRAILLE A NIÑOS DE LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA DE NO VIDENTES DE COTOPAXI”**, realizado por el señor **DANILO NAPOLEÓN CHERRES ARGUELLO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **DANILO NAPOLEÓN CHERRES ARGUELLO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Noviembre del 2015

Atentamente,

Ing. Fausto Acuña

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE ENERGÍA MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **DANILO NAPOLEÓN CHERRES ARGUELLO**, con cédula de identidad N° 1721057386 respectivamente, declaro que este trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MATERIAL TIFLOTÉCNICO QUE FACILITE LA LECTURA Y ESCRITURA EN SISTEMA BRAILLE A NIÑOS DE LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA DE NO VIDENTES DE COTOPAXI”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

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

Latacunga, Noviembre del 2015

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Danilo Napoleón Cheres Arguello', is written over a horizontal line. The signature is stylized and includes a small 'ca' above the main text.

Danilo Napoleón Cheres Arguello
CC. 1721057386



DEPARTAMENTO DE ENERGÍA MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **DANILO NAPOLEÓN CHERRES ARGUELLO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“Diseño y construcción de material tiflotécnico que facilite la lectura y escritura en sistema Braille a niños de la Unidad Educativa Especializada de No Videntes de Cotopaxi”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, Noviembre del 2015

A handwritten signature in blue ink is positioned above a horizontal line. The signature is cursive and appears to read 'Danilo Napoleón Cheres Arguello'.

Danilo Napoleón Cheres Arguello
CC. 1721057386

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación primeramente lo dedico a Dios que sin él no somos nada.

A mis padres Nelson Cherres y Maria Flena Arguello, que siempre han estado ahí conmigo con su apoyo incondicional, sus palabras de aliento, brindándome la oportunidad de culminar mi carrera, sin duda alguna un ejemplo de lucha, amor y comprensión.

A mi abuelita querida Maria Olimpia Donoso, uno de mis pilares fundamentales que con sus sabios consejos hicieron de mí una persona de bien.

A mis hermanos David y Johanna Cherres que siempre están junto a mí en los buenos y malos momentos con su chispa que alegra a toda la familia.

A todas y cada una de las personas que influyen en mi vida en mi carácter en mis decisiones va dedicado este arduo trabajo

Danilo Cherres

AGRADECIMIENTO

Sin duda alguna en primer lugar le agradezco a Dios por los padres que me ha dado, sabiendo guiarme siempre por el camino del bien y así lograr esta gran meta en mi vida.

A mis hermanos que a pesar de a veces discutir, los tres siempre estaremos juntos queriéndonos, aconsejándonos y apoyándonos para así nunca dejar de crecer.

A los docentes de la universidad por brindarme el conocimiento necesario, en especial al Ing. Wilson Trávez que supo aportar con ideas innovadoras y de una manera muy afectuosa al director Ing. Fausto Acuña por su ayuda, tiempo y confianza para el desarrollo del proyecto.

A los docentes de la institución Lic. Jenny Chasi y Lic. Belén Chiluisa por su ayuda a la vinculación con los niños y personas adultas no videntes.

Finalmente agradecer a toda mi familia y amigos que siempre están ahí presentes con palabras de ánimo y revolviendo mi mundo, Gracias.

Danilo Cherres

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
PRESENTACIÓN	xx
 CAPÍTULO I	
1	MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE..... 1
1.1	Introducción
1.2	Antecedentes.....
1.3	Justificación
1.4	Planteamiento del problema
1.5	Diseño tecnológico para personas no videntes (Peña, 2009)... 3
1.5.1	Importancia del tacto.....
1.6	Sistema Braille.....
1.6.1	La escritura Braille en el mundo según la UNESCO.....

		viii
1.6.2	Configuración del sistema Braille.....	4
1.6.3	Braille a nivel latino.....	4
1.6.4	Parámetros dimensionales de la celda Braille (KREA, 2013) ...	5
1.6.5	Combinaciones del sistema Braille.....	5
1.7	Aprendizaje del sistema Braille.....	6
1.7.1	Métodos de enseñanza (Instituto de Tecnologías Educativas, 2013).....	7
1.7.2	Enseñanza del sistema Braille dentro de la Unidad Especializada de No Videntes de Cotopaxi	9
1.7.3	Instrumentos para la escritura en Braille (Martínez & Polo, 2004).....	12
1.8	Tiflotecnología	15
1.8.1	Material tiflotécnico en Ecuador.....	15
1.9	Teclado y línea Braille.....	17
1.9.1	Teclado Braille (Mora, 2006).....	17
1.9.2	Línea Braille.....	18
1.9.3	Teclado lector Braille (Disponibles en el mercado).....	19
1.10	Proyectos de teclado, línea y software Braille desarrollados..	21
1.10.1	Modelado del sistema TECBRAI (Moreno Carmona, 2009) ...	21
1.10.2	Diseño e implementación de un prototipo de display táctil para personas no videntes. (Bustos & Cobo, 2011).....	23
1.10.3	Dispositivo de lectura para invidentes basado en el sistema Braille (Juárez García, 2010)	25
1.10.4	Sistema de enseñanza del código Braille para niños con limitaciones visuales (Cétares Salas, 2005)	26
1.11	Sistema de adquisición de datos	28
1.11.1	Componentes de un sistema de adquisición de datos (Universidad Cuskal Herriko, 2004)	28

CAPÍTULO II

2	DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES	30
2.1	Parámetros de diseño.....	30

2.2	Diseño mecánico y selección de componentes de la línea Braille.....	31
2.2.1	Actuadores para la línea Braille	31
2.2.2	Selección de tipo de motor para la línea Braille.....	34
2.2.3	Selección del modelo de motor PAP	36
2.2.4	Modelado en el software SolidWorks.....	37
2.2.5	Análisis de cargas de pandeo críticas y permisibles.....	39
2.2.6	Análisis de parámetros mediante el software SolidWorks	47
2.2.7	Ponderación de materiales para los parantes.....	52
2.2.8	Selección de motores para la carcasa	53
2.3	Diseño mecánico y selección de componentes del teclado Braille.....	54
2.3.1	Diseño mecánico	55
2.3.2	Diseño final del teclado – línea Braille	56
2.3.3	Análisis de peso estructural	56
2.3.4	Ponderación y selección del material	58
2.4	Diseño electrónico del teclado Braille	60
2.4.1	Diseño de placas para los botones.....	60
2.5	Diseño electrónico y selección de componentes de la línea Braille.....	60
2.5.1	Control para motores PAP	61
2.5.2	Pololu A4988	62
2.5.3	Diseño de placas para los módulos A4988.....	63
2.5.4	Diseño de placa para el accionamiento de motores lineales ..	63
2.5.5	Diseño de placa para la dirección de giro de los motores PAP	64
2.6	Análisis y selección de la fuente	65
2.7	Sistema de adquisición de datos	66
2.7.1	Selección de la tarjeta de adquisición de datos	66
2.7.2	Selección del modelo de tarjeta arduino (FIME, 2012)	68
2.8	Selección del software	70
2.8.1	Módulo de control PAP A4988 (Pololu, 2001).....	72
2.9	Diseño del software	72

2.9.1	Diseño del entorno gráfico	x 73
-------	----------------------------------	---------

CAPÍTULO III

3	IMPLEMENTACIÓN	76
3.1	Implementación mecánica	76
3.2	Implementación electrónica	77
3.3	Acabados de la línea y teclado Braille	81
3.4	Implementación del software	82
3.4.1	Programación para el teclado Braille	83
3.4.2	Programación para la línea Braille	87
3.5	Implementación de la interfaz gráfica Labview	91
3.5.1	Mensaje de inicio	92
3.5.2	Menú.....	92
3.5.3	Nuevo documento por persona no vidente	93
3.5.4	Línea Braille.....	93
3.5.5	Editor de texto normal.....	94

CAPÍTULO IV

4	ANÁLISIS DE PRUEBAS Y RESULTADOS.....	96
4.1	Prueba del teclado Braille	96
4.1.1	Velocidad de adquisición	96
4.1.2	Análisis	97
4.1.3	Fiabilidad del dato enviado	98
4.1.4	Análisis	99
4.1.5	Optimización de la programación para los botones	100
4.1.6	Pruebas	101
4.1.7	Análisis	102
4.2	Prueba de la línea Braille.....	102
4.2.1	Desplazamiento	102
4.2.2	Análisis	104
4.2.3	Prueba de lectura por parte de las personas no videntes.....	104
4.2.4	Análisis	106

		xi
4.3	Validación de la hipótesis	106
4.4	Análisis de costos	111
4.4.1	Análisis costo - beneficio	112

CAPÍTULO V

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
5.1	Conclusiones	115
5.2	Recomendaciones	117

BIBLIOGRAFÍA	119
---------------------------	------------

LINKOGRAFÍA	121
--------------------------	------------

ANEXOS.....	126
--------------------	------------

ANEXO A: DIMENSIONES DE LA CELDA BRAILLE

ANEXO B: SERIES SIMPLES DEL SISTEMA BRAILLE

ANEXO C: SERIES COMPUESTAS BRAILLE

**ANEXO D: PROPIEDADES MECÁNICAS DE MATERIALES COMUNES EN
EL MERCADO**

ANEXO E: DATASHEET MOTOR 28BYJ-48

ANEXO F: CARACTERES SOLICITUDES POR LA INSTITUCIÓN

ANEXO G: CUADRO DE JI CUADRADO

ANEXO H: PLANOS DE LA ESTRUCTURA

ANEXO I: MANUAL DE USUARIO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Dimensión de la Matriz	5
Figura 2	Símbolos anexados últimamente	6
Figura 3	Escritura de personas no vidente	10
Figura 4	Material en Alto relieve para personas no videntes	12
Figura 5	(a) Punzón modelo oreja, (d) Regleta de plástico	13
Figura 6	Máquina Perkins	13
Figura 7	Braille LITE 40	14
Figura 8	Máquina Perkins Donada por EFAVI	15
Figura 9	Identificador de libros mediante RFID	16
Figura 10	Pruebas de Usabilidad con la pulsera vibradora.....	17
Figura 11	Teclado Braille	18
Figura 12	Línea Braille	19
Figura 13	VarioUltra 20 y 40 celdas.....	19
Figura 14	BrailleNote Apex BT 32 Braille Notetaker	20
Figura 15	Focus 14 Blue	20
Figura 16	Línea Braille	21
Figura 17	Mecanismo de accionamiento de agujas	22
Figura 18	Teclado adaptado al sistema Braille	22
Figura 19	Prototipo Línea Braille con una Matriz 3x2	24
Figura 20	Placas dispuestas con relés	24
Figura 21	Actuador de la Línea Braille	25
Figura 22	Interfaz Electromecánica	27
Figura 23	Montaje definitivo en perfil angular	27
Figura 24	Desarrollo del Software en Visual C++	28

Figura 25	Componentes De la Adquisición de Datos.....	29
Figura 26	Línea Braille con levas.....	32
Figura 27	Sistema leva – seguidor.....	33
Figura 28	Matriz Braille	33
Figura 29	Motor PAP 28BYJ-48.....	37
Figura 30	Diseño estructural actuadores	37
Figura 31	Actuadores línea Braille	38
Figura 32	Línea Braille.....	38
Figura 33	Análisis de fuerzas en parantes.....	39
Figura 34	Tipos de sujeciones	40
Figura 35	Propiedad de área del perfil rectangular	41
Figura 36	Puntos críticos dentro de los parantes.....	42
Figura 37	Diagrama esfuerzo deformación de material dúctil.....	43
Figura 38	Sección Transversal columna.....	44
Figura 39	Criterios de esfuerzo (N).....	45
Figura 40	Análisis de Tensión de Von Mises de ABS	48
Figura 41	Análisis de Desplazamientos de Nylon	49
Figura 42	Análisis de la Deformación Unitaria Acrílico	50
Figura 43	Análisis del Factor de Seguridad Acrílico.....	51
Figura 44	Motor de movimiento lineal.....	54
Figura 45	Modelado teclado Braille.....	55
Figura 46	Modelado teclado Braille.....	56
Figura 47	Diseño placa botones	60
Figura 48	Modulo de control PAP A4988.....	62
Figura 49	Conexión Pololu A4988	62
Figura 50	Placa de control Módulo A4988	63

	xiv
Figura 51 Placa de motores lineales.....	64
Figura 52 Placa para el sentido de giro de los motores PAP.....	65
Figura 53 Arduino MEGA.....	70
Figura 54 Logotipo LabVIEW.....	71
Figura 55 Modulo de control PAP A4988.....	72
Figura 56 Organigrama Transmisión de datos.....	73
Figura 57 Pantalla del Menú.....	73
Figura 58 Flujo grama ingreso de texto.....	74
Figura 59 Flujo grama línea Braille.....	75
Figura 60 Parantes para los motores.....	76
Figura 61 Estructura teclado y línea Braille.....	77
Figura 62 Montaje de los motores PAP dentro de la Línea Braille.....	77
Figura 63 Placas de Módulos A4988.....	78
Figura 64 Distribución de los módulos A4988.....	78
Figura 65 Distribución de I/O en la tarjeta Arduino Mega 2560.....	80
Figura 66 Estructura e implementación Electrónica.....	81
Figura 67 Botones teclado Braille.....	82
Figura 68 Teclado y línea Braille.....	82
Figura 69 Sonidos pregrabados.....	83
Figura 70 Lazo If's en Arduino.....	85
Figura 71 Adquisición de datos desde Labview.....	86
Figura 72 Adquisición de datos desde Labview.....	86
Figura 73 Programación línea Braille.....	87
Figura 74 Codificación dentro de Labview.....	90
Figura 75 Codificación dentro de Arduino.....	91
Figura 76 Envío de pulsos hacia el motor PAP.....	91

	xv
Figura 77	Mensaje de inicio (pantalla1) 92
Figura 78	Menú (pantalla2)..... 92
Figura 79	Nuevo documento por personas no videntes (pantalla3)..... 93
Figura 80	Línea Braille (pantalla4) 94
Figura 81	Nuevo documento por tutores (pantalla5)..... 95
Figura 82	Prueba ingreso de datos (3segundos) 97
Figura 83	Prueba 1 ingreso de datos (Fiabilidad) 99
Figura 84	Prueba implementada ingreso de datos (Fiabilidad)..... 101
Figura 85	Envío de datos hacia la line Braille 103
Figura 86	Línea Braille Prueba de posición 103
Figura 87	Implementación de opciones para motores 104
Figura 88	Interacción con el teclado – línea Braille..... 105
Figura 89	Uso del teclado – línea Braille por niño no vidente 107
Figura 90	Uso del teclado – línea Braille por adulto no vidente 107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Métodos de enseñanza Braille	7
Tabla 2	Sistema de enseñanza.....	10
Tabla 3	Silabas simples	11
Tabla 4	Instrumentos informáticos	14
Tabla 5	Combinación binaria	34
Tabla 6	Tipos de motores para el actuador	35
Tabla 7	Tipos de motores PAP	36
Tabla 8	Análisis de cargas y fuerzas	47
Tabla 9	Tensión de Von Mises.....	48
Tabla 10	Valores de desplazamiento	49
Tabla 11	Valores de la Deformación Unitaria.....	50
Tabla 12	Valores de Factor de Seguridad	51
Tabla 13	Ponderación para la selección de Material de los parantes	52
Tabla 14	Características de motores para la carcasa	53
Tabla 15	Botones dentro del teclado Braille	55
Tabla 16	Dimensiones totales teclado Braille	57
Tabla 17	Masas de posibles materiales para la estructura	58
Tabla 18	Ponderación de material con diferentes criterios	59
Tabla 19	Control de motores PAP	61
Tabla 20	Consumo energético	66
Tabla 21	Tipos de tarjetas de adquisición de datos	67
Tabla 22	Modelos de tarjetas Arduino	68
Tabla 23	Tipos de tarjetas de adquisición de datos	70
Tabla 24	Localización de datos por colores	79

Tabla 25	Localización de los motores según los pines del Arduino	79
Tabla 26	Distribución de pines dentro del Arduino MEGA	81
Tabla 27	Código de caracteres	84
Tabla 28	Codificación para la línea Braille	88
Tabla 29	Código de datos para los botones	89
Tabla 30	Codificación al presionar 1 botón para la línea Braille	96
Tabla 31	Envío de datos desde el teclado Braille (Prueba de tiempo).....	97
Tabla 32	Codificación para la línea Braille, más de un botón	98
Tabla 33	Envío de datos desde el teclado Braille prueba de fiabilidad	99
Tabla 34	Niveles de caracteres Braille.....	100
Tabla 35	Envío datos desde el teclado prueba de fiabilidad rectificada..	101
Tabla 36	Envío datos hacia la línea (prueba de desfase motores)	102
Tabla 37	Lectura de personas no videntes en la línea Braille.....	105
Tabla 38	Datos respondidos por no videntes (Valores Observados)	108
Tabla 39	Datos respondidos por no videntes (Valores Esperados)	109
Tabla 40	Datos respondidos por no videntes (Valores Esperados)	110
Tabla 41	Análisis de costos	111
Tabla 42	Costos Variables	112
Tabla 43	Teclados – líneas Braille en el mercado Estadounidense	113

RESUMEN

La falta de recursos tecnológicos para personas no videntes incide en la creación de empresas dedicadas a la fabricación de material tiflotécnico que facilita el aprendizaje e inclusión de las mismas a la sociedad, como es el caso de Freedom Scientific una corporación que investiga, crea y vende tecnología de este tipo, sin embargo el adquirir uno de estos equipos representa costos muy elevados, es aquí donde surge la necesidad de generar proyectos innovadores dentro del país, por tal motivo en el presente proyecto se desarrolla un teclado y línea Braille. El teclado consta de un diseño similar a una máquina Perkins, es decir consta de 11 teclas de las cuales 6 representando cada punto de la matriz generadora que al combinarlas establecen letras, números o símbolos, permitiendo crear documentos accesibles a ser impresos. La línea consta de 8 celdas las cuales permiten la lectura de palabras enviadas desde un ordenador. Cada uno de estos equipos son manipulados a través de un software diseñado bajo la plataforma Labview, mismo que posee sonidos pregrabados indicando las instrucciones para el usuario y las letras ingresadas al ordenador, facilitando de esta manera la creación de documentos Braille y lectura de palabras.

PALABRAS CLAVE:

- **MATERIAL TIFLOTÉCNICO**
- **TECLADO BRAILLE**
- **LÍNEA BRAILLE**
- **GENERACIÓN DE DOCUMENTOS BRAILLE**

ABSTRACT

The lack of technological resources for blind people makes companies engaged in the manufacture of special material that facilitates the learning and inclusion of these people in the society, such as Freedom Scientific corporation which researches, creates and sells technology from this type, however buying one of these equipment has a really expensive value, here we start developing our innovative projects in our country. For that reason we present the braille keyboard and line. The keyboard has a design that is similar to Perkins machine, so it consists on eleven keys from there ones six represent each point of the generating matrix which is established by combining letters, numbers or symbols, that allow the creation of accessible documents that will be printed. The line consists on 8 cells which allow the reading of words that are sent from the computer. Each one of these devices are handled through a software that was designed under the Labview platform, this equipment has prerecorded sounds that indicates the user the instructions and the letters entered into the computer, in this way it facilitates the way of creating Braille documents and reading words.

KEYWORDS:

- **DEVELOPED MATERIALS**
- **BRAILLE KEYBOARD**
- **BRAILLE DISPLAY**
- **DOCUMENT GENERATION BRAILLE**

PRESENTACIÓN

En el presente proyecto de titulación se desarrolló un teclado y línea Braille para la Unidad Educativa Especializada de No Videntes Cotopaxi.

En el Capítulo I, se recopiló información necesaria para el desarrollo del proyecto como el sistema de aprendizaje dentro de la unidad educativa y estado del arte de tecnología para personas con discapacidad visual.

En el Capítulo II, se presenta el diseño y análisis estructural, selección de dispositivos electrónicos como: motores, módulo, tarjeta de control; diseño de placas electrónicas e interfaz gráfica.

En el Capítulo III, se detalla la implementación de la estructura, sistemas electrónicos y componentes.

En el Capítulo IV, se muestra las pruebas de velocidad, adquisición y fiabilidad del dato, lectura de la línea braille por parte del usuario y optimización para mejorar su funcionamiento, así también se realiza la validación de la hipótesis.

En el Capítulo V, se presenta las conclusiones y recomendaciones que resultan de la realización del proyecto.

Finalmente se evidencia la investigación mediante las referencias bibliográficas empleadas y los anexos desarrollados.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

1.1 Introducción

La aprobación y aplicación de normativa de obligado cumplimiento incide en el derecho a una educación de calidad e igualdad de oportunidades, y favorece la plena integración en la sociedad de todas las personas. Junto a las actuaciones y los documentos de sensibilización, información y preparación para la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como posibilitadores del acceso a éstas por las personas con algún tipo de discapacidad. (Antón, 2010)

Gracias a estas normativas el derecho a nueva tecnología se facilita para personas con discapacidades, iniciando la creación de grandes compañías como Freedom Scientific, la portadora de nuevas opciones de comunicación para personas no videntes.

1.2 Antecedentes

El (Instituto de Tecnologías Educativas, 2013) desde hace varias décadas a desarrollo métodos y maneras de interrelación con personas no videntes para mejorar su calidad de vida. En la actualidad se viene desarrollando diferentes tecnologías a nivel mundial basadas en el Sistema Braille ensayados para la lectura y escritura.

En 1945 el Ministerio de Educación de la República del Ecuador dispone “la atención de los niños/as que adolezcan de anormalidad biológica y mental”, así admitiendo a la educación de todos los ciudadanos sin discriminación. (VICEPRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2011)

El plan del Buen Vivir busca esencialmente la inclusión de personas con discapacidades mediante nuevas tecnologías desarrolladas dentro del país,

y así lograr la justicia social e igualdad de la sociedad. (PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR, 2013)

Enfocados en las personas con discapacidad visual y los continuos avances tecnológicos surge un nuevo término: "Material Tiflotécnico" que no es más que la investigación y estudio de nuevos equipos electrónicos de lectura, acceso y proceso de la información para personas no videntes.

Dentro de la investigación se pretende destacar la parte social y humana, ya que se presenta una idea innovadora que propone una solución que permitirá proporcionar a las personas no videntes, una herramienta útil para la enseñanza del sistema braille tomando en cuenta los avances tecnológicos de nuestro entorno.

1.3 Justificación

El acceso a la sociedad y la participación en la misma ha sido el principal motivo de investigación de proyectos para personas con discapacidad visual.

La inclusión de las tecnologías de la información y la comunicación en las escuelas propone nuevos escenarios educativos, habilita nuevas estrategias de enseñar y nuevos modos de aprender, motivo por el cual se pretende desarrollar un sistema ofimático para personas no videntes, dotada de herramientas, recursos y materiales digitales como contenidos flexibles.

Como manera de inclusión social es importante presentar proyectos tecnológicos e innovadores que permitan a las personas invidentes o con baja visión, al acceso de herramientas y recursos digitales, con todas las ventajas que representa para la información, comunicación y desarrollo personal.

1.4 Planteamiento del problema

En la actualidad La Unidad Educativa Especializada de No Videntes de la Provincia de Cotopaxi dirigida a niños y personas adultas, es una institución que requiere equipos e instrumentos tecnológicos para la enseñanza del Sistema Braille, ya que para la escritura solamente posee

una máquina Perkins y algunas regletas, las mismas que no son adquiridas en mayor cantidad por su alto precio por ser materiales importados.

Debido a que los niños desde muy pequeños necesitan aprender a escribir en este sistema y mejorar la motricidad en sus dedos surge la necesidad de elaborar un teclado y línea Braille para mejorar la comunicación con su entorno, esto permitirá desarrollar su sentido del tacto y facilitará al niño no vidente aprender a escribir en su propio lenguaje, no siendo un obstáculo la discapacidad que posee.

Así el proyecto contribuirá a la mejora de calidad de vida de las personas no videntes y el desarrollo de nuevas tecnologías dentro del país.

1.5 Diseño tecnológico para personas no videntes (Peña, 2009)

El desarrollo de nuevos diseños tecnológicos pretende asegurar el acceso de las personas con discapacidad, en igualdad de condiciones con los demás, al entorno físico, el transporte, la información y las comunicaciones, (incluido todo tipo de tecnologías), considerando de forma especial aquellas personas que debido a una limitación visual están al margen de la sociedad.

1.5.1 Importancia del tacto

Para las personas que tienen alguna discapacidad visual sea parcial o total, el acceso a la información impresa resulta bastante complicado leer las tipografías pequeñas, en el caso de las personas no videntes, el sentido del tacto es uno de los principales medios por los cuales es posible presentarles información u objetos.

El sistema braille puede ser la referencia más conocida de la interpretación táctil, se basa en una matriz de seis puntos de altorrelieve que al ser combinados forman las distintas letras del alfabeto así como números y símbolos.

1.6 Sistema Braille

1.6.1 La escritura Braille en el mundo según la UNESCO

“El Braille existe desde que, en 1825, su inventor, Luis Braille, creó el alfabeto de puntos en relieve, comparable a un faro que disipa las tinieblas de los ciegos, el alfabeto de Luis Braille, resulta fácilmente legible con el dedo, y el orden de los puntos en diferentes posiciones, para representar determinadas letras y grupos de letras, dio a la educación de los ciegos un orden y una estabilidad desconocida hasta entonces. Braille estaba convencido de que su método podía aplicarse universalmente a cualquier lengua, en escritura cursiva o abreviada, a la música y a las matemáticas, habiendo podido comprobarse que realmente se adaptaba a todos los fines.” (MACKEN, 1954)

1.6.2 Configuración del sistema Braille

El sistema Braille se compone de sesenta y tres signos, o sea sesenta y tres de las sesenta y cuatro combinaciones de puntos que componen el dominio clásico de seis puntos, sin embargo también existe el braille computarizado de 8 puntos el cual utiliza un dominio de ocho y diferenciándose del sistema convencional en ciertos caracteres como por ejemplo la letra “ñ”. Para facilitar la descripción de los signos por separado, se han enumerado convencionalmente los puntos de la columna del lado izquierda se numeran 1-2-3, de arriba abajo, y los de la mano derecha, 4-5-6. (MACKEN, 1954).

1.6.3 Braille a nivel latino

El sistema Braille a nivel latino abarca veintiséis de los signos para completar el alfabeto, de los cuales diez sirven internacionalmente como signos de puntuación, mientras el resto se usan diversamente para satisfacer las necesidades especiales de cada lengua determinada, o para abreviaturas. (MACKEN, 1954)

1.6.4 Parámetros dimensionales de la celda Braille (KREA, 2013)

En la Figura 1 podemos ver las dimensiones totales de una matriz Braille completa.

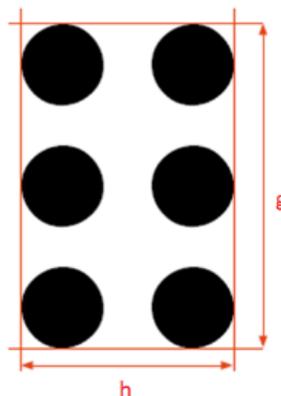


Figura 1 Dimensión de la Matriz

Fuente: (KREA, 2013)

- g. Altura total de la celda Braille
mínimo: 6,20 mm máximo: 7,10 mm
- h. Anchura total de la celda Braille
mínimo: 3,7 mm máximo: 4,5 mm

Dentro del (ANEXO A) se encontrarán las dimensiones detalladas de la celda Braille.

1.6.5 Combinaciones del sistema Braille

La organización seguida por Luis Braille para la elaboración de su código consistió en agrupar las combinaciones de puntos en conjuntos de a diez, y así lograr nuevas combinaciones al agregar un nuevo punto, esto permite tener acceso a todo el alfabeto como a distintos símbolos; en el caso de números y letras mayúsculas es necesaria la combinación de dos matrices. (Bueno, 2004)

a. Series simples

Dentro de las series simples existen cinco grupos que siguen pautas marcadas (véase ANEXO B).

b. Series compuestas

Podemos encontrar varios tipos de series compuestas como son:

- Serie compuesta de números.
- Serie compuesta de Signos matemáticos.
- Serie compuesta de Signos especiales en español.
- Serie compuesta de Complementarios.

Cada una de estas las podremos encontrar en el ANEXO C.

El sistema braille está universalmente aceptado, es flexible y se adapta a las necesidades que van surgiendo. Así por ejemplo dos signos adaptados al sistema Braille se muestra en la Figura 2 (Ministerio de Educación España, 2008)

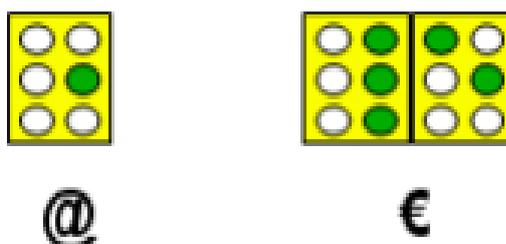


Figura 2 Símbolos anexados últimamente

Fuente: (Ministerio de Educación España, 2008)

1.7 Aprendizaje del sistema Braille

Es posible imaginar que Louis Braille creó su código teniendo al francés como lengua base, pero la cualidad de transcripción de textos, letra por letra, ha hecho posible que el código se adapte a cualquier idioma, incluso al chino y a lenguas semejantes, cuyo sistema de escritura no corresponde al occidental. (Marti, 2008)

Para aquel que nunca ha visto un libro en braille, es increíble ver que la disposición de los textos ocupa muchísimo espacio y esta es la razón por la que el braille tiene dos niveles más. El segundo nivel es el más común para textos y libros ya que en lugar de corresponder a una letra, lo hacen a la palabra entera, el braille de tercer nivel es más bien un código personal,

pues aquellos que lo emplean desarrollan sus propias contradicciones y abreviaciones. (Marti, 2008)

1.7.1 Métodos de enseñanza (Instituto de Tecnologías Educativas, 2013)

Una vez conseguidas la capacidad táctil y destrezas generales, se puede empezar a abordar la enseñanza del sistema braille propiamente dicha.

Varios métodos (véase tabla 1) se basan en que el niño debe conocer previamente el espacio rectangular que ocupan los 6 puntos de la celda y su ubicación. Para ello, se pueden utilizar algunos materiales que reproducen la celda braille en grande y facilitan al niño el aprendizaje.

Tabla 1

Métodos de enseñanza Braille

Método	Descripción
Alborada	<p>Este método se basa en una cartilla para el aprendizaje de la lectura, presenta las letras en un orden bastante lógico, con frases de creciente complejidad.</p> <p>Es un método fácil de utilizar y motivador para los alumnos adultos.</p> <p>El orden de presentación de las letras tiene en cuenta la sencillez o complejidad de los signos: a, o, u, e, l, p, i, b, m, s, n, v, d, ñ, g, t, f, ll, r, c, y, j, q, h, z, x, ch, k, punto, signo de mayúscula, sílabas trabadas, á, é, ó, coma, punto y coma, dos puntos, guión, í, ú, ü, w, interrogación, admiración y signo de número.</p>
Bliseo	<p>Es un método para aprendizaje del sistema braille para adultos alfabetizados.</p> <p>Empieza profundizando en el conocimiento especial del signo generador y va introduciendo las letras de la primera serie (de la «a» a la «j»), para seguir con la siguiente serie, añadiendo el punto 3 (de la «k» a la «t», excepto la «ñ») y las 5 últimas letras, añadiendo el punto 6. (Ver ANEXO B)</p>

Pérgamo

Método de alfabetización para personas ciegas adultas. Realiza una presentación de letras pensada para evitar confusiones y facilitar la percepción en braille. Comienza el método con ejercicios para discriminar las posiciones de los puntos en el cajetín, independientemente de su significado. El orden de presentación de las letras es el siguiente: a, e, i, o, u, l, s, p, m, f, d, n, t, ñ, c, h, á, é, b, v, ll, y, r, í, ó, ú, g, j, z, mayúsculas, punto y coma

Consta de dos series de 5 y 4 tomos, respectivamente. La primera serie presenta un programa de prelectura y preescritura y la segunda se dedica a la enseñanza del sistema braille propiamente dicho.

Punto a punto

Primera serie: ofrecen una serie de ejercicios de prelectura, para el reconocimiento de formas (cuadrado, círculo, triángulo, rectángulo) y tamaños, líneas horizontales y verticales, y seguimiento de líneas y orientación espacial con cuadrados, líneas y series de varios elementos (conjuntos de puntos), para proceder a su discriminación, aun sin darles un significado, después se inicia el aprendizaje del sistema braille: el signo generador, en grandes caracteres con el objetivo de ir disminuyendo el tamaño e ir reconociendo las diferentes posiciones

Segunda serie: primero se van presentando una a una todas las letras del alfabeto, se hacen ejercicios de reconocimiento táctil, identificación y discriminación, combinando con las letras ya sabidas, para pasar a la lectura de sílabas, palabras y frases. El orden de presentación de las letras es el siguiente: a, o, u, e, l, p, b, m, n, f, i, signo de mayúscula y punto, r, s, apóstrofe, t, ll, c, admiración, d, interrogación, g, j, á, í, ú, v, coma, x, h, q, punto y coma, ñ, z, dos puntos, é, ó, ü, t y k;

Tomillo Es un método de iniciación a la lectura braille dirigido,

especialmente, a la población infantil, se adecua a la edad a la que va dirigido, utilizándose palabras y frases cortas con sentido, con estructuras lingüísticas familiares para el niño. Se emplean materiales atractivos para estas edades, con representaciones en relieve.

La secuencia de presentación de relieves es: a, o, u, e, l, p, á, b, c, d, m, signo de mayúscula, punto, i, n, v, ó, s, g, t, f, r, í, ll, j, z, ñ, é, h, y, ch, ú, q, rr, r, gu. Es decir, se presentan, en primer lugar, las letras que se perciben más fácilmente al tacto, las que no presentan dificultades fonéticas y se evita unir letras simétricas..

No obstante según el (Instituto de Tecnologías Educativas, 2013) “existen diferentes factores que inciden en la capacidad lectora: la motivación, la cantidad de estímulos lectores que recibe el niño, la edad de comienzo de la lectura, el grado de desarrollo de las destrezas previas, la maduración del alumno, los apoyos que encuentra en el entorno y la metodología empleada.”

1.7.2 Enseñanza del sistema Braille dentro de la Unidad Especializada de No Videntes de Cotopaxi

Gracias a la colaboración de la Lic. Belén Chiluisa se pudo conocer el método y los materiales que posee el centro especializado de no vidente.

a. Materiales utilizados

La falta de materiales dentro de la unidad educativa es notable ya que solo cuentan con una regleta y punzón por estudiante para la escritura del sistema braille. En la Figura 3 se puede observar los el punzón y la regleta.

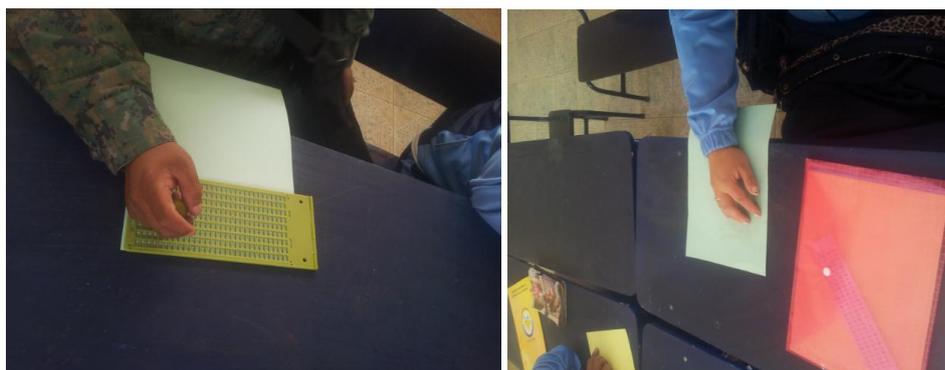


Figura 3 Escritura de personas no vidente

b. Métodos de enseñanza

La orientadora expuso que utilizan el método de Tomillo exceptuado la utilización de la representación por relieves.

Primero se realiza el reconocimiento de la regleta y punzón para posteriormente realizar la orientación de la hoja.

El reconocimiento de los puntos Braille se realizan mediante la Tabla 2

Tabla 2

Sistema de enseñanza

	Reconocimiento de puntos
Primero	1-2-3
Segundo	1-2-3-4
Tercero	1-2-3-4-5
Cuarto	1-2-3-4-5-6

Una vez reconocidos los punto que conformar la matriz braille, comienza la enseñanza de las letras simples a, b, l, p, q, para luego seguir con todo el abecedario y posteriormente regresar a las vocales e incluir las vocales tildadas.

Luego de comprender cada letra se continúa con silabas sencillas como se muestra en la Tabla 3

Tabla 3**Silabas simples**

Silabas
ba – be – bi – bo - bu
ca – ce – ci – co - cu
da – de – di – do - du
fa – fe - fi – fo - fu siguiendo la secuencia hasta la z

Al terminar las silabas se emplean oraciones sencillas como la expuesta por la orientadora: “mi mamá me ama”, siendo de fácil escritura y lectura para la persona no vidente, para mayor comprensión de los estudiantes, la profesora se basa en el libro de Nacho Lee.

c. Materiales extras

Existen otros materiales para que la persona desarrolle su tacto que se utilizan a la par de la enseñanza, estas son figuras de alto relieve como se puede observar en la Figura 4.



Figura 4 Material en Alto relieve para personas no videntes

1.7.3 Instrumentos para la escritura en Braille (Martínez & Polo, 2004)

a. Instrumentos manuales

En la Figura 5 se puede observar distintos instrumentos manuales Braille, este tipo de escritura se realiza con un punzón, con el que se perfora el papel, colocado sobre un soporte llamado pauta, y con la ayuda de una rejilla.

Actualmente, la pauta y la rejilla vienen formando un solo cuerpo, en diversos tamaños y formatos, cuya denominación genérica es de regleta.

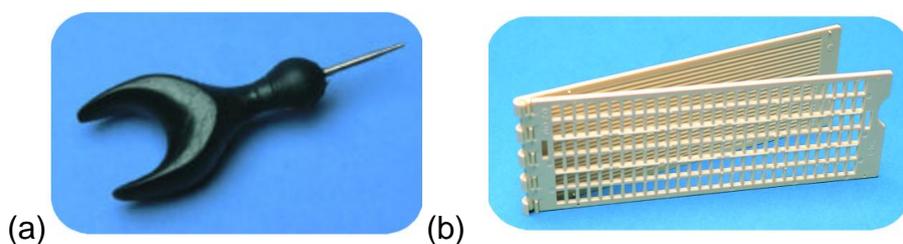


Figura 5 (a) Punzón modelo oreja, (d) Regleta de plástico

Fuente: (Martínez & Polo, 2004)

b. Instrumentos mecánicos

En la escritura mecánica se emplean instrumentos basados en la perforación del papel por medio de palancas. Existen varios modelos, siendo el más utilizado la máquina Perkins mostrada en la Figura 6.



Figura 6 Máquina Perkins

Fuente: (Martínez & Polo, 2004)

c. Instrumentos informáticos

Los instrumentos informáticos han implementado una verdadera revolución en el campo de la lectura y la escritura para personas no videntes. Surgiendo así aparatos tifloinformáticos para el sistema braille. (Véase Tabla 4)

Tabla 4

Instrumentos informáticos

Instrumentos Informáticos	Descripción
Braille hablado	Instrumento portátil, que permite el procesamiento y almacenamiento de información, por medio de un teclado Braille, que puede ser tanto reproducida por síntesis de voz.
línea braille	Mediante la llamada línea braille, se logra reproducir en forma de puntos la información contenida en el ordenador y que aparece visualmente en la pantalla
Braille Lite	El Braille Lite (Figura 7) es un equipo electrónico para almacenamiento, proceso y edición de textos que se controla mediante un teclado braille de 8 teclas, compuesto por un sintetizador de voz y una línea braille de 40 celdas de 8 puntos con sensores de cursos incorporados en las celdas con capacidad de hasta 750 mil caracteres en memoria RAM.



Figura 7 Braille LITE 40

Fuente: (Martínez & Polo, 2004)

1.8 Tiflotecnología

El término Tiflotecnología, del griego Tiflo (ciego), se incorpora al Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española en el 2008, donde se define como el "estudio de la adaptación de procedimientos y técnicas para su utilización por los ciegos". (Doménech Riera, 2010)

La Tiflotecnología es el conjunto de técnicas, conocimientos y recursos para procurar a las personas con discapacidad visual los medios oportunos para la correcta utilización de la tecnología. Proporciona los instrumentos auxiliares, ayudas o adaptaciones tecnológicas, creadas o ajustadas específicamente para posibilitar a las personas con ceguera, discapacidad visual o sordoceguera la correcta utilización de la tecnología. (Ministerio de Educación España, 2008)

1.8.1 Material tiflotécnico en Ecuador

Con el apoyo de la Campaña Mundial EFAVI se han entregado 52 máquinas Perkins (véase Figura 8) para la escritura Braille a 14 provincias del Ecuador. (Ministerio de Educación Ecuador, 2011)



Figura 8 Máquina Perkins Donada por EFAVI

Fuente: (EcuadorInmediato, 2011)

También existen tecnologías desarrolladas exclusivamente para persona con esta discapacidad las cuales se presentan a continuación:

a. Proyecto SALOCIN

Dentro del Concurso Nacional INNOVATIC el proyecto SALOCIN fue el ganador, tuvo como objetivo asistir a las personas con ceguera parcial o total en el desenvolvimiento de sus actividades físicas e intelectuales, se basó en el desarrollo de un software para smartphones que permitía a los usuarios no videntes, desde navegar por Internet, hasta encontrar seguridad en su desplazamiento con tan solo pedírsele a su dispositivo mediante comandos de voz. (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información - Ecuador, 2015)

b. Sistema electrónico para la inclusión de personas no videntes en el manejo de estanterías dentro de una biblioteca

El proyecto se desarrolló para ayudar a las personas no videntes a la identificación de libros y textos en una biblioteca, se implementó un dispositivo electrónico que tiene la capacidad de identificar libros mediante una etiqueta RFID adherida al libro, esta etiqueta se asocia a un mensaje de audio mediante una base de datos almacenada en una memoria externa permitiendo escuchar a la persona que libro se encuentra en frente, en la Figura 9 se puede observar el dispositivo. (Vaca Andrade & Espinel Sigcha, 2012)



Figura 9 Identificador de libros mediante RFID

Fuente: (Vaca Andrade & Espinel Sigcha, 2012)

c. Diseño de un sistema informativo de orientación espacial para personas con discapacidad visual en el entorno del servicio de transporte público masivo Ecovía

Con el fin de ayudar a la orientación de las personas no videntes dentro del transporte masivo Ecovía en la ciudad de Quito se desarrolló un proyecto que permite mediante vibraciones de una pulsera llegar a un rótulo el cual posee la información del lugar en que se encuentra y opciones como elegir el andén donde desea dirigirse, una vez seleccionado el andén la pulsera emite vibraciones para dirigirla al nuevo sitio, en la Figura 10 se puede observar las pruebas con el prototipo. (Chávez Vizúete, 2015)



Figura 10 Pruebas de Usabilidad con la pulsera vibradora

Fuente: (Chávez Vizúete, 2015)

1.9 Teclado y línea Braille

1.9.1 Teclado Braille (Mora, 2006)

Un teclado braille es un dispositivo de entrada que permite representar cualquier carácter mediante la pulsación simultánea de unas pocas teclas, lo que permite alcanzar una gran velocidad de escritura. Los teclados braille suelen poseer 6 u 8 teclas principales (véase Figura 11), más una serie de teclas auxiliares.

Existen dos formas de emplear un teclado braille (algunos teclados permiten seleccionar la modalidad de funcionamiento): escritura acumulativa o escritura correctiva. En la escritura acumulativa, los puntos del símbolo braille se indican presionando las teclas una detrás de otra, mientras que en la escritura correctiva se presionan las teclas de manera simultánea.



Figura 11 Teclado Braille

Fuente: (Mora, 2006)

1.9.2 Línea Braille

Sistema electrónico que permite a las personas con ceguera el acceso a la lectura en braille del texto que aparece en la pantalla de un ordenador o en otros aparatos informatizados por medio de braille efímero (va apareciendo una línea escrita en braille, que desaparece cuando el usuario lee la segunda y así sucesivamente) véase Figura 12. Se incorpora como anexo del teclado convencional del ordenador y permite la aparición de puntos que van transcribiendo en braille la información que aparece en la pantalla del ordenador. (Ministerio de Educación España, 2008)



Figura 12 Línea Braille

Fuente: (Instituto de Tecnologías Educativas, 2013)

1.9.3 Teclado lector Braille (Disponibles en el mercado)

a. BAUM USA (BAUM, 2014)

VarioUltra Figura 13, es una nueva línea braille dinámica de la marca de BAUM Retec que cambia la forma de pensar acerca de la tecnología braille. Disponible con 20 o 40 celdas braille, Un teclado de braille con ocho botones silenciosos que está diseñado ergonómicamente para su uso durante todo el día, increíble rapidez a la hora de escribir, es posible conectarse a varios dispositivos con un puerto USB.

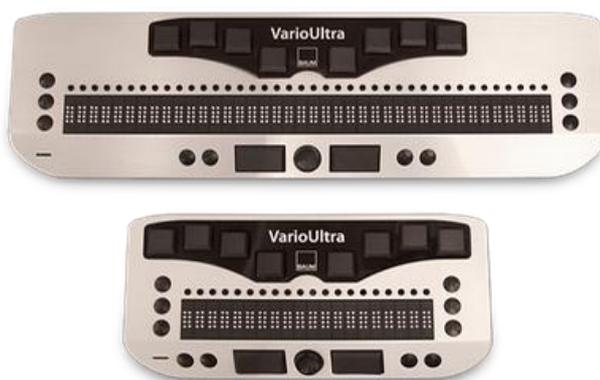


Figura 13 VarioUltra 20 y 40 celdas

Fuente: (BAUM, 2014)

b. HUMANWARE (Humanware see things, differently, 2005)

BrailleNote Apex BT 32 Braille Notetaker Figura 14, posee opciones incorporadas para acceder a páginas Web, descargar correos electrónicos o recuperar archivos de su red. Implementa accesorios inalámbricos y conectividad a los teclados, cuenta con una lista actualizada de los contactos personales y las citas mediante la sincronización de información con su PC.



Figura 14 BrailleNote Apex BT 32 Braille Notetaker

Fuente: (Humanware see things, differently, 2005)

c. FREEDOM SCIENTIFIC (Freedom Scientific, 2015)

Focus 14 blue Figura 15, este es un dispositivo ultra portátil combinando comodidad, portabilidad, y funciones avanzadas para el último interfaz de dispositivo Braille siendo capaz de llevarlo a cualquier lado. Un teclado de 8 puntos muy sensible y USB sin fisuras y conectividad Bluetooth®.



Figura 15 Focus 14 Blue

Fuente: (Freedom Scientific, 2015)

1.10 Proyectos de teclado, línea y software Braille desarrollados

1.10.1 Modelado del sistema TECBRAI (Moreno Carmona, 2009)

El proyecto TECBRAI (Tecnología Braille para Discapacitados Visuales) perteneciente a la Universidad Autónoma de Puebla – México surgió por la idea de ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidades visuales, se basó en la construcción de un teclado, línea y software braille para facilitar el aprendizaje de personas con discapacidad visual.

- **Desarrollo**

El primer elemento a desarrollar fue la *línea braille*, partiendo de una línea de plástico la cual sirvió como molde para colocarla sobre la línea hecha de aluminio, constando de 28 caracteres braille los cuales fueron alfileres normales incrustados en la línea, debajo de la misma adhieren dos electroimanes en tira de plástico (véase figura 16), con el suficiente magnetismo para que las agujas permanecieran elevadas y no bajaran solas por la gravedad o con el tacto de la persona no vidente.



Figura 16 Línea Braille

FUENTE: (Moreno Carmona, 2009)

El mecanismo para la escritura en la línea braille partió de una impresora matricial marca Olivetti antigua, donde se aprovechó la matriz de puntos, el engranaje, la base y el transformador de voltaje, creando un circuito para el control de un motor paso a paso que posiciona el cabezal (matriz de puntos).

Al desplazarse el cabezal gracias al motor paso a paso se logró escribir en la línea utilizando la fuerza de los electroimanes (véase figura 17).

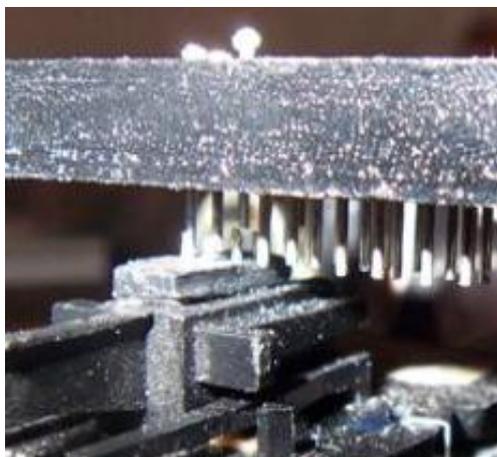


Figura 17 Mecanismo de accionamiento de agujas

Fuente: (Moreno Carmona, 2009)

El teclado braille fue un teclado normal con relieves que representan el sistema braille en cada tecla (véase figura 18), estos relieves eran las cabezas planas de los alfileres.



Figura 18 Teclado adaptado al sistema Braille

Fuente: (Moreno Carmona, 2009)

El software braille se basó en dos aspectos el editor de texto y la comunicación con el sistema exterior utilizando Visual UML.

El editor de texto contó con letras grandes, de manera auditiva el programa también implementó un lector de textos, es decir que el usuario pudiera escuchar lo que haya escrito en el editor.

- **Inconvenientes**

Inicialmente se pensó crear una matriz de puntos que representaran caracteres en el sistema braille, dados por instrucciones en la computadora y representados con una matriz de alambre muscular, pero esta idea no funcionó, además de que el alambre muscular es muy costoso.

En la placa del circuito la ubicación de la placa no era la mejor ya que algunos de los cables se trozaban, por lo que la nueva placa se tenía que prevenir que se rompieran los cables o se desoldaran.

Existieron inconvenientes en la línea braille de aluminio puesto que era difícil de mecanizar y los orificios de los caracteres braille no eran alineados por lo que se decide utilizar polietileno de alta densidad Nylamid(R) el cual se mecaniza en un taladro industrial programado.

En lo referente al software, el editor de texto no fue suficiente para el aprendizaje del sistema braille por lo que se implementó un sistema de aprendizaje como una herramienta adicional al proyecto.

- **Logros**

Tanto software como hardware funcionaban perfectamente por lo que TECBRAI ha sido probado por personas con discapacidad visual donde la gente expresa asombro por este tipo de tecnología adaptada, y se expresan así porque consideran novedoso, fácil de usar y de gran ayuda para aprender el sistema braille y para llegar a hacer uso de la computadora.

1.10.2 Diseño e implementación de un prototipo de display táctil para personas no videntes. (Bustos & Cobo, 2011)

Este proyecto se basó en una pantalla con 1 arreglo matricial de 6 puntos, que son percibidos por el nivel de intensidad en una zona específica; razón que limitó a la lectura de un carácter a la vez como se muestra en la Figura 19.



Figura 19 Prototipo Línea Braille con una Matriz 3x2

Fuente: (Bustos & Cobo, 2011)

El prototipo constó de tres placas, la primera que abarca la parte de control, es decir la tarjeta con el pic 16F628A, la segunda con la disposición de 4 relés y la tercera con 2 relés. Teniendo una comunicación al computador a través del puerto serial RS 232 y su visualización en el software labview.

En la parte electrónica el prototipo recibe el 1L o el 0L, enviado del Microcontrolador, esta señal llega al circuito que cumple con la función de switch, haciendo llegar los 12 VDC al relé, el mismo que realizará el levantamiento del pivote respectivo. (Véase Figura 20)

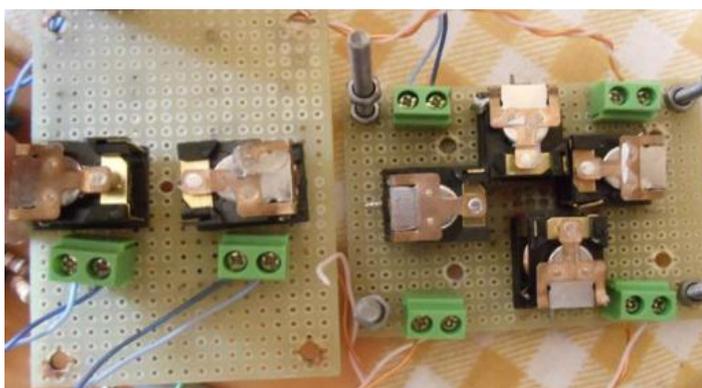


Figura 20 Placas dispuestas con relés

Fuente: (Bustos & Cobo, 2011)

- **Inconvenientes**

El tamaño y peso del prototipo de Display táctil no lo hace portable para el usuario.

- **Logros**

En base a las pruebas realizadas, se comprobó que el prototipo funciona correctamente, al demostrar uno a uno que los pivotes se levantan de manera correcta correspondiendo a cada carácter que se envía.

1.10.3 Dispositivo de lectura para invidentes basado en el sistema Braille (Juárez García, 2010)

Dentro del Instituto Politécnico Nacional–México se desarrolló un dispositivo que permite a discapacitados visuales la lectura de documentos digitales utilizando el sistema Braille.

Para la línea braille se utilizó el alambre muscular como actuador (Figura 21), el cual es un material con “memoria”, se contrae debido a las altas temperaturas generadas por las altas corrientes eléctricas. Esto será utilizado para que suba o baje el perno.

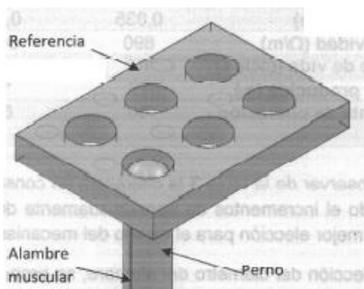


Figura 21 Actuador de la Línea Braille

Fuente: (Juárez García, 2010)

Básicamente el circuito de control se dividió en dos secciones:

- Circuito de conexión para el PIC y puerto USB.
- Etapa de potencia.

Para el accionamiento de los alambres musculares se utilizó el PIC24FJ256GB110 que posee 84 pines de I/O, organizado en 7 puertos.

- **Inconvenientes**

Un inconveniente fue que el PIC solo puede entregar 200mA a todos los puertos, si se considera que se utilizan 12 celdas de 3x2 alambres musculares, serán necesarios 78 pines de salida.

Tomando en cuenta que para que el alambre muscular se active son necesarios 60mA se utilizó un arreglo de transistores Darlington ULN2003 los cuales permiten alimentar a los alambres sin problema.

La selección de batería fue uno de los inconvenientes puesto que al contar con 72 alambres necesitaríamos un total de 4320mA.

- **Logros**

Se logró la construcción de una celda braille, debido a las dificultades que se presentaron durante la construcción, por la dificultad para realizar las maniobras mecánicas y eléctricas requeridas.

Los circuitos de control diseñados para el sistema funcionaron de manera satisfactoria, aunque su manufactura tuvo atención especial debido al tamaño del microcontrolador elegido.

1.10.4 Sistema de enseñanza del código Braille para niños con limitaciones visuales (Cétares Salas, 2005)

El proyecto planteado dentro de la Pontífice Universidad Javeriana-Bogotá D.C.se mostró un dispositivo que ayuda en el proceso de aprendizaje del código Braille, fue compuesto por una base de datos de archivos de sonido, un software de acceso, una interfaz electromecánica (véase Figura 22) y una unidad de conversión y procesamiento.



Figura 22 Interfaz Electromecánica

Fuente: (Cétares Salas, 2005)

El dispositivo electromecánico fue formado por 180 solenoides, cada una de las cuales fue embobinado con alambre calibre 39 y su núcleo fue torneado a partir de un tornillo de acero grado 1, material usado para evitar la menor cantidad de remanente magnético.

Además de las bobinas, en los perfiles angulares también fueron colocados los respectivos conectores, los resortes, los alambres. (Véase Figura 23)



Figura 23 Montaje definitivo en perfil angular

Fuente: (Cétares Salas, 2005)

En la parte del software (Figura 24) la interfaz fue completamente desarrollada en Visual C++ y su desarrollo satisfacía los requerimientos del sistema.

Existían dos modos de utilizarlo la primera opción era de tutor para niños, le permitía al usuario elegir 45 lecciones, por otro lado, la opción de Lectura de textos consentía abrir cualquier archivo de texto con la extensión .txt.



Figura 24 Desarrollo del Software en Visual C++

Fuente: (Cétares Salas, 2005)

- **Logros**

Dispositivo electromecánico que representó 30 signos generadores Braille simultáneamente, de tal forma que una persona con limitación visual que tenga conocimiento de dicho código está en capacidad de leer en él.

1.11 Sistema de adquisición de datos

Para realizar este proceso se realizan instrumentación específica, tarjetas de adquisición de datos y un ordenador personal (PC), los cuales realizan la adquisición, test, medida y control de datos.

1.11.1 Componentes de un sistema de adquisición de datos (Universidad Cuskal Herriko, 2004)

Dentro de la Figura 25 se puede observar los componentes para la adquisición de datos.

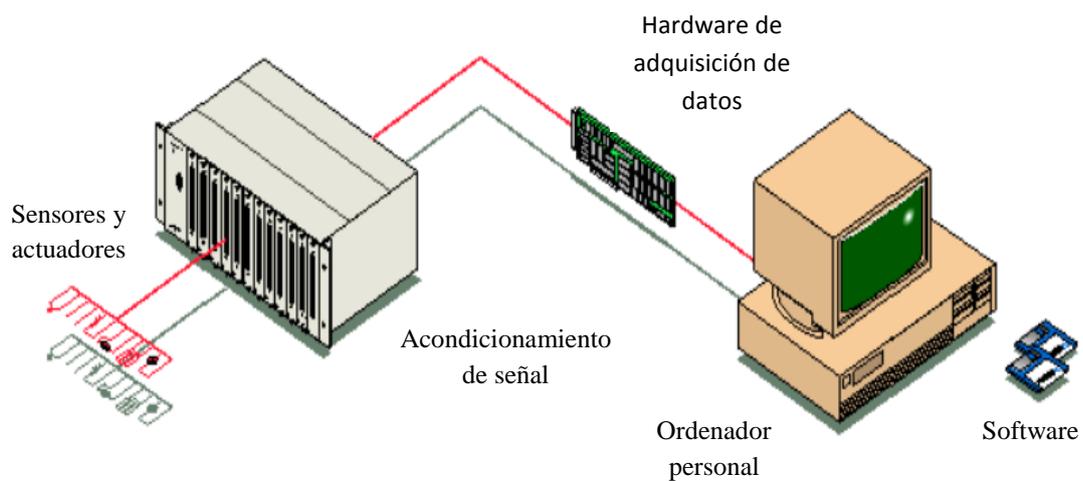


Figura 25 Componentes De la Adquisición de Datos

Fuente: (Universidad Cuskal Herriko, 2004)

CAPÍTULO II

2 DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES

Para el diseño del proyecto se tomó como prioridad la necesidad existente en niños y personas adultas que conforman la Unidad educativa especializada de no videntes de Cotopaxi, ya que al contar solo con una maquina Perkins se dificulta el aprendizaje del sistema braille y poco a poco se van desvinculando de nuevas tecnologías que surgen a paso agigantado en la sociedad.

Dentro de este capítulo se analizó el diseño de toda la estructura respecto a esfuerzos estáticos del teclado y línea Braille utilizando el software SolidWorks y así seleccionar el material óptimo para la estructura, la selección de distintos materiales como tipo de motores y sistemas de control así como tarjeta para la adquisición de datos. En lo referente al software se programó en el entorno Labview contando con opciones para utilizar el teclado y la línea Braille, además un editor de texto para que genere un archivo .txt que podrá ser impreso posteriormente.

Cabe recalcar que el diseño de la estructura, control y software se desarrollaron desde cero, partiendo de ideas propias y de los tutores.

2.1 Parámetros de diseño

Para el desarrollo del proyecto se detallaron parámetros obtenidos de las visitas al centro educativo e investigaciones de proyectos realizados.

Se diseñó un modelo sencillo del teclado braille conocido por las personas no videntes, para que así puedan adaptarse fácilmente e interactuar con el mismo.

Se bosquejó el sistema de accionamiento para que los puntos de la línea braille se desplacen hacia la superficie tomando en cuenta el tamaño estandarizado de la matriz.

Se seleccionó el material para la construcción de la estructura, basándose en cálculos y software para comprobar que el diseño es óptimo y completamente funcional.

Se diseñó las diferentes placas electrónicas para el control de los actuadores y botones del teclado y línea braille.

Se eligió el tipo y modelo de tarjeta que cumplió con los parámetros que otorgaron la selección del actuador de la línea y teclado braille para la adquisición y envío desde la misma.

Se seleccionó es software adecuado para la programación del entorno gráfico dentro de la Pc, este software es compatible en la transmisión de datos con la tarjeta previamente seleccionada.

Se diseñaron varias pantallas dentro del software para utilizar el teclado y línea Braille respectivamente, a más se desarrolló una pantalla especial que permita al tutor crear documentos en formato .txt para que posteriormente puedan ser impresos.

2.2 Diseño mecánico y selección de componentes de la línea Braille

Para el diseño de la línea braille se pretendió un mecanismo óptimo que genere palabras de 8 letras las cuales deberán ser ingresadas por la persona no vidente o por el tutor a cargo.

2.2.1 Actuadores para la línea Braille

En el capítulo anterior dentro de la investigación se pudieron observar distintos proyectos que utilizaban varios mecanismos para que sus actuadores realizaran el relieve automático en la línea Braille.

a. Pruebas de mecanismos de proyectos anteriores

Una de las opciones investigadas utilizaban alambres musculares pero efectivamente al ser probado el calentamiento era demasiado y su desplazamiento era mínimo, por otra parte se decidió probar el mecanismo con campos magnéticos (relés), pero de igual manera se obtuvo resultados negativos ya que no generaron la suficiente fuerza para mantenerse en la parte de arriba mientras la persona no vidente está leyendo y por espacio solo alcanzó una matriz, mientras que el proyecto que utiliza la impresora matricial para enclavar los alfileres no pudo ser probado ya que no se encontró una impresora de ese tipo.

b. Actuador por Sistema de leva seguidor

Una vez terminadas las opciones investigadas se plantearon ideas, una de estas fue el uso del sistema leva seguidor siendo el seguidor cada punto de la matriz Braille, este sistema se modeló en del software Solid Works (Figura 26).

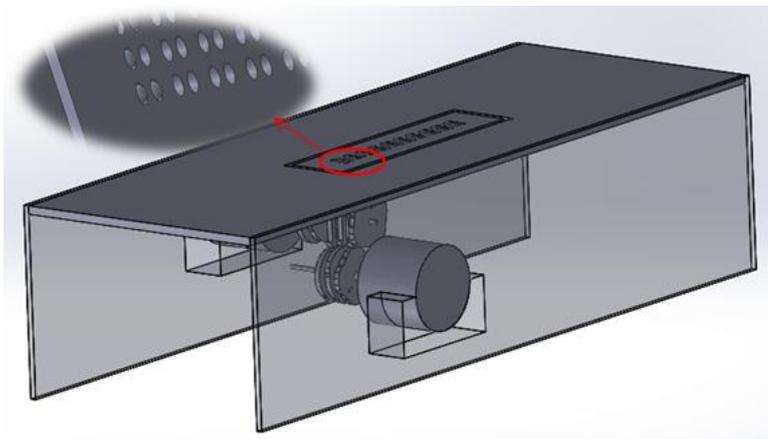


Figura 26 Línea Braille con levas

Este sistema tiene la peculiaridad que en cada motor están sujetas 3 levas con distinto perfil (véase figura 27) pero se mueven al mismo tiempo, generando la altura adecuada para que los seguidores se muestren en la línea braille.

Siendo una idea innovadora es funcional a nivel de software ya que para las pruebas es necesario un centro de mecanizado de piezas muy pequeñas con una alta resolución ya que las dimensiones del seguidor son de 0,6mm de radio.

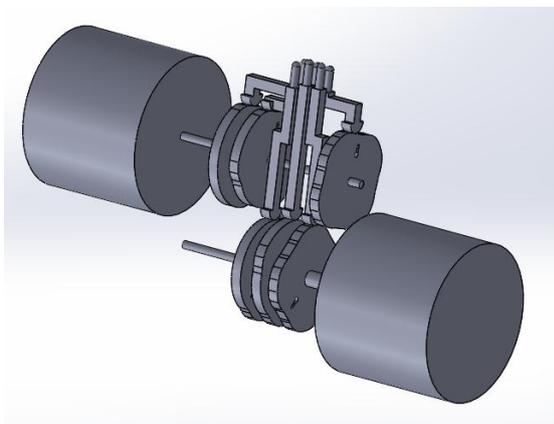


Figura 27 Sistema leva – seguidor

Las pruebas de este diseño se realizaron mediante el corte de las levas y seguidores en acrílico, obteniendo resultados negativos ya que los seguidores topaban contra la carcasa y finalmente se rompían.

c. Actuador por motores

Una vez descartadas todas las opciones anteriores se pensó en la posibilidad de utilizar motores que puedan controlar su posición, y permitieran el movimiento de un octágono donde cada cara correspondería a un grupo fijo de puntos dentro de la matriz.

Para esto se desfragmentó la matriz de 6 puntos en dos grupos de 3 como se observa en la Figura 28.

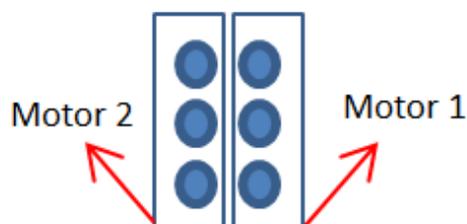


Figura 28 Matriz Braille

Así se obtuvo una combinación binaria de 3 cifras (Tabla 5), esto quiere decir que llegará un máximo de 8 combinaciones por lo que es suficiente mecanizar dos octágonos por cada matriz.

Tabla 5

Combinación binaria

Combinación			Opciones
0	0	0	8 posibles opciones
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Entonces el actuador seleccionado fue el de motores ya que con estos se lograron el posicionamiento de la combinación binaria de puntos.

2.2.2 Selección de tipo de motor para la línea Braille

Existen varios tipos de motores de los cuales se preseleccionaron tres mostrados en la Tabla 6.

Tabla 6

Tipos de motores para el actuador

Motor	Descripción
Motor DC	<p>Bajo costo. Es necesario un control a lazo cerrado PID para posicionarlo. Bajo torque. Inestable al momento del giro. Giro de 360°</p>
Servo motor	<p>Alto consumo de energía. Alto costo. Trabaja con modulación de ancho de pulsos PWM. Necesita la implementación de un PID para el control de posición. Giro de 180°.</p>
Motor Paso a paso	<p>Mediano costo. Necesita módulo para el control de posición. Giro de 360° Estable en su giro.</p>

Entonces el motor seleccionado fue el a pasos ya que se necesita el control de los 360° para el posicionamiento de los octágonos, a más de su costo y el control completo gracias a su módulo.

2.2.3 Selección del modelo de motor PAP

En del mercado existe una gran gama de motores PAP, sin embargo se seleccionó una de las 3 opciones desplegadas en la Tabla 7.

Tabla 7

Tipos de motores PAP

Motor	Descripción
Nema 17 – 25 oz.in (electronilab, 2015)	<ul style="list-style-type: none"> • Angulo de paso 1.8 grados (200 pasos por vuelta) • Motor tipo Bipolar. • 4 fases. • 42mm/1.65" cuerpo cuadrado. • 12V tensión nominal a 350 mA máx. • Holding Torque: 28 oz*in, 20 N*cm, 2 Kg*cm por fase. • 35 ohms por devanado. • Costo elevado.
Micro NIDEC (Nextiafenix, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de Alimentación:3 – 5 VCD. • 4 fases • Ángulo por paso: 36.6°. • Frecuencia de tracción: 100 Hz. • Torque: 2.4 g/cm. • Bajo costo.
28BYJ-48 (Prometec, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión nominal de entre 5V y 12 V. • 4 Fases. • Resistencia 50 Ω. • Par motor de 34 Newton / metro más o menos 0,34 Kg por cm. • Consumo max. de 55 mA. • 8 pasos por vuelta. • Reductora de 1 / 64.

Habiendo establecido las características de diferentes motores PAP se seleccionó el motor 28BYJ-48 Figura 29 por su costo, accesibilidad, tamaño, torque, entre otras características, las especificaciones técnicas se muestran en el ANEXO E.



Figura 29 Motor PAP 28BYJ-48

Fuente: (KIATRONICS)

2.2.4 Modelado en el software SolidWorks

Para el modelo se realizó un diseño en el cual cada matriz braille posee dos octágonos que al ser desplazados por sus respectivos motores a paso configuran la letra que sea ingresada mostrado en la Figura 30, por tanto se necesitó un diseño capaz de soportar la fuerza de los motores en movimiento, dichos octágonos tienen cada combinación binaria mostradas en la Tabla 5, las mismas que serán las ocupadas por las personas no videntes.

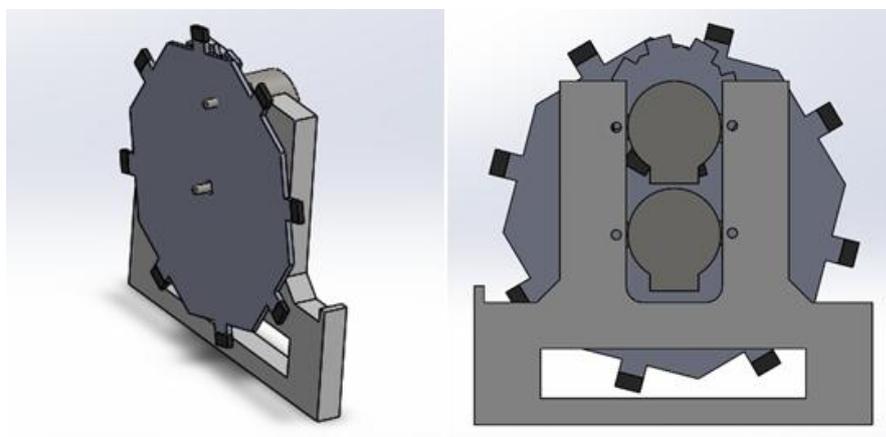


Figura 30 Diseño estructural actuadores

Entonces, para completar la regleta de 8 letras se utilizaron en total 16 octágonos y 16 motores a paso como se muestra en la Figura 31.

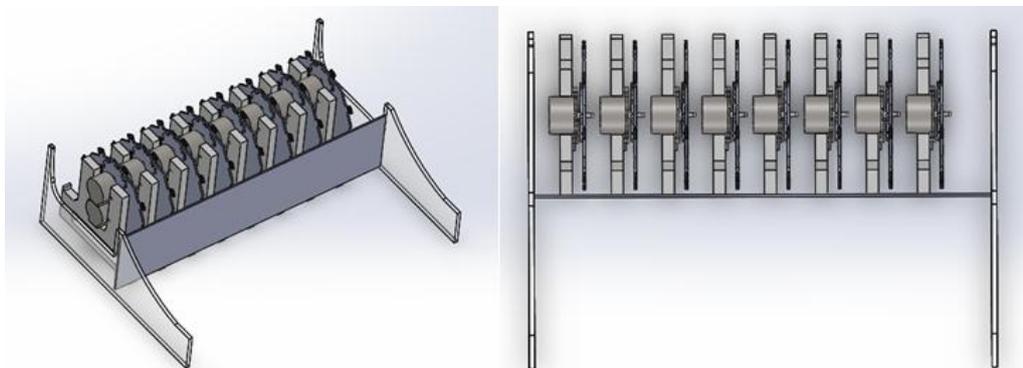


Figura 31 Actuadores línea Braille

Una vez realizada la parte del actuador se necesitó un sistema el cual permita que la persona no vidente se desplace a través de las matrices y puedan sentir únicamente los relieves de cada lado de los octágonos, para esto se realizó el modelado de la carcasa con un sistema de levantamiento para que así los motores puedan posicionarse. (Véase Figura 32)

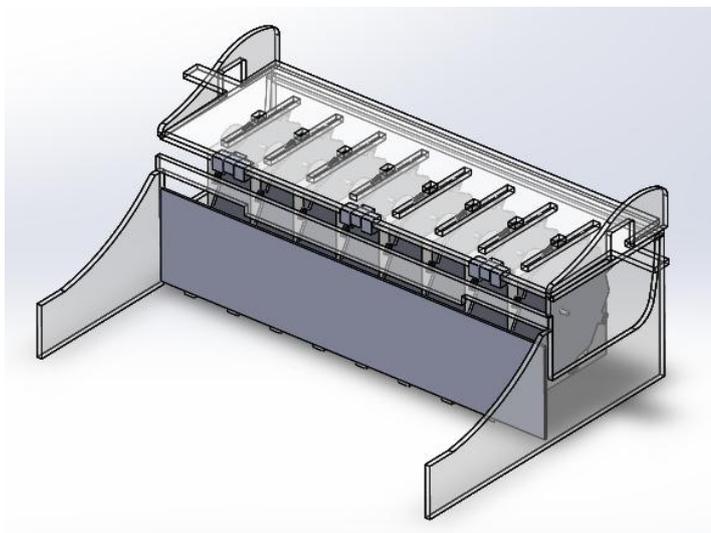


Figura 32 Línea Braille

2.2.5 Análisis de cargas de pandeo críticas y permisibles

Para la selección del material de los parantes que soportan el movimiento en los motores a paso, se examinaron 3 materiales que son livianos y resistentes, en este caso fueron: Acrílico, Nylon y ABS.

Primeramente se localizaron las fuerzas a las que se someten los soportes, la Figura 33 muestra el análisis de fuerzas.

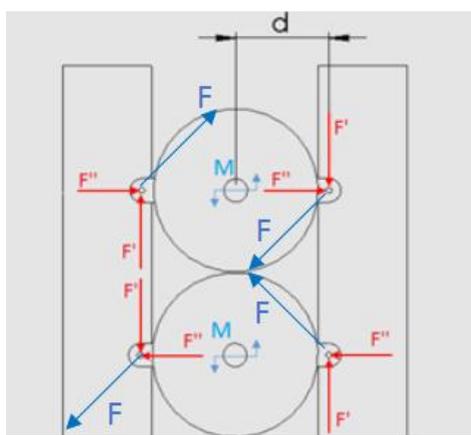


Figura 33 Análisis de fuerzas en parantes

Utilizando la ecuación de momento Ec.2.2:

$$M = F \cdot d \cdot \sin \theta \quad \text{Ec. 2.2}$$

Dónde:

$M = momento$

$F = Fuerza$

$d = distancia$

$$F = \frac{M}{d \cdot \sin \theta}$$

Tomando en cuenta el torque de tracción del motor a pasos 28BYJ-48 expuesto en el ANEXO E, se tiene:

$$F = \frac{34,3mNm}{17,5mm \left(\frac{1m}{1000mm} \right) \sin 45^\circ}$$

$$F = 2771,85mN$$

$$F = 2,77185N$$

Como actúan dos motores en cada columna la fuerza total será dos veces cada fuerza, por lo tanto:

$$F \text{ total en cada columna} = 2XF$$

$$F \text{ total en cada columna} = 2(2,77185[N])$$

$$F \text{ total en cada columna} = 5,5437[N]$$

Para el cálculo de esfuerzo crítico y permisible según (MOTT, 2009) se debe calcular la relación de esbeltez que permite saber si es columna corta o larga, seleccionando el tipo de sujeción para obtener el factor de fijación de los extremos (K), los cuales se muestran en la Figura 34.

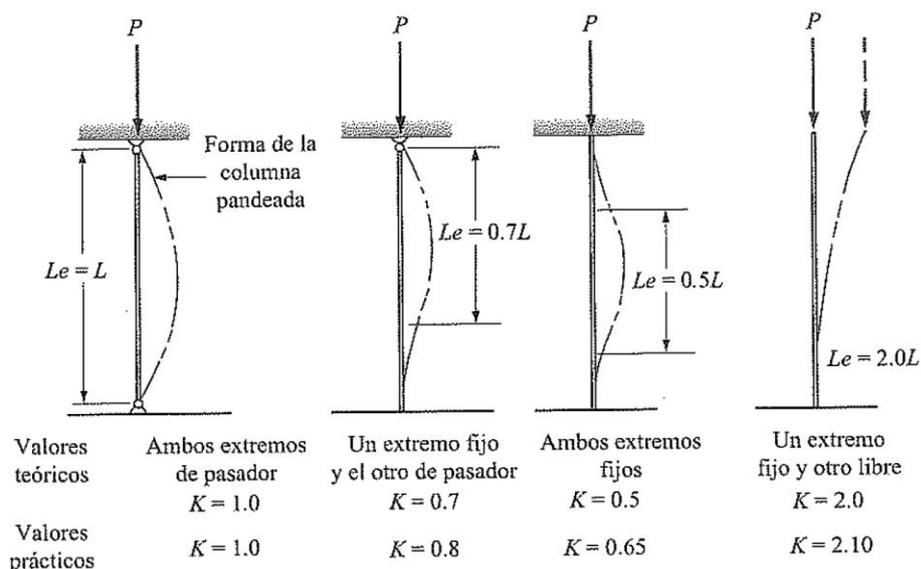


Figura 34 Tipos de sujeciones

Fuente (MOTT, 2009)

“En el caso de los parantes es, un extremo fijo y uno libre por lo que $K=2,10$ ”

Para obtener la relación de esbeltez también es necesario el cálculo del radio de giro (MOTT, 2009) que muestra la relación de sus dimensiones junto a su momento de inercia transversal, el cual se puede encontrar mediante la ecuación Ec.2.3:

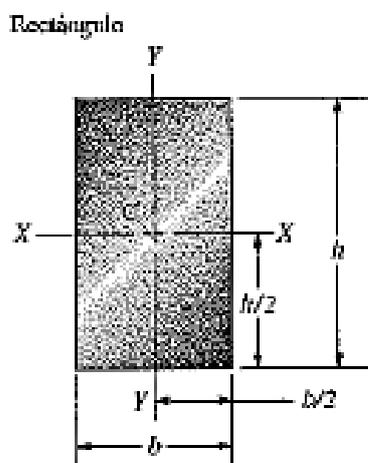
$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \text{Ec. 2.3}$$

Dónde:

I = Momento de inercia de la sección transversal

A = área de la sección Transversal

Por ser propiedades geométricas de la sección transversal existen fórmulas mucho más sencillas para el cálculo del radio de giro, la Figura 35 nos muestra algunas de ellas, en el caso del diseño se escogerá el perfil rectangular.



$$r_G = \frac{h}{\sqrt{18}} \quad \text{Ec. 2.4}$$

Figura 35 Propiedad de área del perfil rectangular

Fuente: (MOTT, 2009)

Dada la E.c.2.4 del libro de (MOTT, 2009) el valor de radio de giro es:

$$r = \frac{h}{\sqrt{18}}$$

$$r = \frac{20\text{mm}}{\sqrt{18}}$$

$$r = 4,714\text{mm}$$

Entonces la relación de esbeltez será:

$$SR = \frac{KL}{r} = \frac{L_e}{r} \quad \text{Ec. 2.5}$$

Siendo L_e la longitud efectiva basada en la fijación (K), para el análisis de carga de pandeo crítica y carga permisible es necesario establecer los puntos críticos (véase Figura 36) y así obtener las longitudes efectivas.

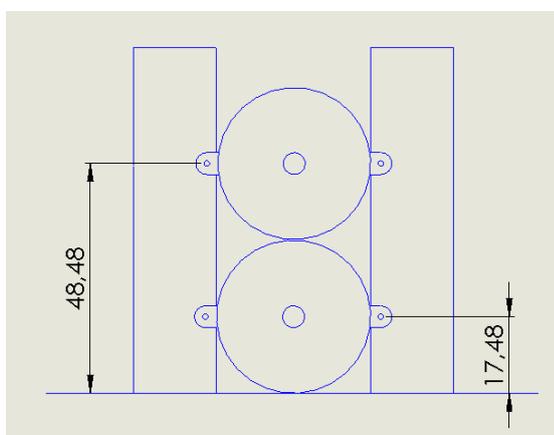


Figura 36 Puntos críticos dentro de los parantes

Punto crítico 1:

$$SR = \frac{L_e}{r}$$

$$SR = \frac{2,10(48,48\text{mm})}{4,714\text{mm}}$$

$$SR = 21,597$$

Punto crítico 2:

$$SR = \frac{L_e}{r}$$

$$SR = \frac{2,10(17,48\text{mm})}{4,714\text{mm}}$$

$$SR = 7,787$$

En el diagrama esfuerzo deformación para materiales dúctiles mostrada en la Figura 37 se observa que el valor de resistencia a la fluencia (Y) equivale a la resistencia a la cedencia (S_y).

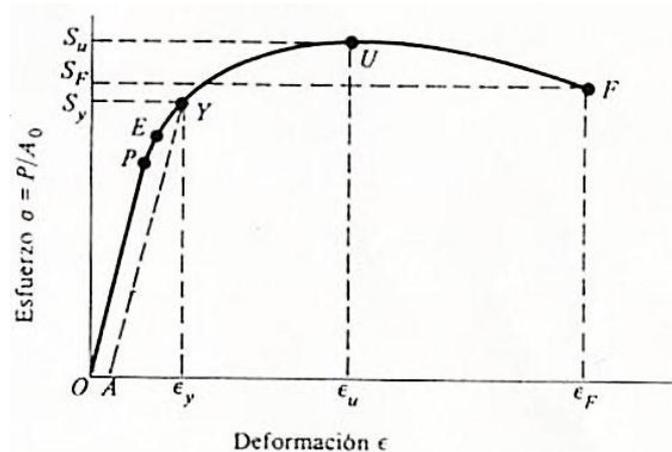


Figura 37 Diagrama esfuerzo deformación de material dúctil

Fuente: (MOTT, 2009)

De donde E=límite elástico, Y=resistencia a la fluencia, U=Resistencia última o máxima y F=Esfuerzo de fractura o ruptura.

Para Definir si la columna es corta o larga es necesario obtener la constante de la columna (C_c) mostrada en la Ec.2.6 (MOTT, 2009), siendo:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad \text{Ec. 2.6}$$

$$\frac{L_e}{r} > C_c \quad \therefore \text{Es una columna larga} \rightarrow \text{EULER}$$

$$\frac{L_e}{r} < C_c \quad \therefore \text{Es una columna corta} \rightarrow \text{J. B. Johnson}$$

ABS

E=2480 MPa

S_y=41 MPa

Punto crítico 1:

$$\frac{L_e}{r} = 21,597$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2(2480\text{MPa})}{41\text{MPa}}}$$

$$C_c = 34,55$$

$21,597 < 34,55 \therefore$ es columna Corta

Ya que la relación de esbeltez es menor que la constante de columna según (MOTT, 2009) se toma la fórmula de J.B.Johnson Ec.2.7 para obtener La carga de pandeo crítica.

$$P_{cr} = A \cdot S_y \left[1 - \frac{S_y \left(L_e / r \right)^2}{4\pi^2 E} \right] \quad \text{Ec. 2.7}$$

Para utilizar la Ec.2.7 se necesita el cálculo de la sección transversal de la columna. (Véase Figura 38)

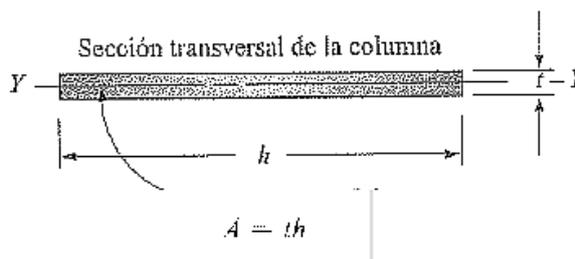


Figura 38 Sección Transversal columna

Fuente: (MOTT, 2009)

$$A = 10\text{mm} \times 67\text{mm}$$

$$A = 670\text{mm}^2$$

$$A = 6,7 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

$$P_{cr} = \left(6,7 \times 10^{-4} \text{m}^2 \right) 41\text{MPa} \left[1 - \frac{41\text{MPa} (21,597)^2}{4\pi^2 (2480\text{MPa})} \right]$$

$$P_{cr} = \left(6,7 \times 10^{-4} \text{m}^2 \right) 41\text{MPa} [1 - 0,1953]$$

$$P_{cr} = \left(6,7 \times 10^{-4} \text{m}^2 \right) 41\text{MPa} [0,8046]$$

$$P_{cr} = 0,02210 [\text{MPa}]$$

$$P_{cr} = 22104,4 [\text{Pa}]$$

Ahora se obtiene la carga permisible Ec.2.8, tomando en cuenta los criterios de esfuerzos de diseño cortante que exhibirá el fenómeno de cedencia mostrados en la Figura 39:

Forma de carga	Esfuerzo de diseño, materiales dúctiles	
	$\tau_d = s_{ys}/N = 0.5 s_y/N = s_y/2N$	
Estática	Use $N = 2$	$\tau_d = s_y/4$
Repetida	Use $N = 4$	$\tau_d = s_y/8$
Impacto	Use $N = 6$	$\tau_d = s_y/12$

Figura 39 Criterios de esfuerzo (N)

Fuente: (MOTT, 2009)

$$P_a = \frac{P_{cr}}{N} \quad \text{Ec. 2.8}$$

$$P_a = \frac{22104,4[Pa]}{2}$$

$$P_a = 11052,20Pa$$

Entonces, la fuerza permisible Ec.2.9 en el caso del ABS será:

$$F = P \cdot A \quad \text{Ec. 2.9}$$

$$F = \left(11052,20 \left[\frac{N}{m^2} \right] \right) (6,7 \times 10^{-4} m^2)$$

$$F = 7,40[N]$$

Punto crítico 2:

$$\frac{L_e}{r} = 7,787 \quad \text{Ec. 2.5}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad \text{Ec. 2.6}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2(2480MPa)}{41MPa}}$$

$$C_c = 34,55$$

$7,787 < 34,55 \therefore$ es columna Corta

Ya que la relación de esbeltez es menor que la constante de columna según (MOTT, 2009) se toma la fórmula de J.B.Johnson para obtener La carga de pandeo crítica.

$$P_{cr} = A \cdot S_y \left[1 - \frac{S_y \left(\frac{L_e}{r} \right)^2}{4\pi^2 E} \right] \quad \text{Ec. 2.7}$$

$$P_{cr} = (6,7 \times 10^{-4} \text{m}^2) 41 \text{MPa} \left[1 - \frac{41 \text{MPa} (7,787)^2}{4\pi^2 (2480 \text{MPa})} \right]$$

$$P_{cr} = (6,7 \times 10^{-4} \text{m}^2) 41 \text{MPa} [1 - 0,02539]$$

$$P_{cr} = (6,7 \times 10^{-4} \text{m}^2) 41 \text{MPa} [0,9746]$$

$$P_{cr} = 0,02677 [\text{MPa}]$$

$$P_{cr} = 26772,45 [\text{Pa}]$$

$$P_a = \frac{P_{cr}}{N} \quad \text{Ec. 2.8}$$

$$P_a = \frac{26772,45 [\text{Pa}]}{2}$$

$$P_a = 13386,23 \text{Pa}$$

Entonces:

$$F = P \cdot A \quad \text{Ec. 2.9}$$

$$F = \left(13386,23 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] \right) (6,7 \times 10^{-4} \text{m}^2)$$

$$F = 8,97 [\text{N}]$$

La Tabla 8 muestra un resumen de las cargas de pandeo críticas y las cargas permisibles seguras a la que podrán ser sometidas.

Tabla 8

Análisis de cargas y fuerzas

ANÁLISIS DE CARGAS Y FUERZAS								
Material	Carga de Pandeo Crítica [Pa]		Cargas Permisibles [Pa]		Fuerza Permisible [N]		Fuerza Máxima En Cada Columna [N]	Factor de Diseño
	Punto crítico 1	Punto crítico 2	Punto crítico 1	Punto crítico 2	Punto crítico 1	Punto crítico 2		
ABS	22104,4	26772,45	11052,20	13386,2	7,40	8,97	5,5437	2
Nylon	22089,9	37262,73	11044,95	18631,3	7,40	12,48	5,5437	2
Acrílico	19952,1	24161,06	9976,05	12080,5	6,68	8,09	5,5437	2

Obtenidos estos datos se llega a la conclusión que los tres materiales son óptimos para su construcción, sin embargo el plástico acrílico posee la menor fuerza permisible, por tanto será con el que menos se sobredimensione.

2.2.6 Análisis de parámetros mediante el software SolidWorks

A más del análisis de fuerzas permisibles es necesario tener otros análisis como son la tensión de Von Mises, desplazamiento, deformación unitario y el más importante el factor de seguridad.

a. Tensión de Von Mises

La tensión de Von Mises Figura 40 muestra los puntos en los cuales cederá el material dúctil al ser expuesto a fuerzas externas, esto sucede cuando la tensión de Von Mises es igual al límite de tensión (Limite elástico), las máximas tensiones se muestran en la Tabla 9.

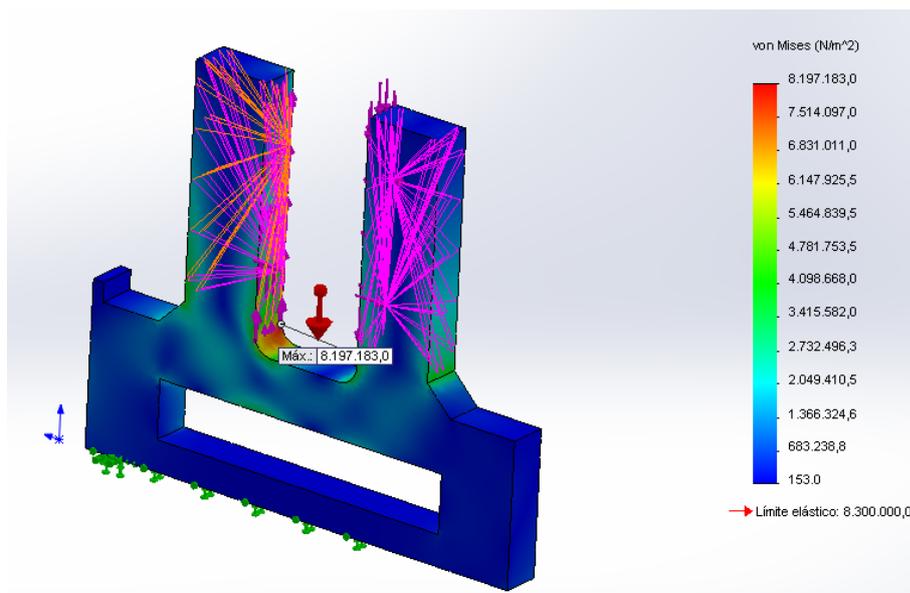


Figura 40 Análisis de Tensión de Von Mises de ABS

Tabla 9

Tensión de Von Mises

Material	TENSIÓN DE VON MISES	
	Tensión Máxima (N/m ²)	Limite Elástico (N/m ²)
ABS	8.197.183,0	8.300.000,00
NYLON	8.182.070,5	76.000.000,00
ACRÍLICO	12.523.134,0	45.000.000,00

Expuestos los datos de la tabla 9 se llegó a la conclusión que los tres materiales no cederán ya que su valor de tensión máxima es menor que el límite elástico, sin embargo el acrílico tiene una relación aproximada de 3,5 entre estos valores lo que lo hace apto para la construcción, el ABS tiene un valor muy aproximado y estará al borde de ceder, el nylon tiene una diferencia muy amplia por lo que se sobre dimensionaría.

b. Desplazamiento

En el análisis de desplazamiento Figura 41 se pudo observar las máximas deformaciones que ocurren al someterlo a fuerzas externas en la Tabla 10 se detallan los valores desplazados para distintos materiales.

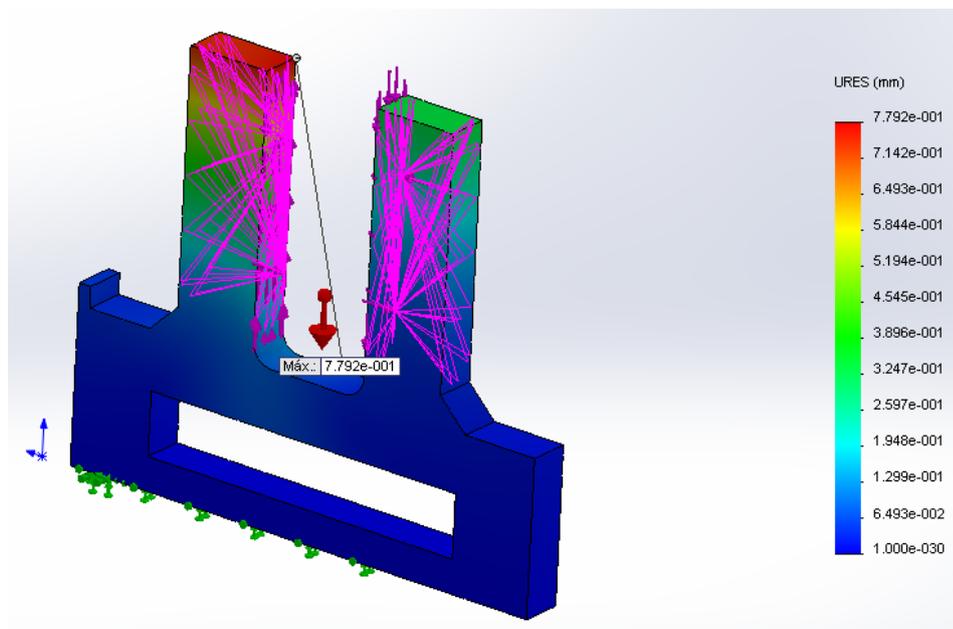


Figura 41 Análisis de Desplazamientos de Nylon

Tabla 10

Valores de desplazamiento

DESPLAZAMIENTOS	
Material	Desplazamiento Máxima (mm)
ABS	0,6192
NYLON	0,7792
ACRÍLICO	0,6337

Observados los valores de desplazamiento en la Tabla 10 se concluye que es un factor no influyente para la selección, por tal motivo se puede utilizar cualquiera de estos materiales.

c. Deformación Unitaria

En el análisis por deformación unitaria se muestra la deformación con respecto a la longitud unitaria original Figura 42, en la Tabla 11 se puede observar las deformaciones unitarias para distintos materiales.

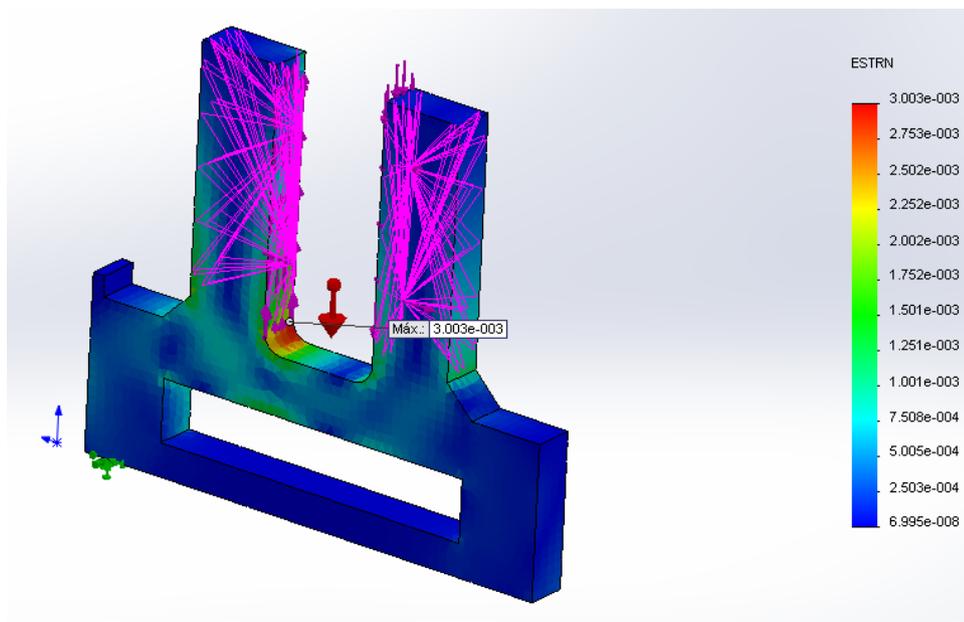


Figura 42 Análisis de la Deformación Unitaria Acrílico

Tabla 11

Valores de la Deformación Unitaria

DEFORMACIÓN UNITARIA	
Material	ESTRN
ABS	0,003130
NYLON	0,003941
ACRÍLICO	0,003003

Analizando los valores desplegados en la Tabla 11 se concluyó que la deformación unitaria para los tres materiales es imperceptible para la vista humana y no afecta en las posibles fallas de los parantes, por lo tanto este factor no afecta en la selección del material.

d. Factor De Seguridad

El factor de seguridad Figura 43 muestra los puntos donde el material puede sufrir una falla, esto quiere decir la relación que existe entre la tensión de Von Mises y el límite elástico del material, en la Tabla 12 se puede observar los valores de factor de seguridad para distintos materiales.

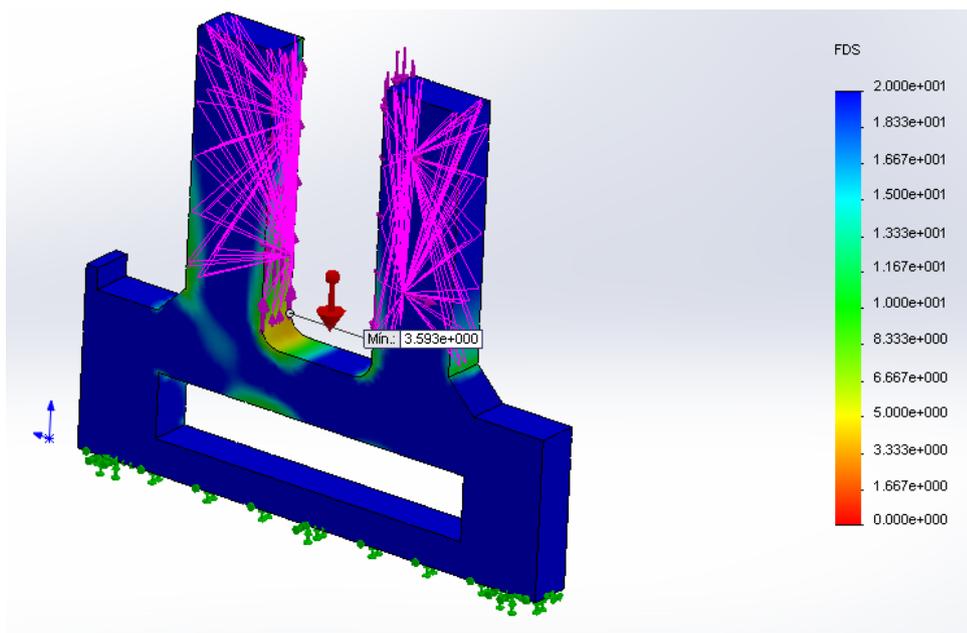


Figura 43 Análisis del Factor de Seguridad Acrílico

Tabla 12

Valores de Factor de Seguridad

FACTOR DE SEGURIDAD	
Material	Factor de Seguridad
ABS	1,013
NYLON	9,289
ACRÍLICO	3,593

Exhibidos los valores de factor de seguridad en la Tabla 12 y sabiendo que el mínimo factor de seguridad para materiales dúctiles estáticos es de $N=2$ (MOTT, 2009), se pudo analizar que el material acrílico cumple con un factor de 3,593 haciéndolo un buen candidato para su uso, el ABS tiene un

factor de seguridad muy bajo de 1,013 y no cumple con la condición descrita mientras que el nylon se sobredimensiona a 9,289.

2.2.7 Ponderación de materiales para los parantes

Al ponderar estos materiales (ABS, Nylon y Acrílico) en la Tabla 13 con ciertos criterios, se logró tener un funcionamiento óptimo sin fallas, esto quiere decir que no sufran daños por fuerzas pesos y cumplan con un factor de seguridad acorde a las expectativas, esta calificación irá en una escala de 1 a 5 donde (1) no cumple el criterio y (5) cumple el criterio a satisfacción.

Tabla 13

Ponderación para la selección de Material de los parantes del motor

Criterio de Selección	ABS	Nylon	Acrílico
TENSIÓN DE VON MISES	5	5	5
Nivel de Corrosión	5	5	5
FACTOR DE SEGURIDAD	2	3	5
Costo	3	3	4
Disponibilidad de material	3	4	5
Maquinabilidad	3	3	5
Desplazamientos	5	5	5
Ponderación Total	26	28	34

Gracias a la ponderación de la Tabla 13 se llegó a la conclusión que el Acrílico cumple con todas las necesidades de diseño sobre el ABS y el Nylon.

2.2.8 Selección de motores para la carcasa

Tomando en cuenta que es necesario poseer un actuador (motor) que sea capaz de levantar la carcasa de la línea Braille y así esta se posicione correctamente, se tomaron 3 posibles opciones desplegadas en la tabla 14 para analizar.

Tabla 14

Características de motores para la carcasa

Motor	Análisis
Motor DC simple	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo consumo de energía. • Solo posee control ON/OFF. • Bajo torque. • Movimiento rotacional • Bajo costo.
Motor paso a paso	<ul style="list-style-type: none"> • Control de posición. • Consumo medio de corriente. • Alto torque. • Robustos. • Alto costo. • Necesita tarjeta de control. • Movimiento rotacional.
Motor DC con caja de engranes	<ul style="list-style-type: none"> • Alto torque. • Movimiento lineal (dependiente el tipo de engrane y acople). • Bajo costo. • Medio consumo de energía.

Una vez establecidas las características de estos tres tipos de motores, se seleccionó el motor DC con caja de engranes, ya que en el mercado existen motores de bajo costo que en su interior poseen un tren de engranes con cremallera que permite tener movimiento lineal con un alto torque.

El motor OEM car central Locking es un motor DC de 12V con un consumo de corriente de 0,15A con una fuerza de 4Kg, vástago de 20cm, peso aproximado de 86gr/4,3oz y una resistencia de más de 100.000 veces en subida y bajada, gracias a sus altas características y a la facilidad de adquisición de este motor se ha seleccionado para que levante la carcasa cada vez que la línea Braille sea utilizada. (Véase Figura 44)



Figura 44 Motor de movimiento lineal

Fuente: (OEM, 2010)

2.3 Diseño mecánico y selección de componentes del teclado Braille

El teclado braille fue diseñado y modelado pensando en facilitar el uso a las personas no videntes, esto quiere decir que los botones son fácilmente localizados por los mismos, consta de 11 botones cada uno con una función específica, los primeros 6 botones son los que representen la matriz braille, estos fueron localizados de la misma forma que la máquina Perkins ya que la distribución de puntos son conocidas por las personas no videntes y

facilita la interacción hombre - máquina, a mas incluye otros botones los cuales se especifican en la Tabla 15.

Tabla 15

Botones dentro del teclado Braille

Botones	Acción
6 botones	Representan la línea braille
1 botón	Espacio
1 botón	Enter
1 botón	Borrar
1 botón	Repetir
1 botón	guardar

El botón repetir permite escuchar nuevamente la última letra que se haya ingresado anteriormente las veces que sean necesarias, mientras que el botón guardar permite crear y guardar el documento en una ruta específica en formato .txt.

2.3.1 Diseño mecánico

En la Figura 45 se puede observar el modelado del teclado braille con la distribución de teclas que permiten ser localizadas con facilidad.

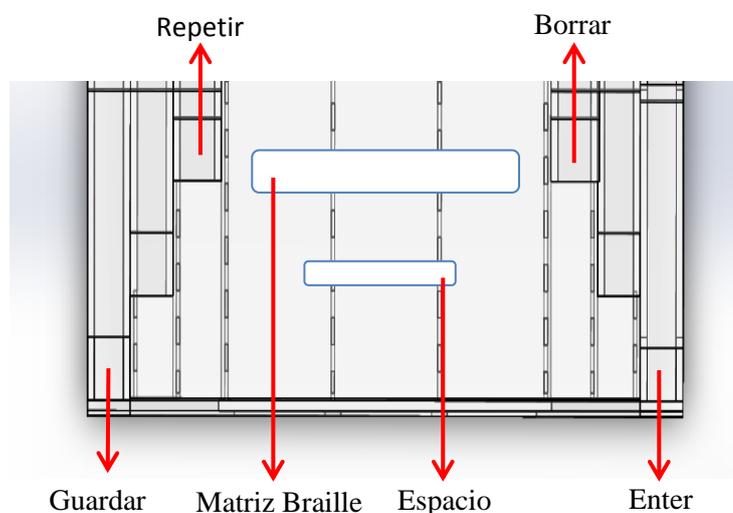


Figura 45 Modelado teclado Braille

2.3.2 Diseño final del teclado – línea Braille

El diseño final (Figura 46) para ser implementado se basó en las características estéticas de una maquina Perkins ya que esta es familiar para las personas del centro educativo de no vidente, motivando al uso para el aprendizaje del sistema Braille.

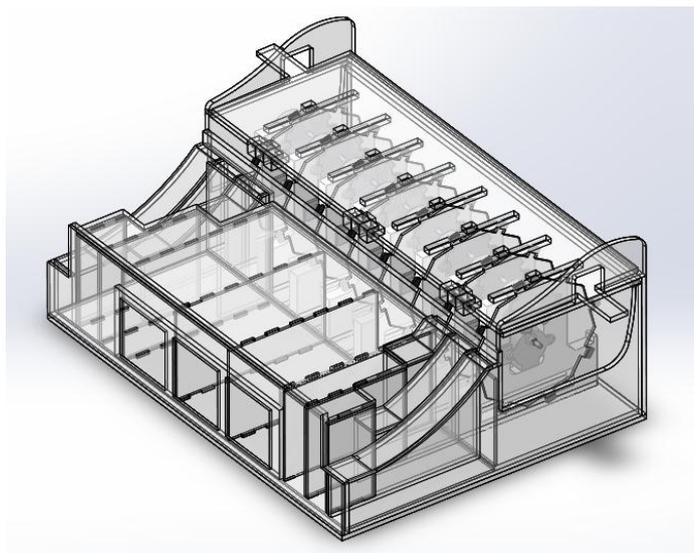


Figura 46 Modelado teclado Braille

2.3.3 Análisis de peso estructural

Masa necesaria para el teclado braille (véase Figura 46):

$$Densidad = \frac{masa}{volumen} \quad \text{Ec. 2. 1}$$

$$m = \rho \cdot v$$

Las dimensiones planas totales del teclado braille (Tabla 16) permitieron conocer cuánto material se utilizará y a través de cálculos con las propiedades mecánicas de los materiales (véase ANEXO D) se conoció el peso estructural.

Tabla 16

Dimensiones totales teclado Braille

Partes	Dimensiones [mm]
Base y tapas laterales del teclado	484,50x130x2
Tapas: posterior, frontal y superior	306x308,5x2
4 Tapas internas	130x88x2

- Acero de bajo carbono (acero AISI 1020):

$$V = 484,50[mm] \times 130[mm] \times 2[mm]$$

$$V = 125970[mm^3]$$

$$V = 0,12597 \times 10^{-3}[m^3]$$

Entonces tomando la Ec.2.1 tenemos:

$$m = \left(7860 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] \right) \times (0,12597 \times 10^{-3}[m^3])$$

$$m = 0,9901[Kg]$$

- Aluminio (<99,5%):

$$V = 0,12597 \times 10^{-3}[m^3] \quad * \text{Calculo anterior}$$

Entonces:

$$m = \left(2710 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] \right) \times (0,12597 \times 10^{-3}[m^3])$$

$$m = 0,3414[Kg]$$

- Polimetilmetacrilato (Acrílico)

$$V = 0,12597 \times 10^{-3}[m^3] \quad * \text{Calculo anterior}$$

Entonces:

$$m = \left(1170 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] \right) X (0,12597 \times 10^{-3} [m^3])$$

$$m = 0,1473 [Kg]$$

○ ABS

$$V = 0,12597 \times 10^{-3} [m^3] \quad * \text{Calculo anterior}$$

Entonces:

$$m = \left(1050 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] \right) X (0,12597 \times 10^{-3} [m^3])$$

$$m = 0,1323 [Kg]$$

Así, después del cálculo de cada parte del teclado braille las masas totales se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17

Masas de posibles materiales para la estructura

Material	Masa (Kg)	Masa total (Kg)
Acero de bajo carbono (acero AISI 1020)	0,9901+1,4839+0,71934	3,19334
Aluminio (<99,5%)	0,3414+0,5116+0,2480	1,101
Polimetilmetacrilato (Acrílico)	0,1473+0,2208+0,1070	0,4751
ABS	0,1323+0,1982+0,096	0,4265

2.3.4 Ponderación y selección del material

La ponderación mostrada en la tabla 18 indica la viabilidad de cada material para ser seleccionado, se tomaron en cuenta criterios como:

- Peso.
- Nivel de corrosión.

- Reciclabilidad.
- Costo.
- Disponibilidad del material
- Maquinabilidad.

Esta calificación irá en una escala de 1 a 5 donde (1) no cumple el criterio y (5) cumple el criterio a satisfacción

Tabla 18

Ponderación de material con diferentes criterios

Criterio de Selección	Acero de bajo carbono (acero AISI 1020)	Aluminio (<99,5%)	Polimetilmetacrilato (Acrílico)	ABS
Peso	1	2	4	5
Nivel de Corrosión	2	3	5	5
Reciclabilidad	4	5	5	4
Costo	3	3	5	3
Disponibilidad de material	3	3	5	3
Maquinabilidad	3	3	5	5
Ponderación Total	16	19	29	26

La ponderación muestra más viable al Polimetilmetacrilato (Acrílico) seguido del Plástico ABS para la estructura del teclado braille, entre estos dos materiales dada la facilidad de adquirirlo y su rápida maquinabilidad se seleccionó el acrílico.

2.4 Diseño electrónico del teclado Braille

Para el diseño electrónico del teclado braille se tomó en cuenta principalmente la selección del tipo de adquisición de dato, esto se refiere si será en franco positivo o negativo.

2.4.1 Diseño de placas para los botones

El diseño se desarrolló dentro del software ISIS PROTEUS 7 para posteriormente ser exportadas a la plataforma ARES (véase Figura 47), consta de entradas para 12 botones de los cuales se ocupan 11 como se especificó previamente en la tabla 15.

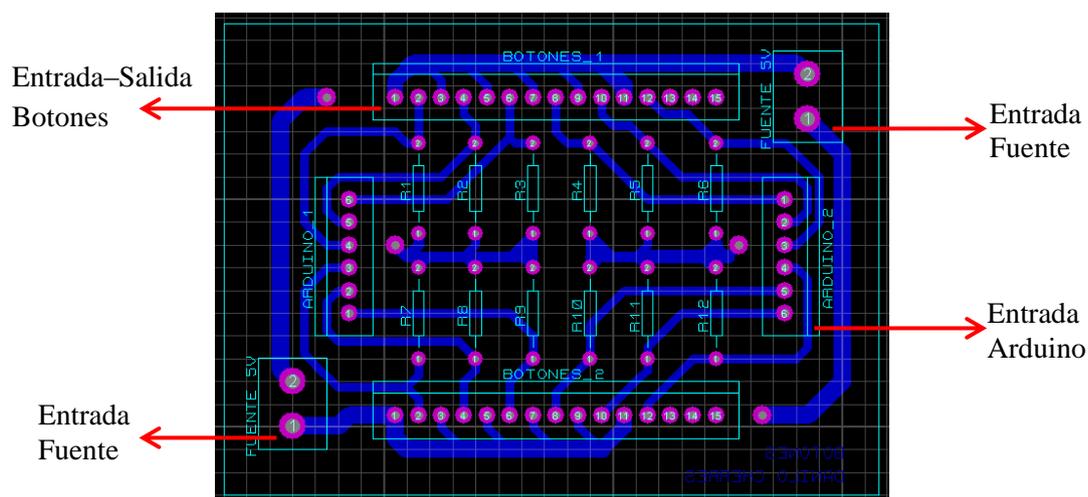


Figura 47 Diseño placa botones

La placa consta de dos entradas para la fuente que son del mismo voltaje, esto permitirá que las corrientes se distribuyan 6 botones para cada entrada.

2.5 Diseño electrónico y selección de componentes de la línea Braille

Dentro del diseño electrónico de la línea braille se tomó en cuenta aspectos como, qué módulo de control es el adecuado para los motores

PAP, diseño de placas para los módulos, tipo de control para los motores que alzarán la carcasa para el posicionamiento de los octágonos, diseño de placas para el control de los motores, entre otros.

2.5.1 Control para motores PAP

Básicamente para el control de motores PAP existen 3 posibles opciones que se detallan dentro de la Tabla 19.

Tabla 19

Control de motores PAP

Control de motores PAP	
Control Directo	Aquí los pulsos para el movimiento son enviados directamente desde la tarjeta arduino hacia las bobinas del motor, lo que no es aconsejable ya que puede generar la devolución de la corriente y quemar la tarjeta de control, por otra parte debido a que 16 motores la corriente no abastecería para que se muevan, puesto que la tarjeta Arduino puede proveer hasta 40mA por puerto.
Integrado ULN 2003	Este integrado es un arreglo Darlington que permitirá el aumento de la corriente, sin embargo no evitaríamos el uso de 4 salidas desde la tarjeta de control y existiría un consumo directo de la tarjeta lo que nos proporcionaría fallas.
Módulo Pololu A4988	Este módulo fue fabricado específicamente para el control de motores PAP, permite tener el control se conexión y desconexión así como el sentido de giro.

De esta manera se seleccionó trabajar con el módulo de control pololu A4988 ya que se evita complicaciones con la tarjeta arduino y se tendrá un control absoluto sobre los motores.

2.5.2 Pololu A4988

El A4988 DMOS es un módulo de Allegro con protección multifunción, este controla motores paso a paso bipolares de hasta 2 A de corriente de salida por bobina, posee un control de corriente ajustable que permite ajustar la salida de corriente máxima con un potenciómetro, su conexión es simple y 100% funcional. (Véase Figura 48)



Figura 48 Modulo de control PAP A4988

Fuente: (Pololu, 2001)

Una de sus ventajas es el fácil diagrama de conexión que existe dentro de la página de Pololu. (Véase Figura 49)

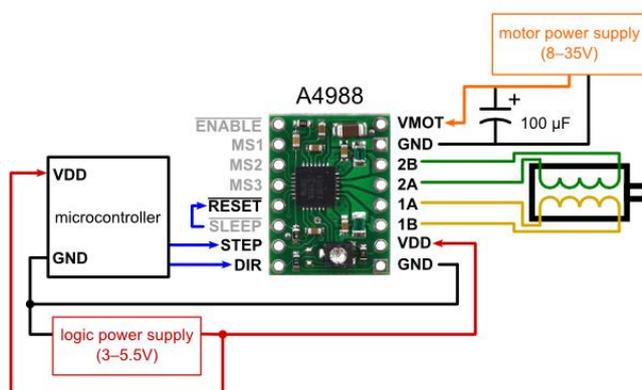


Figura 49 Conexión Pololu A4988

Fuente: (Pololu, 2001)

2.5.3 Diseño de placas para los módulos A4988

Para el diseño de las placas para el módulo Pololu A4988 se utiliza el software ISIS PROTEUS 7 para posteriormente ser exportadas a la plataforma ARES, se lo puede observar en la Figura 50, se tomaron en cuenta ciertos aspectos como la entrada de dos fuentes, de las cuales una es de 5V para el módulo y la otra de 12V para los motores, consta con 3 entradas que vienen desde la tarjeta arduino y estas son: step, sleep, y direction, las cuales permiten el control total de los motores, la entrada sleep permite el control de encendido y apagado de las bobinas del motor, esto permite disminuir el consumo de energía eléctrica.

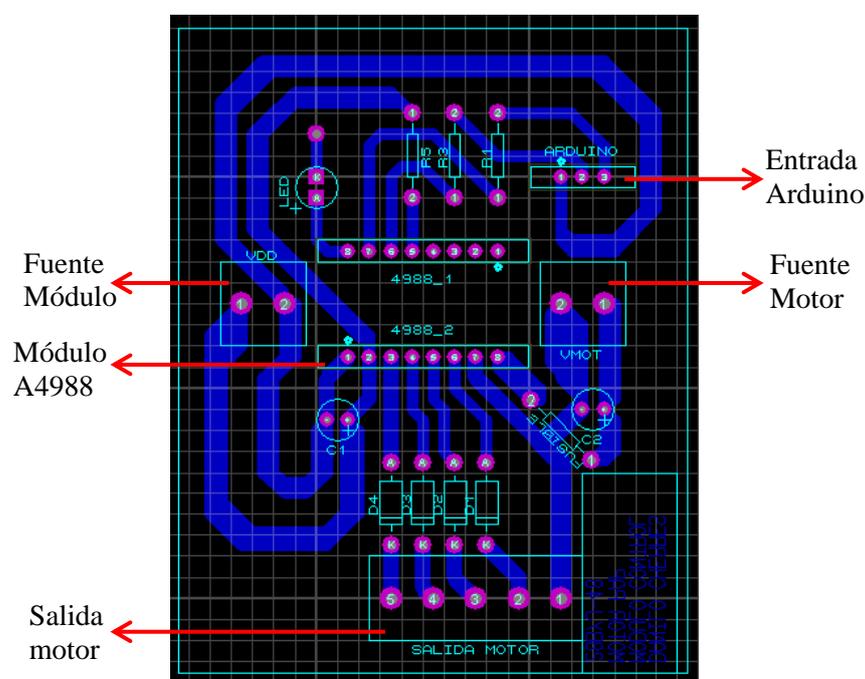


Figura 50 Placa de control Módulo A4988

2.5.4 Diseño de placa para el accionamiento de motores lineales

Puesto que se necesitó un sistema que accione a dos motores dispuestos uno a cada extremo de la línea braille fue necesaria una placa que pueda soportar la corriente eléctrica que circula.

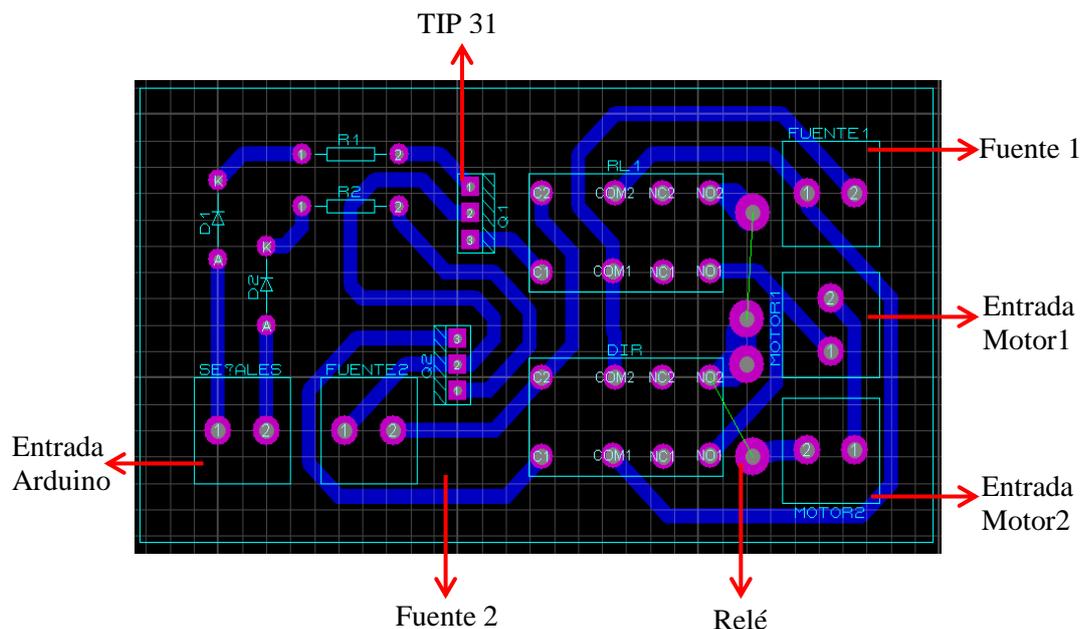


Figura 51 Placa de motores lineales

La Figura 51 muestra el diseño del circuito en el software ARES, el mismo que está dispuesto de dos relés los que son encargados de dar el sentido de giro a los motores, esto quiere decir que suban o bajen, el primer relé hace una conexión + hacia – y la otra de – hacia +, existen dos señales que vienen desde la tarjeta arduino y son activados uno de los TIP's 31 que sirven como switch para energizar una de las bobinas de los relés a la vez.

2.5.5 Diseño de placa para la dirección de giro de los motores PAP

Para el control de los motores y la adquisición de datos se deben tener un total de 61 entradas/salidas y no hay una tarjeta de adquisición con esta característica, pensando en esto surge la necesidad de crear una placa que pueda optimizar salidas digitales (véase Figura 52), la idea es utilizar una sola salida para comunicarles a los motores su sentido de giro ya que ellos se posicionan moviéndose en un sentido y luego regresan a cero con su sentido opuesto.

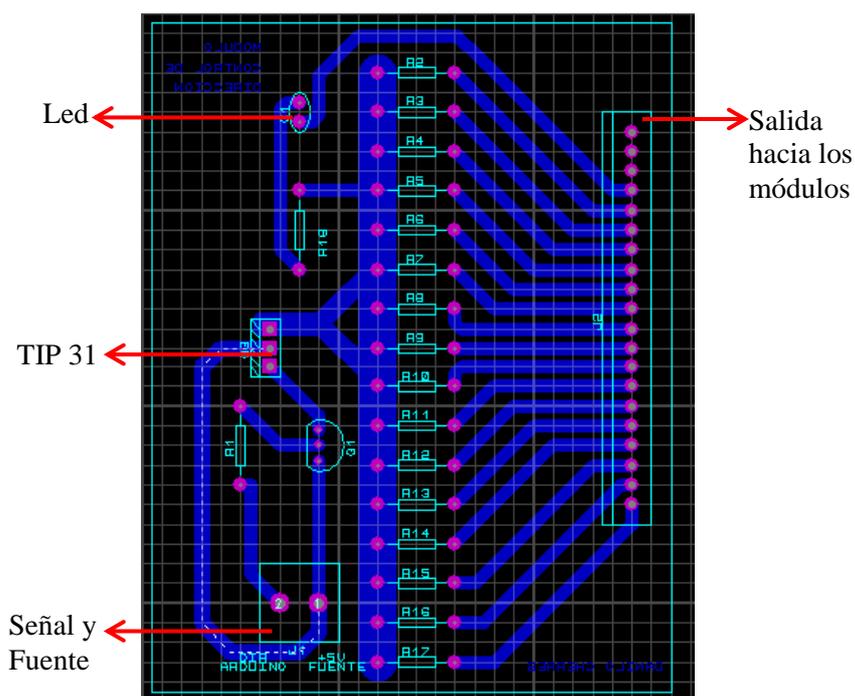


Figura 52 Placa para el sentido de giro de los motores PAP

La fuente 5V de esta placa será independiente de la tarjeta arduino ya que al suministrar corriente para 16 entradas los puertos del arduino no abastecen, en este caso el TIP31 también será utilizado como switch para el paso de corriente.

2.6 Análisis y selección de la fuente

El principal parámetro para la selección es poseer dos niveles de voltaje, de 5V y 12V para los módulos A4988 y motores respectivamente, en la Tabla 20 se detalla el consumo de cada componente alimentado por esta fuente.

Tabla 20

Consumo energético

Cantidad	Dispositivo	Consumo teórico [mA]	Consumo medido [mA]	Consumo total [mA]
16	Motor PAP	220	430	6880
16	Módulo A4988	8	8	128
2	Motor DC	150	150	300
			Total	7308

Al tener un máximo de 7,308 Amp. y necesitar dos valores de voltaje, se seleccionó una fuente tipo ATX, cumpliendo con los requisitos de diseño para el consumo energético.

2.7 Sistema de adquisición de datos

Para la selección de la tarjeta se tuvo en cuenta principalmente la cantidad de entradas y salidas ya que al contar con 16 motores PAP se necesitan pulsos sincronizados para su movimiento.

2.7.1 Selección de la tarjeta de adquisición de datos

Para Seleccionar la tarjeta de adquisición en la tabla 21 se despliegan las principales características de las tres más reconocidas.

Tabla 21

Tipos de tarjetas de adquisición de datos

Tarjetas	Descripción
<p>Arduino (Platea, 2010)</p>	<p>La plataforma Arduino es una plataforma open-hardware basada en una sencilla placa con entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales.</p> <p>El elemento principal el microcontrolador Atmegaxx8, un chip sencillo y de bajo coste que permite el desarrollo de múltiples diseños.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador ATmegaXXX • Voltaje de operación 5V • Voltaje de entrada (recomendado) 7-12 V • Voltaje de entrada (limite) 6-20 V • Digital I/O Pins 14-54 (con 6 salidas PWM) • Entradas analógicas Pins 6 -16 • DC corriente I/O Pin 40 mA • DC corriente 3.3V Pin 50 mA
<p>DAQ (Ditecom, 2009)</p>	<p>La familia de tarjetas ME-Jekyll (ME-4610) y ME-FoXX (ME-46xx) son flexibles, desde los modelos de bajo coste hasta las versiones más avanzadas con optoaislamiento, son sistemas abiertos y ampliables que funcionan bajo Windows o Linux.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 32 canales simples o 16 diferenciales, de 16 bits. • Hasta 4 canales de salida de $\pm 10V$ con opción de optoaislamiento. • 32 canales de E/S digitales con opción de optoaislamiento en 16 de ellos. • 3 contadores de 16 bits.

<p>Intel Galileo (Intel, 2014)</p>	<p>Galileo es una tarjeta (placa) microcontroladora basada en el procesador de aplicaciones Intel® Quark SoC X1000, un “sistema en chip” (SoC) de clase Intel® Pentium de 32 bits.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posee pines digitales del 0 a 13 (y el Aref adyacente y pines GND). • Las entradas analógicas entre 0 y 5. • Pines adyacentes AREF y GND del puerto UART (0 y 1). • Operan a 3.3 V o 5 V. • Puerto serie RS-232, un puerto cliente USB
------------------------------------	---

Una vez descritas las características de estas tres tarjetas para la adquisición de datos se eligió a la tarjeta de tipo arduino por ser tarjetas programables de mayor cantidad de entradas y salidas digitales, contando con conexión USB que facilita la programación y comunicación con la Pc.

2.7.2 Selección del modelo de tarjeta arduino (FIME, 2012)

Para la selección del modelo de tarjeta arduino se detallan en la Tabla 22 algunas características de ciertas tarjetas existentes en el mercado.

Tabla 22

Modelos de tarjetas Arduino

Tarjeta	Descripción
<p>Arduino Mega</p>	<p>El Arduino Mega es una placa microcontrolador basada ATmeg1280. Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 14 proporcionan salida PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTS (puertos serie por hardware), un cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, entrada de corriente y botón de reset.</p>

Arduino Fio

El Arduino Fio es una placa para microcontrolador basada en el ATmega328P, funciona a 3.3V y 8MHz. Tiene 14 pines de E/S digitales (de los cuales 6 pueden usarse como salidas PWM), 8 entradas analógicas, un resonador en placa, un botón de reinicio (reset), y agujeros para montar conectores de pines.

Arduino pro

La Arduino pro viene en versiones de 3.3v / 8 MHz y 5v / 16 MHz. Tiene 14 E/S digitales (6 de las cuales se pueden utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador interno, botón de reseteo y agujeros para el montaje de tiras de pines

Arduino Mini

Arduino Mini es una placa con un pequeño microcontrolador basada en el ATmega168. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales (de las cuales 6 pueden ser usadas como salidas PWM), 8 entradas analógicas y un cristal de 16 MHz. Puede ser programada con el adaptador Mini USB u otros adaptadores USB o RS232 a TTL serial.

Establecidas las características de cada tipo de tarjeta arduino se seleccionó la Arduino MEGA (Figura 53) ya que posee la mayor cantidad de entradas y salidas digitales que en el presente proyecto es de suma importancia, también por poseer conexión directa USB hacia la Pc.



Figura 53 Arduino MEGA

Fuente: (Platea, 2010)

2.8 Selección del software

Para el desarrollo del software se seleccionó una opción de las tres descritas en la Tabla 23.

Tabla 23

Tipos de tarjetas de adquisición de datos

Software	Descripción
LabVIEW	<p>Es una plataforma y entorno de desarrollo para lenguaje de programación por bloques (visual), llamado lenguaje “G” de National Instruments, cuenta con opciones para el control de matrices, variables globales y locales, librerías VISA que permiten la comunicación con cualquier dispositivo serial.</p> <p>Una opción especial dentro de esta plataforma es la capacidad de configurar la tarjeta de audio y cargar archivos de audio en extensión .wav.</p>
MATLAB	<p>El software Matlab se basa en el control de matrices, dentro del entorno grafico posee una herramienta llamada</p>

(GUI) que permite implementar pantallas y gráficos.

Principalmente es un software para implementación matemática, análisis de señales, análisis de imágenes entre otras opciones.

Cuenta con comunicación RS232 y USB dependiendo la librería que sea previamente cargada.

App Inventor

App Inventor es un software libre basado en Android, para su programación es necesario contar con conexión a internet ya que se basa en la plataforma de google.

Su programación es por bloques, sin embargo al poseer una cantidad considerable de datos se vuelve lento y vulnerable a fallas.

Dadas las descripciones de las principales plataformas para el desarrollo del software, se seleccionó Labview (Figura 54) ya que cuenta con librerías incluidas como VISA que permite una conexión directa mediante cable USB hacia la tarjeta arduino, a más se podrá cargar archivos .wav que puedan ser reproducidos para las personas no vidente.



Figura 54 Logotipo LabVIEW

Fuente: (RODO BARILOCHE, 2012)

2.8.1 Módulo de control PAP A4988 (Pololu, 2001)

El A4988 DMOS es un módulo de Allegro con protección multifunción, este controla motores paso a paso bipolares de hasta 2 A de corriente de salida por bobina, posee un control de corriente ajustable que permite ajustar la salida de corriente máxima con un potenciómetro, su conexión es simple y 100% funcional. (Véase Figura 55)



Figura 55 Modulo de control PAP A4988

Fuente: (Pololu, 2001)

2.9 Diseño del software

La programación se realizó en las dos plataformas tanto en labview como en Arduino que se sincronizan por puerto serial a 9600 baudios.

En el caso del teclado Braille, Labview espera los datos dispuestos por los botones los cuales son primeramente codificados dentro de la tarjeta arduino.

En el caso de la línea Braille se envía palabras de máximo 8 caracteres desde Labview, estos datos se receptan en un orden específico para que la tarjeta arduino posicione los motores a paso correctamente.

Dentro de la programación existen 5 partes importantes mostradas en el organigrama de la Figura 56.



Figura 56 Organigrama Transmisión de datos

2.9.1 Diseño del entorno gráfico

Se diseñó 5 pantallas dinámicas dentro del software labview manejadas desde un menú principal mostrado en la Figura 57, este menú puede ser manipulado desde la Pc o desde el teclado braille.



Figura 57 Pantalla del Menú

Para el ingreso de letras por medio del teclado braille se sigue una secuencia lógica mostrada en el flujo grama de la Figura 58.

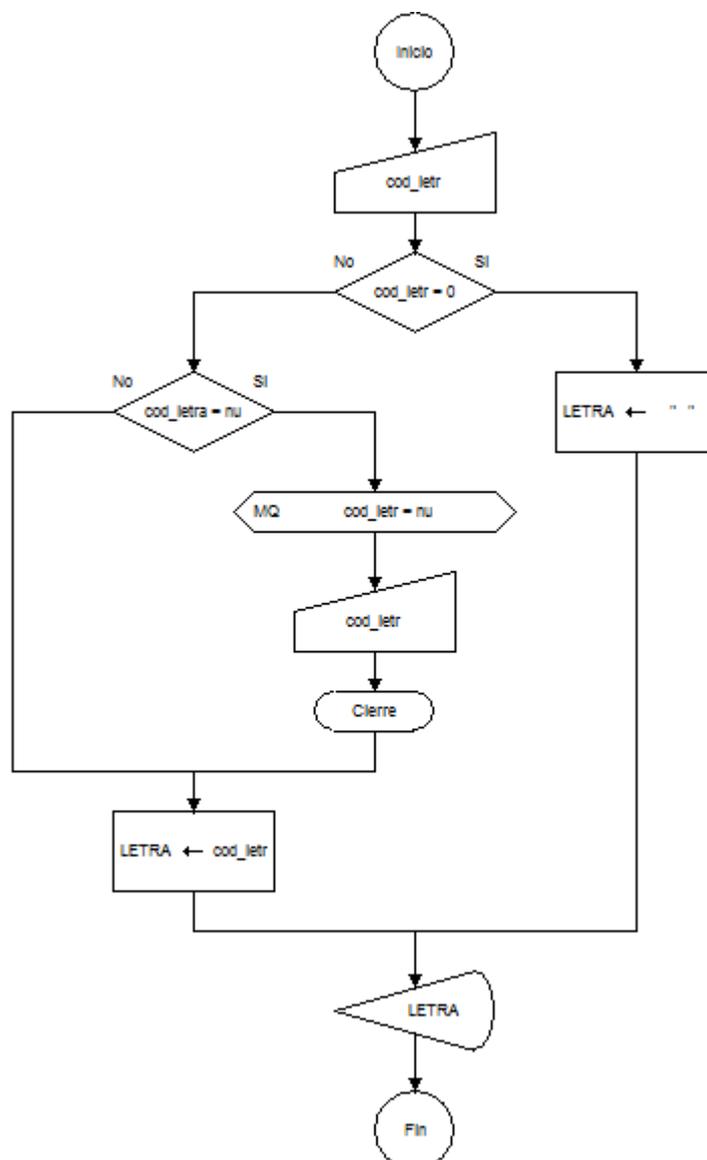


Figura 58 Flujo grama ingreso de texto

De la Figura 58, Cond_letr es el código que ingresa al software desde el teclado, nu es un valor comparativo que permite saber si pertenece a una letra o número y así decidir la acción a tomar.

En la Figura 59 se observa el flujo grama para el ingreso de la palabra y las tres primeras comparaciones que se utilizan para el posicionamiento de los motores de la línea Braille.

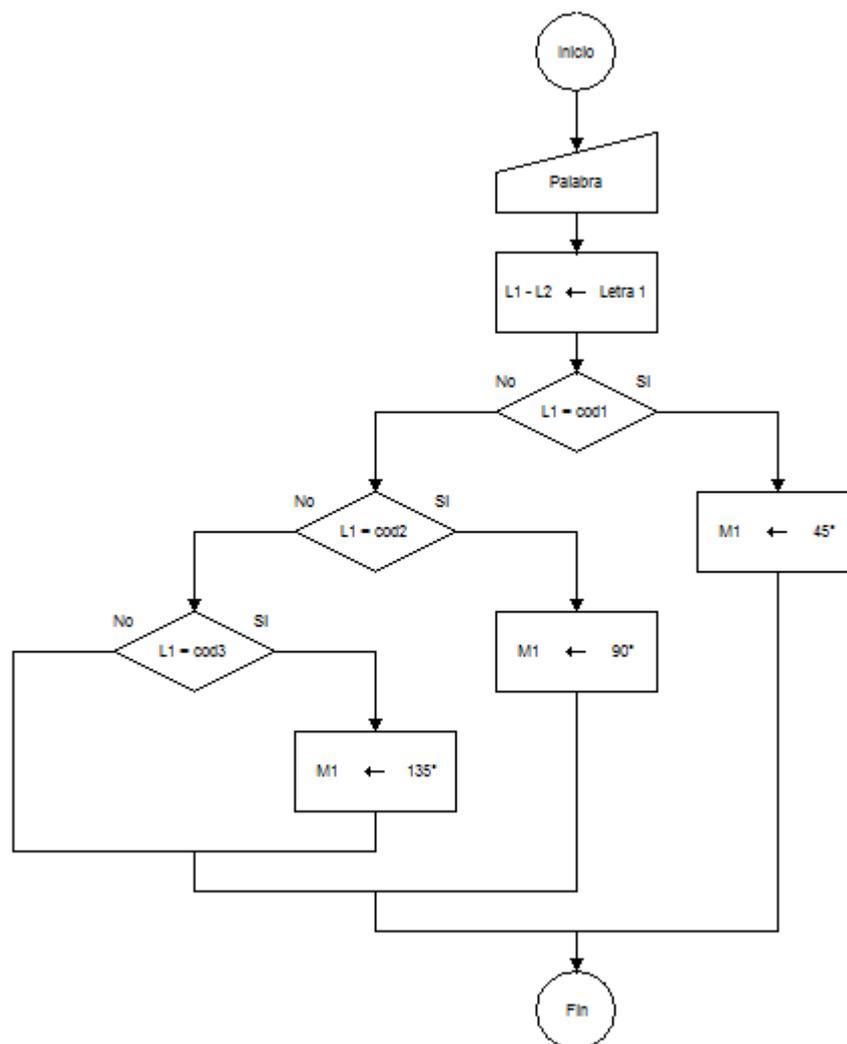


Figura 59 Flujo grama línea Braille

Dónde la palabra es dividida en letras y cada letra tiene dos valores que son los interpretados por los motores, estos valores representan el desplazamiento en grados para formar la palabra en la línea braille.

CAPÍTULO III

3 IMPLEMENTACIÓN

Al culminar el diseño, simulación y selección de componentes del teclado y línea braille es hora de implementarlo para posteriormente realizar las pruebas y comprobación de la hipótesis.

3.1 Implementación mecánica

Para el montaje de la estructura del teclado y línea Braille, primero se adquiere acrílico de 2, 4 y 9 milímetros los mismos que serán cortados en su totalidad por la cortadora Láser (Lugmania & Vásquez, 2015) en el laboratorio de CNC de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga.

Para la estructura del teclado Braille se manipula material de dos espesores: el de 2 milímetros se utiliza en las capas superficiales y el de 4 milímetros en los soportes.

En la estructura de la línea braille se mecaniza el acrílico de 9 milímetros ya que los parantes deberán soportar la fuerza ejercida por los motores, en la Figura 60 se puede observar el proceso de corte de los componentes.

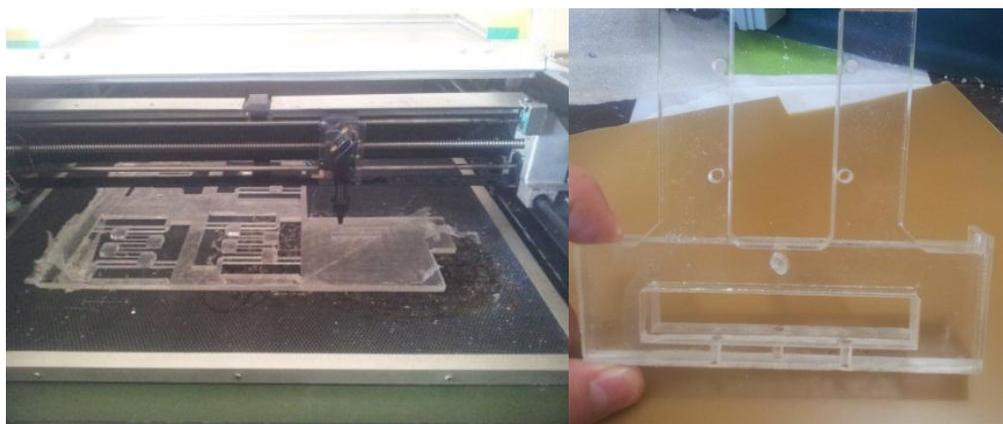


Figura 60 Parantes para los motores

Al culminar con las piezas, se arma y sella con acrílico líquido para garantizar la fijación de las uniones, en la Figura 61 se observa la estructura ensamblada.



Figura 61 Estructura teclado y línea Braille

Posteriormente se colocan los motores junto a los parantes con sus respectivos octágonos que son los desplazados, en la Figura 62 se muestra el montaje en conjunto.

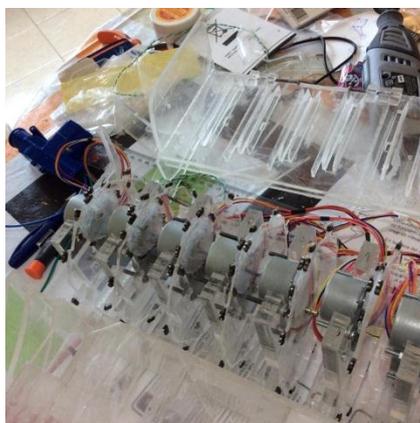


Figura 62 Montaje de los motores PAP dentro de la Línea Braille

3.2 Implementación electrónica

Para el funcionamiento de la máquina se diseñaron una serie de placas electrónicas que se detallan a continuación.

- 16 placas para los módulos A4988.
- 1 placa para los botones.

- 1 placa para el sentido de giro de los botones.
- 1 placa para la activación de los motores lineales que alzan la carcasa de la línea Braille.

En la Figura 63 se observa las 16 placas para los módulos A4988.



Figura 63 Placas de Módulos A4988

Al culminar se procede a montarlas sobre la estructura, contando con espacio propio, lo que permite mantenerlas aisladas una de otra, la Figura 64 permite ver la distribución de las placas dentro de la estructura.



Figura 64 Distribución de los módulos A4988

Para la implementación del cableado de datos desde la tarjeta arduino, se utiliza 4 series de cables UTP que en total serian 32 hilos y al contar con un sistema de colores por cada serie de cable se puede identificar el tipo de dato que se transmitirá (Véase Tabla 24)

Tabla 24

Localización de datos por colores

Color	Función	Color	Función
Blanco y azul	Step	Blanco y café	Step
Azul	Sleep	Café	Sleep
Verde	Step	Tomate	Step
Blanco y verde	Sleep	Blanco y tomate	Sleep

Las salidas digitales de la tarjeta arduino hacia los módulos A4988 están distribuidas de acuerdo a la tabla 25.

Tabla 25

Localización de los motores según los pines del Arduino MEGA

Motor 1		Motor 2		Motor 3	
Step	46	Step	50	Step	42
Sleep	48	Sleep	52	Sleep	44
Motor 4		Motor 5		Motor 6	
Step	38	Step	34	Step	30
Sleep	40	Sleep	36	Sleep	32
Motor 7		Motor 8		Motor 9	
Step	26	Step	22	Step	51
Sleep	28	Sleep	24	Sleep	53
Motor 10		Motor 11		Motor 12	
Step	47	Step	43	Step	39
Sleep	49	Sleep	45	Sleep	41
Motor 13		Motor 14		Motor 15	
Step	35	Step	31	Step	27
Sleep	37	Sleep	33	Sleep	29
Motor 16					
		Step	23		
		Sleep	25		

De esta manera, la distribución de entradas y salidas de la tarjeta arduino se muestra en la Figura 65

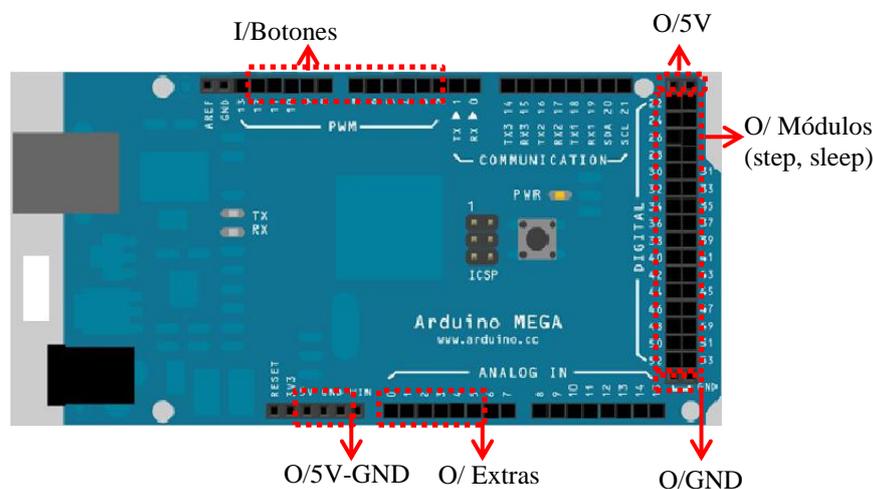


Figura 65 Distribución de I/O en la tarjeta Arduino Mega 2560

Las fuentes que posee la tarjeta Arduino Mega se las aprovechará para la fuente en la placa de botones del teclado Braille ya que estas simplemente permitirán el paso de corriente eléctrica.

El ítem que se menciona como “O/Extra” de la Figura 3.6 se refiere a salidas especiales que se implementaron por la falta de salidas digitales, estos pines normalmente son entradas analógicas sin embargo según (FreeSensors, 2014) existen librerías que permiten utilizarlas como I/O digitales mencionándolas en la programación de la tarjeta Mega como pin54, pin55, pin56, .. etc.;

El ítem que se menciona como “O/5V-GND” posee una salida de 5V y dos pines de GND, el uno se conectará a la placa de los botones y el otro al negativo de los motores a paso, esto evitara la propagación de ruido y los motores tendrán pasos limpios.

En la Tabla 26 se observa la distribución de pines para el resto de I/O.

Tabla 26**Distribución de pines dentro del Arduino MEGA**

Botón	Pin	Botón	Pin	Botón	Pin
Botón 1	4	Botón 6	8	Repetir	7
Botón 2	5	Espacio	10	Dirección	58
Botón 3	2	Enter	6	Motor Lineal 1	54
Botón 4	9	Borrar	3	Motor Lineal 2	55
Botón 5	12	Guardar	11		

Al tener localizado el cableado se suelda e implementa dentro de la estructura como se muestra en la Figura 66.

**Figura 66 Estructura e implementación Electrónica****3.3 Acabados de la línea y teclado Braille**

Antes de pensar en los acabados se implementarán los botones que serán manipulados, se seleccionó botones mecánicos que permitirán una larga vida útil como se muestra en la Figura 67.



Figura 67 Botones teclado Braille

En lo referente a terminados del teclado se forra con cuerina y papel contact que permite proteger al acrílico, las teclas se sacaron de una laptop Toshiba modelo NSK-TN0SV para así brindar mayor comodidad, en la Figura 68 se muestra la máquina completa.



Figura 68 Teclado y línea Braille

3.4 Implementación del software

Se desarrollará la programación de la tarjeta arduino y la plataforma labview simultáneamente ya que los dos compararán datos y tomarán acciones dependiendo el dato que se transmita y de donde provenga.

El software posee sonidos guardados de las letras que se vayan ingresando, advertencias o el simple hecho de redactar los pasos que se debe seguir, estos sonidos son grabados en el software libre BALABOLKA

que permite grabar el texto ingresado y guardarlo en extensión .wav, en la Figura 69 se observan algunos caracteres en formato de audio.

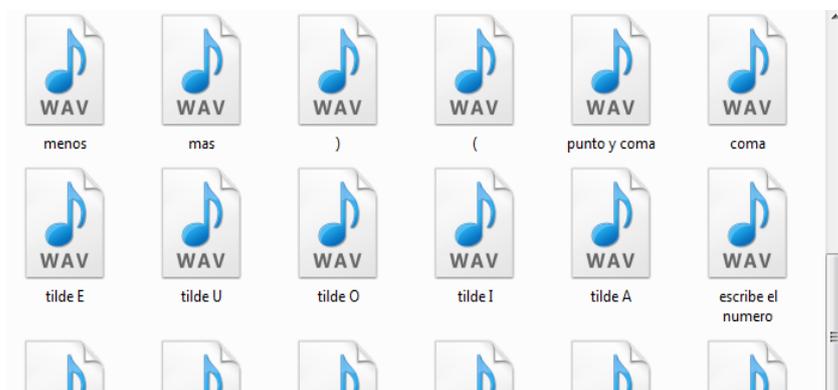


Figura 69 Sonidos pregrabados

3.4.1 Programación para el teclado Braille

Para la programación del teclado Braille se utilizan los 3 primeros pasos mostrados en la Figura 56, adquiriendo el dato desde los botones hacia la arduino, enviando los datos codificados y adquiriendo los datos de labview que será el encargado de decodificar a cual letra corresponde.

a. Adquisición de datos por parte de los botones

Para la adquisición de datos desde el teclado braille existen dos opciones la una es escritura acumulativa y la otra correctiva, en este caso se escogerá la acumulativa ya que al ir presionando una tecla tras otra irá cambiando su valor, el cual representa un caracter.

Los datos enviados desde la tarjeta arduino hacia labview serán codificados en código de números (véase Tabla 27) y llegarán en formato string, esto permite tener un mayor control dentro de labview.

Tabla 27

Código de caracteres

Código de datos para los botones							
Caracter	Código	Caracter	Código	Carácter	Código	Caracter	Código
a	1	o	16	Ó	31	x	46
b	2	p	17	Ú	32	÷	47
c	3	q	18	.	33	=	48
d	4	r	19	:	34	Espacio	90
e	5	s	20	,	35	Enter	91
f	6	t	21	;	36	Guardar	92
g	7	u	22	(	37	Repetir	93
h	8	v	23	)	38	Mayus.	95
i	9	w	24	?	39	%	96
j	10	x	25	¡	40	%	97
k	11	y	26	-	41	Borrar	98
l	12	z	27	“”	42	Número.	99
m	13	á	28	Û	43	inicio	101
n	14	é	29	*	44	Fin	102
ñ	15	í	30	+	45	Confirmación	103

En el caso que la tarjeta detecte algún botón presionado entrará a una serie de lazos if's que permitirán modificar el valor asignado a "cod" según la disposición de la Tabla 27 mientras se vayan presionando los botones (véase Figura 70).

```

    in1=0;

}
if( (boton1==1) || (boton2==1) || (boton3==1) || (boton4==1) || (boton5==1) || (boton6==1) )
{
    //a
    if( (boton1==1) && (boton2==0) && (boton3==0) && (boton4==0) && (boton5==0) && (boton6==0) )
    {
        cod=1;
        cont=1;
    }
    //b
    if( (boton1==1) && (boton2==1) && (boton3==0) && (boton4==0) && (boton5==0) && (boton6==0) )
    {
        cod=2;
        cont=1;
    }
}

```

Figura 70 Lazo If's en Arduino

b. Envío de datos desde la tarjeta arduino

Al conectar la tarjeta arduino a la Pc, se enviará el primer dato, el cual será el string "101", permitiendo abrir el puerto y dar un mensaje audible de bienvenida al programa, una vez llegado a la letra deseada se deberá soltar todos los botones y se envía su valor hacia labview, esto permitirá obtener un solo dato y facilitar la adquisición por parte de la Pc.

c. Adquisición de datos desde Labview

Para la adquisición de datos en el software labview se utilizará la librería VISA, ya que al poseer conexión directa USB hacia la tarjeta se transfieren los datos en forma serial, teniendo claro que desde la tarjeta arduino se tendrá números pero valores string, será necesario convertirlos a valores enteros para así poder compararlos (véase Figura 71), en la programación primero pedirá a la persona no vidente ingresar el nombre del archivo seguido de la tecla Enter, esto permitirá crear el archivo en una ruta específica que se irá guardando cuando el usuario lo desee.

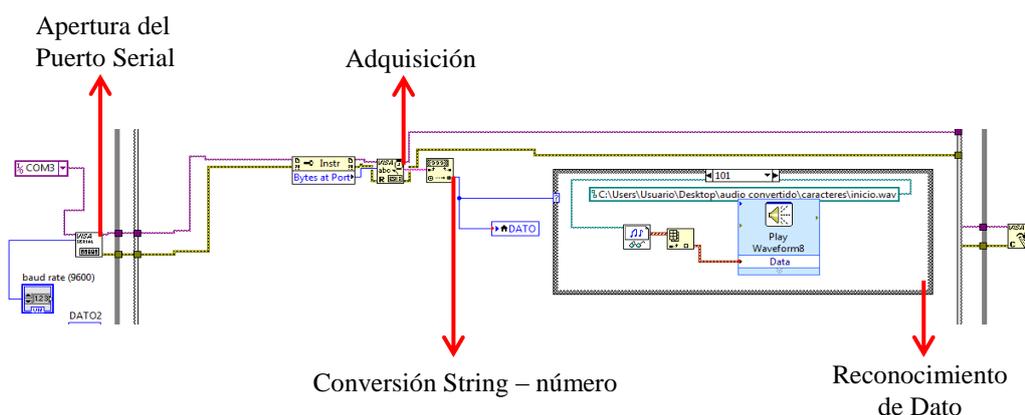


Figura 71 Adquisición de datos desde Labview

En la Figura 71 se observa la adquisición del dato desde la tarjeta en formato string, la conversión a número entero y la comparación del dato para que el programa pueda emitir un mensaje de bienvenida y así se sabrá que se estableció la comunicación.

Una vez establecida la comunicación se deberá comparar el dato entero en una estructura case y establecer si pertenece a una letra, número o caracter recibido desde la tarjeta arduino, en la Figura 72 se puede observar el diagrama de bloques de la comparación del dato.

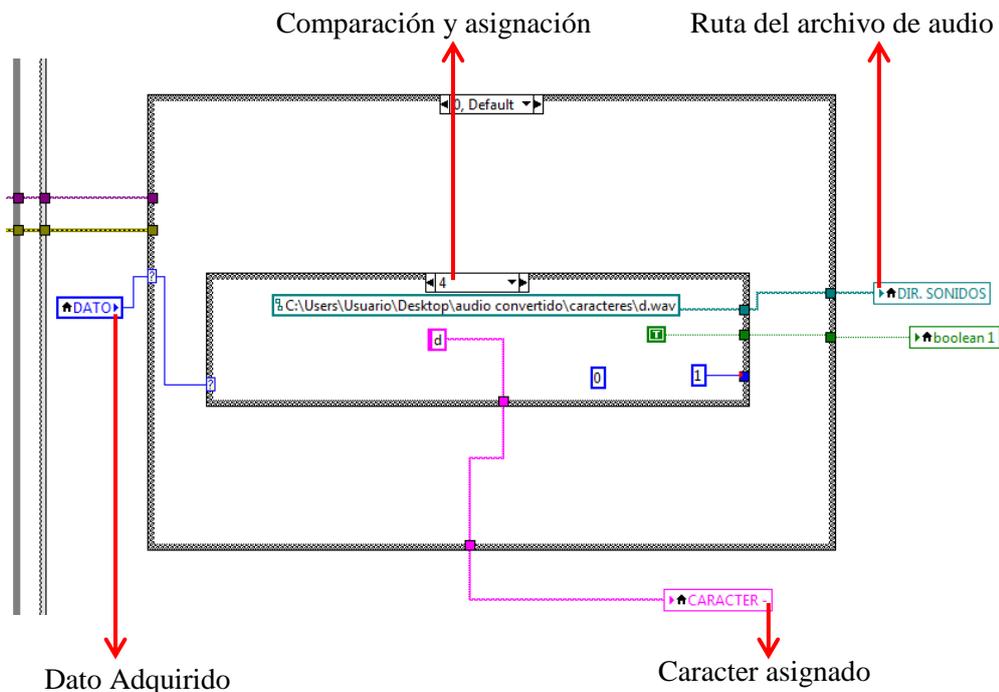


Figura 72 Adquisición de datos desde Labview

El dato obtenido es guardado en una variable local la cual permite utilizarse en cualquier momento, en este caso permite comparar la estructura case de tipo entero, la cual proporcionará a que caracter pertenece y la dirección donde está guardado el sonido de la letra.

Estos datos serán almacenados en uno de sus 23 arrays que representa las líneas del documento que tendrán 24 caracteres en cada una.

3.4.2 Programación para la línea Braille

Para utilizar la línea Braille será necesario la asesoría de una persona vidente, esta tendrá dos opciones, la una es el ingreso de datos y la otra es la opción de mover los motores de la línea para corregir la posición de los puntos.

En el caso de la primera opción, se utilizan los 2 últimos pasos mostrados en la Figura 56, se podrá adquirir el dato desde el teclado Braille o ingresar por la Pc como se observa en la Figura 73.

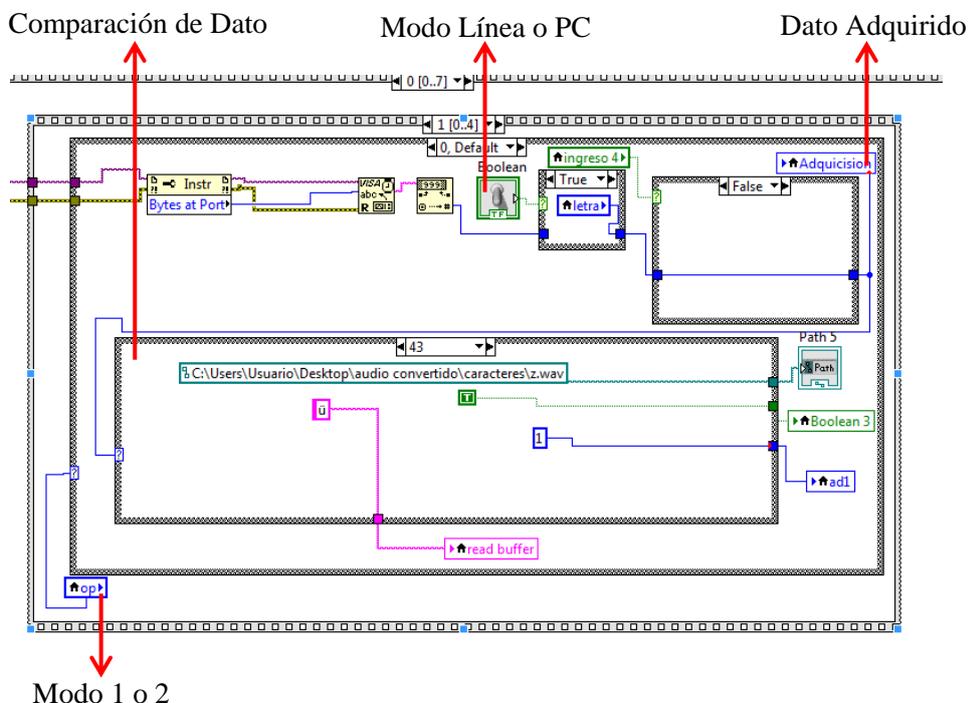


Figura 73 Programación línea Braille

En la Figura 73 el modo “Línea o Pc” permitirá seleccionar el método que vaya a utilizar, esto quiere decir si se ingresa los datos por la Pc o el teclado Braille

El modo “1 o 2”, permite la opción 1 el ingreso de datos que se muestren en la línea Braille o la 2 es enviar pulsos para mover los motores PAP independientemente.

d. Envío de datos desde Labview

Al tener la palabra de máximo 8 letras dentro del array, estará lista para enviársela a la tarjeta, previo el envío se codificarán las letras y tendrán dos valores por cada caracter del array permitiendo moverse los dos motores a paso que conforman la matriz braille, esta codificación se la puede observar en la Tabla 28.

Tabla 28

Codificación para la línea Braille

Desplazamiento	Código
0°	a
45°	b
90°	c
135°	d
180°	e
225°	f
270°	g
315°	h

Dado que se tiene dos motores por cada letra serán necesarios dos “códigos” que representen el desplazamiento de cada uno y así poder formarla, los datos enviados hacia la tarjeta arduino son los mostrados en la Tabla 29.

Tabla 29

Código de datos para los botones

Código de datos para los botones							
Caracter	Código	Caracter	Código	Carácter	Código	Caracter	Código
a	ea	m	fe	X	ff	(	gb
b	ga	n	fg	Y	fh	)	bg
c	ee	ñ	gh	Z	fd	?	cb
d	eg	o	fc	Á	hd	¡	dc
e	ec	p	he	É	df	-	bb
f	ge	q	hg	Í	be	“”	db
g	gg	r	hc	Ó	bf	Ü	gd
h	gc	s	de	Ú	dh	*	bc
i	ce	t	dg	.	ba	+	dc
j	cg	u	fb	:	cc	×	db
k	fa	v	hb	,	ca	÷	cd
l	ha	w	ch	;	da	=	dd

Ya que los datos se enviarán ordenadamente se podrán posicionar todos los motores correctamente, para esto se codifica cada letra como se observa en la Figura 74.

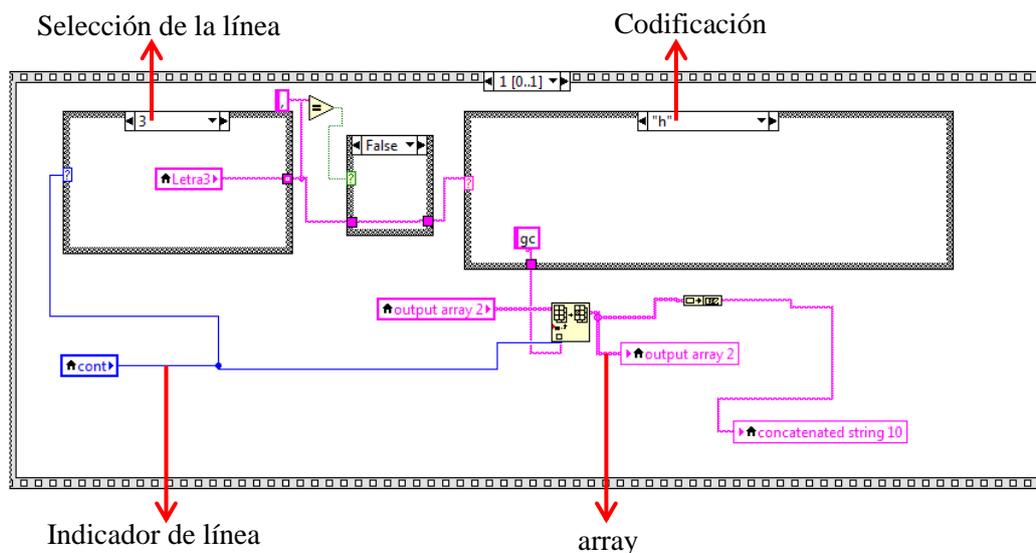


Figura 74 Codificación dentro de Labview

En la Figura 74 se observa que primero ingresa el datos de la posición en que se encuentra la letra de la palabra, la estructura case asigna el valor según la Tabla 29 y la coloca en la misma posición del array, esta codificación ayuda que la palabra completa sea enviada en un solo bloque y permita entrar al lazo “for” de arduino.

e. Envío de datos hacia los motores PAP

Al adquirir los datos por la tarjeta arduino, empiezan a ser comparados dentro de los lazos if's uno a uno, esto quiere decir que cada caracter tomará su valor de desplazamiento como se observa en la Figura 75.

```

if((Serial.available()>0)&&(a==0)){
  entrada=Serial.read();
  if((entrada=='a')){
    paso=0;
    Serial.println('a');
  }
  if((entrada=='b')){
    Serial.println('b');
    paso=254;
  }
  if((entrada=='c')){
    paso=509;
    Serial.println('c');
  }
}

```

Figura 75 Codificación dentro de Arduino

Obtenido el valor del desplazamiento se deberá encender el motor, especificar la dirección y enviar la cantidad de pasos para que se pueda desplazar y llegar a su posición, en la Figura 76 se muestra la programación que permite enviar una cantidad específica de pulsos.

```

if(e==1){
  digitalWrite(sleep2, HIGH);
  digitalWrite(direccion, HIGH);
  for (int i = 0; i<paso; i++)
  {
    digitalWrite(steps2, HIGH);
    digitalWrite(steps2, LOW);
    delayMicroseconds(VELOCIDAD);
  }
  digitalWrite(sleep2, LOW);
  digitalWrite(direccion, LOW);
}
if(e==2){
  digitalWrite(sleep1, HIGH);
  digitalWrite(direccion, HIGH);
}

```

Figura 76 Envío de pulsos hacia el motor PAP

3.5 Implementación de la interfaz gráfica Labview

La interfaz gráfica es importante ya que será la que interactúe con el usuario en este caso con la persona no vidente y el tutor, consta de 5 pantallas que se detallan a continuación:

3.5.1 Mensaje de inicio

Esta pantalla permanecerá encendida durante 3 segundos los cuales muestran que el programa ha iniciado. (Véase Figura 77)



Figura 77 Mensaje de inicio (pantalla1)

3.5.2 Menú

El menú (Figura 78) consta de 4 opciones a las cuales se puede ingresar por medio de la PC o por el teclado braille según el orden.



Figura 78 Menú (pantalla2)

La persona no vidente sabrá que ingreso al menú cuando una voz le informe sus opciones, esto significa que se estableció la comunicación.

3.5.3 Nuevo documento por persona no vidente

Al ingresar a la primera opción aparecerá la pantalla de escritura exclusivamente para personas no videntes que se observa en la Figura 79, aquí pedirá que se ingrese primeramente el nombre del archivo, únicamente se ingresan nombres simples sin tildes ni caracteres especiales, luego se podrá empezar a redactar el documento con los caracteres pedidos por las personas no videntes (véase ANEXO F).

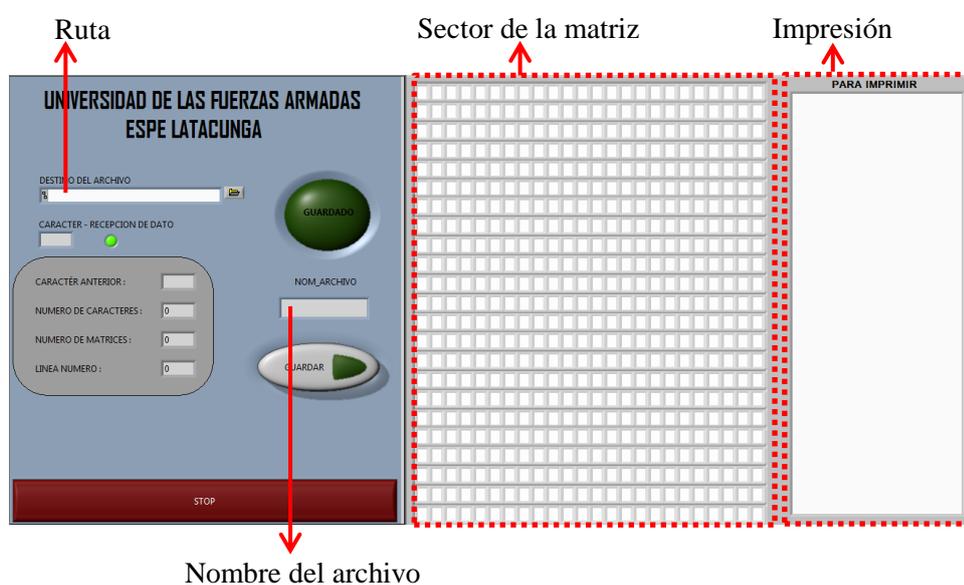


Figura 79 Nuevo documento por personas no videntes (pantalla3)

3.5.4 Línea Braille

Para esta pantalla es necesaria la presencia del tutor o persona a cargo ya que será la encargada de mover los motores, en la Figura 80 se observa el entorno gráfico.

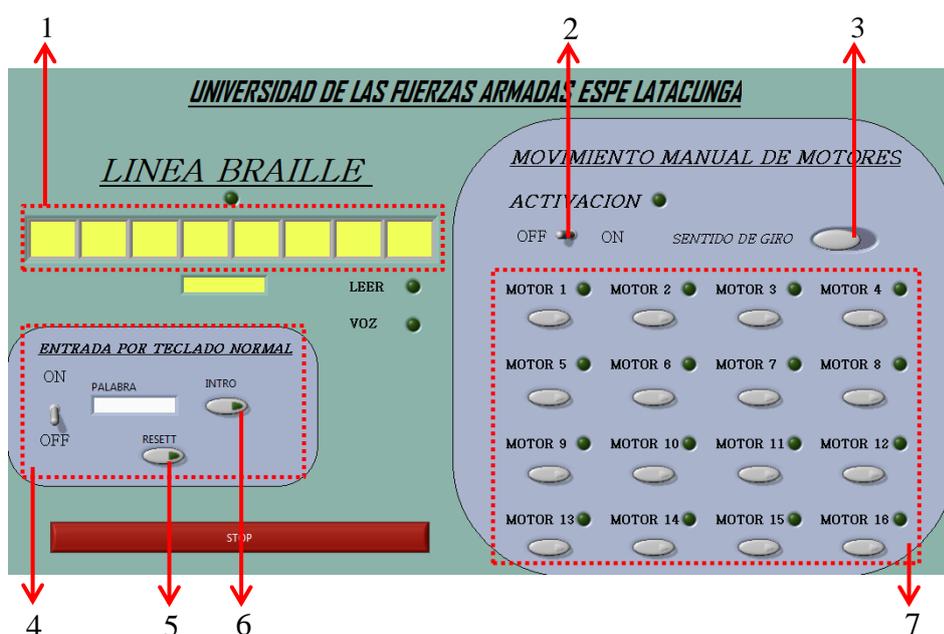


Figura 80 Línea Braille (pantalla4)

En donde 1 es la sección que mostrará las letras ingresadas por el teclado braille, 2 es la opción que permite o no mover los motores independientemente al activar esta opción se deberá seguir los pasos indicados por la voz que la Pc emitirá, 3 muestra el sentido de giro que se moverá el motor, 4 esta es la sección que el tutor podrá ingresar una palabra, una vez ingresada la palabra deberá presionar el botón INTRO, 5 permite borrar todo e ingresar una nueva palabra, 6 es el botón INTRO, 7 es la sección en la cual se encuentra el control de cada motor mientras se tenga presionado el motor se moverá.

3.5.5 Editor de texto normal

Esta pantalla es exclusiva para los tutores, ya que aquí se generan archivos .txt que posteriormente podrán imprimir dentro de una impresora Braille, al ingresar a esta opción aparecerá un mensaje el cual informa que primero debe ingresar el nombre del documento, mientras se ingresa el texto en la sección 1 se irán acomodando los datos en la matriz de la sección 2, en la Figura 81 se muestra el entorno gráfico.

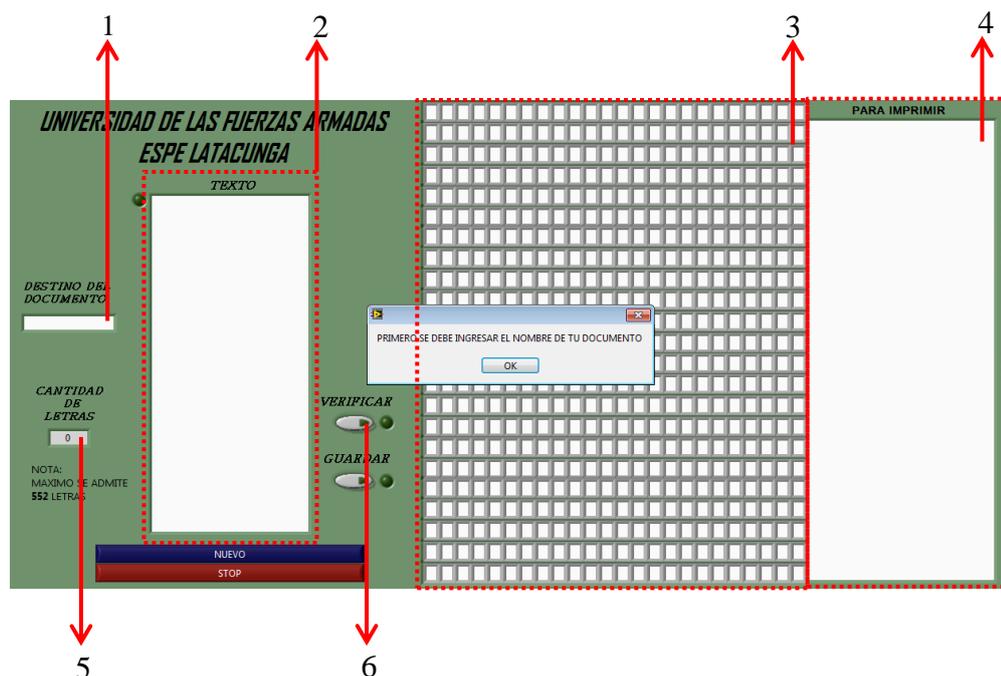


Figura 81 Nuevo documento por tutores (pantalla5)

Donde 1 es el lugar que se debe ingresar el nombre del archivo, una vez ingresado el nombre se activará la sección de texto, 2 sección de texto, cabe recalcar que en esta sección solo se deberá utilizar espacios NO el botón Enter, esto es porque este representa un símbolo \n que no es posible controlar en los bloques de labview, 3 representa la hoja que se imprimirá, 4 al presionar el botón guardar el texto aparecerá en esta sección la cual indica que se guardó con éxito, 5 aquí aparecerá la cantidad de caracteres dentro del documento, al llegar al carácter 552 emitirá un mensaje audible que se ha terminado la hoja y se deberá guardar y crear uno nuevo, 6 este botón permitirá actualizar el documento en el caso que se haya errado en algún carácter o se desee moverlo.

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS DE PRUEBAS Y RESULTADOS

Una vez implementado el teclado y línea Braille se procede a realizar pruebas de cada uno, esto permitirá analizar cuáles son las posibles fallas para así encontrar una solución y lograr que la máquina funcione de manera óptima.

4.1 Prueba del teclado Braille

En estas pruebas se analizan aspectos como la velocidad de adquisición y fiabilidad del dato enviado, así se logrará encontrar aspectos que se pueden optimizar y alcanzar un buen funcionamiento.

4.1.1 Velocidad de adquisición

Para esta prueba se envían datos que solo implique presionar un botón, en este caso son los caracteres de la Tabla 30.

Tabla 30

Codificación al presionar 1 botón para la línea Braille

Caracter	Botón
a	1
.	3
,	2

En la tabla 31 se observa la cantidad de veces enviadas, y el tiempo que demora en llegar el dato a la Pc.

Tabla 31

Envío de datos desde el teclado Braille (Prueba de tiempo)

Caracter	Datos enviados	Tiempo de retraso (S)	Datos Recibidos	Datos enviados	Tiempo de retraso (S)	Datos Recibidos
a	3	0	3	10	0	10
.	3	<1	3	10	2	10
,	3	2	3	10	5	10

4.1.2 Análisis

Los datos se enviaron de forma seguida desde el teclado Braille y se observó que todos los datos que se envían llegan pero existe un pequeño retraso que aumenta a medida que se emite más veces el caracter como se lo puede ver en la tabla 31, este fenómeno ocurre por el tiempo que se demora en reproducir el sonido al que pertenece el caracter enviado, por lo que se recomienda esperar que termine de reproducir la letra introducida para continuar con el siguiente, la Figura 82 muestra el ingreso de datos hacia la pantalla de Labview.

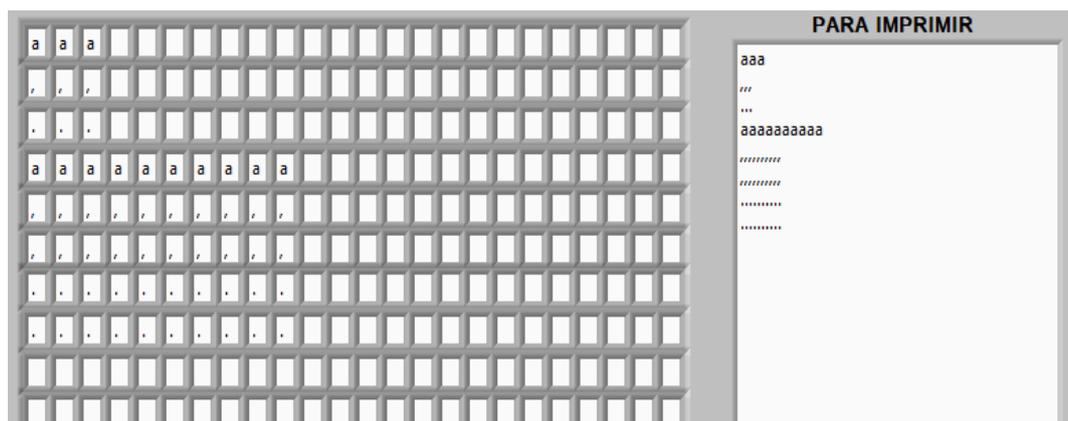


Figura 82 Prueba ingreso de datos (3segundos)

4.1.3 Fiabilidad del dato enviado

En esta prueba se envían 10 caracteres mostrados en la tabla 32 que implica presionar más de un botón a la vez y se confirmará el dato adquirido.

Tabla 32

Codificación para la línea Braille, más de un botón

Datos enviados			
Caracter	Botón	Caracter	Botón
b	1	c	1
	2		4
l	1	m	1
	2		3
	3		4
v	1	w	2
	2		4
	3		5
	6		6
ñ	1	q	1
	2		2
	4		3
	5		4
	6		5

En la tabla 33 se observa que dato se obtiene al ingresar los caracteres de la tabla 32, esta acción se realiza 3 veces por cada uno para así establecer resultados.

Tabla 33

Envío de datos desde el teclado Braille prueba de fiabilidad

Caracter	Primera vez	Segunda vez	Tercera vez
b	b	B	a
c	c	A	c
l	k	L	,
m	k	M	m
v	v	V	l
w	w	l	i
ñ	ñ	Ñ	a
q	q	Q	l

En la Figura 83 se observa la pantalla de labview donde se adquieren los datos de la tabla 33.

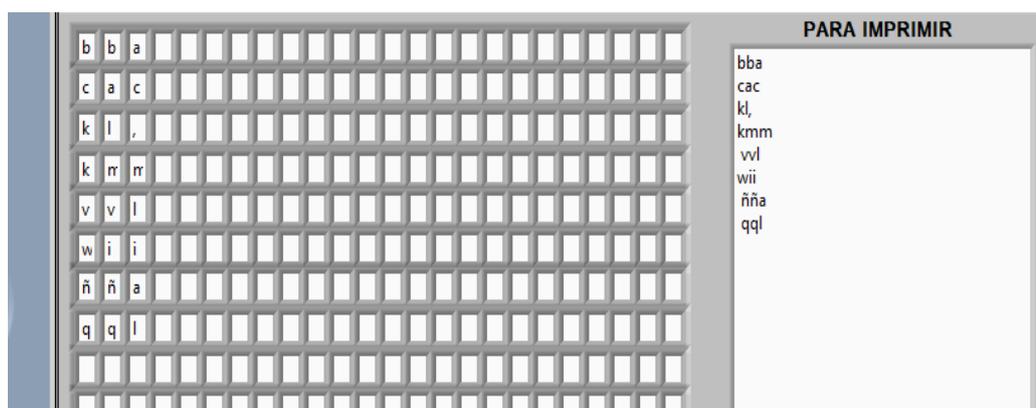


Figura 83 Prueba 1 ingreso de datos (Fiabilidad)

4.1.4 Análisis

A nivel general se puede evidenciar que al aumentar la cantidad de botones presionados el dato que recibe labview no es el que se presiona, esto acontece en el momento de soltar los botones ya que todos los dedos no se levantan las mismo tiempo, para comprobar esta hipótesis se prueba soltando bruscamente los botones y el dato efectivamente es correcto, para esto se deberá optimizar la programación en la tarjeta arduino.

4.1.5 Optimización de la programación para los botones

Dado que el valor a enviar cambia cada vez que se sueltan los botones se debe encontrar una alternativa que si ingresa al caracter deseado no cambie su valor, para esto se tendrá que organizar los caracteres por niveles y asegurar que al ingresar a un nivel superior no regresará a sus niveles inferiores, en la Tabla 34 se muestra los distintos niveles.

Tabla 34

Niveles de caracteres Braille

NIVELES DE CARACTERES BRAILLE									
Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4		Nivel 5	
Car.	Botones	Car.	Botones	Car.	Botones	Car.	Botones	Car.	Botones
a	100000	b	110000	d	100110	g	110110	ñ	110111
,	010000	c	100100	f	110100	n	101110	q	111110
.	001000	e	100010	h	110010	p	111100	y	101111
		i	010100	j	010110	r	111010	á	111011
		k	101000	l	111000	t	011110	ú	011111
		í	001100	m	101100	v	111001		
		:	010010	o	101010	w	010111		
		;	011000	s	011100	x	101101		
		?	010001	u	101001	z	101011		
		-	001001	ó	001101	é	011101		
		*	001010	(	110001	ü	110011		
		Mayu s.	000101	)	001110	=	011011		
				i	011010	Núm.	001111		
				×	010011				
				÷	010011				
				%	001011				
				“”	011001				
				+	011010				

Esta implementación permite restringir los niveles inferiores, para esto se debe modificar las condicionales if's dentro de la programación de Arduino.

4.1.6 Pruebas

En la tabla 35 se observan los resultados luego de haber implementado la programación de la tarjeta, para la prueba se ingresan los mismos caracteres de la Tabla 33.

Tabla 35

Envío de datos desde el teclado Braille prueba de fiabilidad rectificada

Carácter	Primera vez	Segunda vez	Tercera vez
b	b	B	b
c	c	C	c
l	l	L	l
m	m	M	m
v	v	V	v
w	w	W	w
ñ	ñ	Ñ	ñ
q	q	Q	q

En la Figura 84 se muestra la pantalla donde se ingresaron los datos.

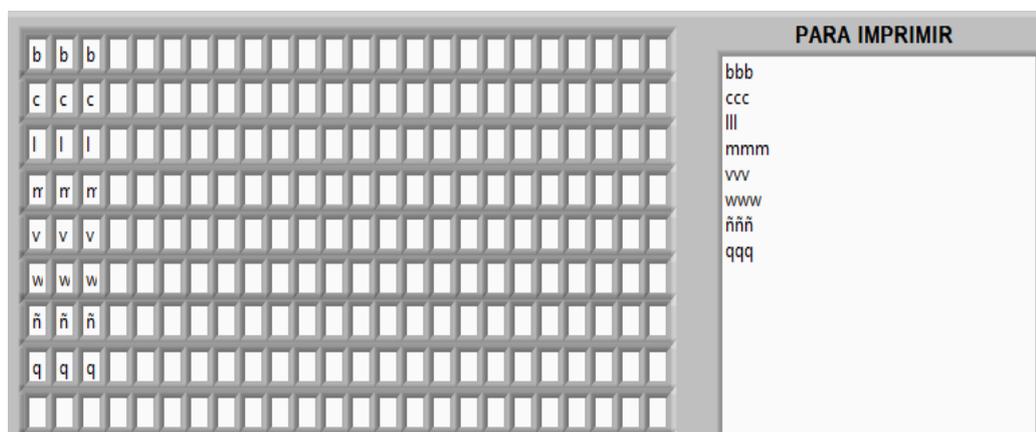


Figura 84 Prueba implementada ingreso de datos (Fiabilidad)

4.1.7 Análisis

Gracias a la implementación se receipta el dato ingresado en un 100% sin importar que la persona alce sus dedos indistintamente.

4.2 Prueba de la línea Braille

En el análisis se tiene el desplazamiento de los motores y la fiabilidad de leer los datos por parte de las personas no videntes.

4.2.1 Desplazamiento

En esta prueba se envían desde el computador un conjunto de letras los cuales se muestran en la línea y se podrá ver cuál es el desfase que poseen, en la tabla 36 se puede observar los datos obtenidos.

Tabla 36

Envío de datos hacia la línea Braille (prueba de desfase motores)

Prueba línea Braille					
Letras	Desfase [mm]	Letras	Desfase [mm]	Letras	Desfase [mm]
a	0	z	1	a	0
a	0	z	0	b	0
a	0	z	1	c	0,5
a	0	z	0	d	2
a	1,5	z	1,5	e	1
a	0	z	1	f	0,5
a	0	z	1	g	0
a	1	z	0	h	0

La Figura 85 muestra el envío de letras desde las pantallas desarrolladas en Labview.



Figura 85 Envío de datos hacia la line Braille

En la Figura 86 se confirma el desfase que existe al posicionar los motores.



Figura 86 Línea Braille Prueba de posición

4.2.2 Análisis

La tabla 36 efectivamente muestra que existe un desfase a la hora de posicionarse los motores, esto se da porque el motor tiene una caja reductora y de fábrica viene con un desfase en su eje que al octágono no le permite ser estable y al moverse tiende a perder unos pocos pasos, para solucionar esto se implementa una opción dentro de la interfaz que permita a la persona vidente desplazar el motor la distancia que falta y así completar la acción como se muestra en la Figura 87.



Figura 87 Implementación de opciones para motores

4.2.3 Prueba de lectura por parte de las personas no videntes

En la unidad especializada de no videntes existen 13 estudiantes entre niños y personas adultas de los cuales 2 niños y 4 adultos saben un poco del sistema braille.

Para la prueba se tomará a un niño y una persona adulta que lean la línea braille, los datos se encuentran en la tabla 37.

Tabla 37

Lectura de personas no videntes en la línea Braille

Lectura de Personas No Videntes					
Letra	Niño	Adulto	Letra	Niño	Adulto
m	✓	✓	S	✓	✓
a	✓	✓	E	✓	✓
m	-	✓	M	-	✓
a	✓	✓	A	✓	✓
			F	✓	✓
			O	✓	✓
			R	✓	✓
			O	✓	✓

En la Figura 88 se muestra a las personas no videntes interactuando con la línea Braille.



Figura 88 Interacción con el teclado – línea Braille

4.2.4 Análisis

Al observar los datos de la tabla 37 se concluyó que el niño al no poseer experiencia tiene problemas con la letra 3, como solución se alzarán los motores para así lograr mejor resolución de los puntos.

4.3 Validación de la hipótesis

La hipótesis planteada dentro del proyecto es:

¿Mediante la construcción de material tiflotécnico para el sistema braille se facilitará la enseñanza de lectura y escritura a niños y personas adultas de la Unidad Educativa Especializada de no Videntes de Cotopaxi?

- Variable Dependiente: Facilidad de lectura y escritura en niños y personas adultas.
- Variable Independiente: Teclado y Línea Braille.

Para validar la tesis es necesario utilizar métodos estadísticos que muestren a ciencia cierta si se cumple o no la hipótesis planteada, en este caso se utilizará la prueba Ji cuadrado (Navidi, 2006).

La prueba de Ji cuadrado se basa en “un estadístico de prueba que mide la cercanía entre los valores observados y los esperados”.

Para comprobar la hipótesis será necesario definir la hipótesis nula e hipótesis alternativa.

- Hipótesis Nula (H_0): La construcción de la línea y teclado Braille no facilitará la enseñanza de lectura y escritura a los niños y personas adultas con discapacidad visual.
- Hipótesis alternativa (H_1): La construcción de la línea y teclado Braille facilitará la enseñanza de lectura y escritura a los niños y personas adultas con discapacidad visual.

Ahora se pone la hipótesis nula en juicio, ósea afirmándola, y así medir la fuerza del desacuerdo entre la muestra y la hipótesis nula.

En la unidad educativa para personas no videntes se encuentran en total 13 estudiantes entre niños especiales (multiretos) de los cuales 9 son niños y 4 son personas adultas, de los dos grupos un niño y un adulto dominan el sistema Braille, sin embargo 1 niño y 3 adultos más se encuentran en proceso de aprendizaje.

Entonces se tomará a los 2 niños y 4 adultos para el análisis, esto quiere decir que se utilizará la población total que sabe algo referente al sistema braille como se observa en la Figura 89 y Figura 90.



Figura 89 Uso del teclado – línea Braille por niño no vidente



Figura 90 Uso del teclado – línea Braille por adulto no vidente

Una vez que interactuaron con el teclado y línea braille, se realizan preguntas cerradas para saber el interés y la ayuda que proporciona el equipo, así se podrá obtener los valores observados (O_{ij}), los resultados se despliegan en la Tabla 38.

Tabla 38**Datos respondidos por no videntes (Valores Observados)**

Pregunta	Ponderación			
	Si	Más o Menos	No	total
¿Siente comodidad a la hora de interactuar con la voz del programa?	5	0	1	6
¿Cree usted que al escuchar la letra que presionó le ayuda a comprender los puntos pertenecientes a la matriz Braille?	2	4	0	6
¿Al utilizar el teclado Braille se detiene a razonar que puntos de la matriz presiona?	6	0	0	6
¿Los puntos dentro de la línea braille son tangibles a su tacto?	4	0	2	6
¿Cree usted que al leer en la línea Braille las letras que ingreso con el teclado Braille contribuye en su aprendizaje?	5	1	0	6
¿Le gusta la idea de poder crear documentos propios en sistema Braille para posteriormente poderlos imprimir?	6	0	0	6
Total	28	5	3	36

Después de recolectar los datos es hora de calcular los valores esperados (E_{ij}), los cuales se basan en los datos obtenidos en la tabla 38 aplicando la Ec.4.1, para obtener los valores de la Tabla 39

$$E_{ij} = \frac{O_i * O_j}{O}$$

Ec. 4. 1

En donde:

O_i : Valor Observado.

E_{ij} : Valor esperado.

O : Valor Total Global.

Tabla 39

Datos respondidos por no videntes (Valores Esperados)

Pregunta	Ponderación		
	Si	Más o menos	No
¿Siente comodidad a la hora de interactuar con la voz del programa?	4,67	0,83	0,5
¿Cree usted que al escuchar la letra que presionó le ayuda a comprender los puntos pertenecientes a la matriz Braille?	4,67	0,83	0,5
¿Al utilizar el teclado Braille se detiene a razonar que puntos de la matriz presiona?	4,67	0,83	0,5
¿Los puntos dentro de la línea braille son tangibles a su tacto?	4,67	0,83	0,5
¿Cree usted que al leer en la línea Braille las letras que ingreso con el teclado Braille contribuye en su aprendizaje?	4,67	0,83	0,5
¿Le gusta la idea de poder crear documentos propios en sistema Braille para posteriormente poderlos imprimir?	4,67	0,83	0,5

Para encontrar el valor de J_i cuadrado total, se utilizan los valores observados (O_{ij}) y esperados (E_{ij}), mediante la Ec.4.2 se obtienen los datos de J_i cuadrado parciales para luego realizar la sumatoria y encontrar J_i cuadrado total como se muestran en la Tabla 40.

$$x^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{(O_{ij}-E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad \text{Ec. 4. 2}$$

En donde:

x^2 : Ji cuadrado

I : Número de filas

J : Número de columnas

Tabla 40

Datos respondidos por no videntes (Valores Esperados)

Pregunta	Ponderación		
	Si	Más o menos	No
¿Siente comodidad a la hora de interactuar con la voz del programa?	0,023	0,833	0,5
¿Cree usted que al escuchar la letra que presionó le ayuda a comprender los puntos pertenecientes a la matriz Braille?	1,524	12,033	0,5
¿Al utilizar el teclado Braille se detiene a razonar que puntos de la matriz presiona?	0,381	0,833	0,5
¿Los puntos dentro de la línea braille son tangibles a su tacto?	0,095	0,833	4,5
¿Cree usted que al leer en la línea Braille las letras que ingreso con el teclado Braille contribuye en su aprendizaje?	0,023	0,833	0,5
¿Le gusta la idea de poder crear documentos propios en sistema Braille para posteriormente poderlos imprimir?	0,381	0,833	0,5
Total	2,428	15,4	7
X² Calculado	24,828		

Según (Navidi, 2006) “Bajo H_0 este estadístico de prueba tiene una distribución J_i cuadrada como $(I-1)*(J-1)$ grados de libertad” los que indican una categorización obteniéndose mediante la fórmula indicada en la Ec.4.3.

$$G_D = (I - 1) \times (J - 1) \quad \text{Ec. 4. 3}$$

$$G_D = (6 - 1) \times (3 - 1)$$

$$G_D = 10$$

Se a estimando un nivel de confianza del 0,05 para así asegurar que la hipótesis sea rechazada o validada, y obteniendo un grado de libertad de 10, se puede ir al ANEXO G para encontrar el valor de Ji-cuadrado.

Dado que el valor tabulado es 18,307 y el valor de Ji cuadrado calculado es de 24,828 y de acuerdo a la condición:

$$x^2_{calculado} > x^2_{Tabulado}$$

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, comprobando que la construcción de la línea y teclado Braille facilitará la enseñanza de lectura y escritura a los niños y personas adultas con discapacidad visual.

4.4 Análisis de costos

Una vez culminadas las fases de diseño, implementación y pruebas de funcionamiento es necesario indicar el valor económico que se ha invertido para el desarrollo del proyecto, en la Tabla 41 se muestra el presupuesto total empleado.

Tabla 41

Análisis de costos

Cantidad	Descripción	Precio U.	Total
16	Motores PAP 28BYJ-48	8.00	128.00
16	Módulos A4988	14.00	224.00
2	Motores OEM car central Locking	6.00	12.00
1	Arduino 2560	80.00	80.00
1	Fuente	40.00	40.00
2	Acrílico 2mm	30.00	60.00
1	Acrílico 4mm	40.00	40.00
1/4	Acrílico 9mm	200.00	50.00
10	Cables UTP	0.80	8.00
7	Cables corriente calibre 14	1.20	8.40

3	Baquelita	8,00	24.00
-	Material para placas electrónicas	-	60.00
-	Otros	-	40.00
TOTAL			774.44

También existieron gastos variables como se muestra en la Tabla 42.

Tabla 42

Costos Variables

Cantidad	Descripción	Valor unitario	Valor total
120	Horas Cortadora Láser	12.00	1,440.00
TOTAL			1,440.00

Cabe recalcar que el corte de toda la maquina se realizó dentro del laboratorio CNC de la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE LATACUNGA, en la tesis de (Lugmania & Vásquez, 2015), por lo que se toma como costo variable, Teniendo un costo total de 2,214.44

4.4.1 Análisis costo - beneficio

Dentro de la tecnología para personas no videntes existe una gran variedad de teclados – línea braille que se detallan en la Tabla 43.

Tabla 43

Teclados – líneas Braille en el mercado Estadounidense

Dispositivo	Descripción	Precio
<p>HumanWare BrailleNote Apex BT 32 Braille Notetaker (humanware, 2015)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Posee una regleta de 30 celdas Braille de alta calidad. • Opciones como acceder a páginas Web, descargar correos electrónicos. • Delgado y ligero. • Batería reemplazable por el usuario Conveniente. 	\$ 5,495.00
<p>VoiceNote Apex BT (humanware, 2015)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a páginas Web, descargar correos electrónicos. • Inalámbricos y conectividad a los teclados. • Es utilizado para navegar con su lector de pantalla del ordenador utilizando el modo de terminal Braille. 	\$ 1,995.00
<p>Braille EDGE 40 (sightandsound, 2015)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 40 celdas. • teclado estilo Perkins. • Interfaz USB, Bluetooth. • Batería de 20 horas de duración de la batería (recargable) • Compatibilidad JAWS • Tamaño 310x 101.5x 22,5 mm • Peso 785G / 1.73lbs 	\$ 2,095.00

El equipo VoiceNote Apex BT es el de más bajo costo con 1,995.00 dólares en estados unidos, sin embargo este equipo no cuenta con una línea braille y el HumanWare BrailleNote Apex BT 32 Braille Notetaker es un equipo completo pero su valor es de 5,495.00 dólares en estados unidos.

La máquina descrita en el presente proyecto tiene un costo de 774.44 sin asumir el costo variable, por tal motivo lo hace viable y beneficioso frente a las tecnologías existentes dentro del mercado.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se desarrolló y concluyó con éxito el diseño e implementación del teclado y línea Braille para niños y personas adultas de la Unidad Especializada de No Videntes que permite la creación de documentos que posteriormente pueden ser impresos.
- Se realizó una investigación del sistema Braille para conocer la distribución y combinaciones existentes de puntos dentro de la matriz Braille.
- Se implementó sonidos para cada acción que la persona no vidente realice mientras utiliza el teclado y línea braille, esto aporta a la persona ya que logra saber el dato que ingresa hacia su documento.
- Gracias al apoyo de la Lic. Belén Chiluisa se logró conocer el método de enseñanza para niños y personas adultas y en base a ello se consideró el diseño óptimo para la enseñanza.
- Se analizó y rectificó las posibles fallas dentro del teclado y línea braille junto a las educadoras del instituto, Lic. Jenny Chasi y Lic. Belén Chiluisa
- Se comprobó que los niños y personas adultas de la institución luego de las mejoras de la línea Braille logran entender cada punto de la misma, contribuyendo al desarrollo de su sentido sensorial.
- En base a las propiedades mecánicas y fórmulas matemáticas de materiales pre seleccionados se comprobó que el material óptimo para la construcción es el acrílico, brindando un factor de seguridad adecuado para la máquina.
- Se comprobó mediante software y fórmulas prescritas del libro de MOTT que los parantes son suficientemente rígidos para soportar las cargas a las que son sometidos por los motores.

- Gracias a la colaboración del Ingeniero Fausto Acuña Director del proyecto encargado del laboratorio de CAD, se logró cortar todas las piezas de acrílico en la cortadora láser para posteriormente utilizar acrílico líquido y garantizar sus uniones.
- Luego de la mejora en la programación de Arduino se logró adquirir el dato correcto no importando el modo que se suelten los botones.
- Se logró analizar las posibles fallas de los botones, cambiando botones electrónicos que tienen vida útil marcada por botones mecánicos.
- En la interfaz gráfica se implementó cinco pantallas que permiten escoger entre 3 opciones diferentes que aportan a la enseñanza de la persona no vidente, siendo la primera opción exclusiva para la persona no vidente para la creación de documentos .txt, la segunda una lectura de palabras en el sistema braille y por último la tercera opción que permite redactar un documento por el tutor para posteriormente ser impreso.
- Se logró un diseño ergonómico para que las personas no videntes puedan encontrar con facilidad los diferentes botones existentes en el teclado braille., siendo estos guardar, repetir el último carácter (sonido), Enter, borrar.
- El proyecto desarrollado es útil, ya que se pudo observar un gran interés por parte de las personas no videntes y las profesoras que se refleja en la comprobación de la hipótesis, aportando al aprendizaje y vinculación de las mismas, a tecnologías desarrolladas exclusivamente enfocadas en sus necesidades.

5.2 Recomendaciones

- Una vez culminado el proyecto con éxito se recomienda encontrar otro método para los actuadores de la línea braille, permitiendo ser utilizados sin la asesoría del tutor, sin embargo para este proyecto el tutor supo manifestar que le daría aplicaciones a la línea braille como tomar lecciones y realizar el reconocimiento de palabras que la persona no vidente ingresa mediante el teclado braille, aportando a su aprendizaje.
- Teniendo 2 motores de desplazamiento lineal para la carcasa, se recomienda cambiarlos cada 100.000 palabras ya que esta es la vida útil que garantiza el diseñador de los mismos.
- Al utilizar el software incluido en el teclado y línea braille es recomendable atender a las instrucciones que la Pc indica en forma audible, y así aprovechar al máximo las opciones y características implementadas.
- Para realizar este tipo de proyectos de vinculación es necesario un acercamiento con las personas no videntes ya que permiten conocer el sistema de aprendizaje y realizar un diseño familiar para facilitar su utilización.
- Para el corte de los parantes para los motores se recomienda utilizar una cortadora de mayor resolución ya que esta es la que define la altura de los puntos de la línea braille, dentro del proyecto se utilizó pequeñas alzas para lograr que los puntos sean sensibles al tacto de las personas.
- Es recomendable encontrar un tipo de algoritmo que permita adquirir un solo dato desde el teclado braille, ya que la persona no vidente irá presionando botón a botón y el dato va cambiando, dado esto en el presente proyecto se adquieren los datos una vez que la persona no vidente suelta todos los botones.
- La pantalla 3 que se refiere a generar un documento por la persona vidente para posteriormente ser impreso, se recomienda no utilizar el botón Enter, ya que este genera un código “\n” que labview no

reconoce, por tal motivo la persona que utilice esta pantalla deberá utilizar únicamente el botón “espacio” que funcionara como Enter para posicionar dentro de la hoja.

- Para la construcción de teclado braille se recomienda utilizar botones mecánicos que no tengan vida útil marcada como es el caso de los botones electrónicos ya que serán utilizados constantemente.
- Como se utiliza la escritura acumulativa en el teclado braille, se recomienda no soltar los botones hasta que se haya llegado a su configuración y así se logra la adquisición del dato correctamente.
- Al realizar proyectos similares se recomienda implementar una línea Braille con mayor número de caracteres y así lograr reproducir en ella oraciones completas.

BIBLIOGRAFÍA

- Antón, A. (2010). Programas y apoyos técnicos para favorecer la accesibilidad en la universidad. *Revista Apertura*, 1-3.
- Bueno, M. M. (Octubre de 2004). *Manual Digital de Signografía Braille*. Obtenido de juntadeandalucia.
- Bustos, D. C., & Cobo, S. E. (2011). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE DISPLAY TÁCTIL PARA PERSONAS NO VIDENTES*. Latacunga: Tesis.
- CCétares Salas, A. (2005). *Sisitema de enseñanza del código Braille para niños con limitaciones Visuales*. Bogotá: Tesis.
- Chávez Vizuite, P. S. (2015). *Diseño de un sistema informativo de orientación espacial para personas con discapacidad visual en el entorno del servicio de transporte público masivo Ecovía*. Quito: Tesis.
- Cuenca, F. (mayo de 2007). *MOTORES PASO A PASO*. San Carlos de Bariloche, Argentina.
- Doménech Riera, X. (2010). Historia de la Tiflotecnología en España. *NSU Revista sobre Personas, Diseño y tecnología (ISSN 1886 8592)*.
- Juárez García, I. (2010). *Dispositivo de lectura para invidentes basado en el sistema Braille*. México, D.F.: Tesis.
- Lugmania, C. S., & Vásquez, W. E. (2015). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CORTADORA POR LÁSER DE DIÓXIDO DE CARBONO CON CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO PARA EL LABORATORIO CNC DE LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA*. Latacunga.
- MACKEN, C. (1954). LA ESCRITURA BRAILLE EN EL MUNDO. *UNESCO PUBLICATION*, 7-40.
- Marti, R. (2008). Poner puntos en relieve: el braille. *Revista Algarabía*, 36-39.
- Ministerio de Educación España. (2008). *EDUCACIÓN INCLUSIVA: Discapacidad visual, Módulo 5*.
- Moreno Carmona, a. (2009). *Modelado del sistema TECBRAI (Tecnología 3ª)*. México D.F.: Tesis.
- Moreno, S. (2000). *Educación y nuevas tecnologías*. Madrid: ONCE.

- MOTT, R. (2009). *Resistencia de Materiales*. México D.F.: Pearson Education.
- Navidi, W. (2006). *Estadística para ingenieros y científicos*. Mexico D.F.: McGraw-Hill.
- Pegalajar, M. (2013). TIFLOTECNOLOGÍA E INCLUSIÓN EDUCATIVA. *Revista Electrónica de Investigación y Docencia (REID)*, 8-22.
- Peña, G. A. (2009). ¿ Cómo se puede acercar el diseño y la información a las personas ciegas, con base en los fundamentos del diseño para todos? *MX Design Conference* (pág. 20). México: MX Design Conference.
- Vaca Andrade, J. J., & Espinel Sigcha, F. X. (2012). *Sistema Electrónico para la inclusión de no videntes en la actividad laboral de manejo de estanterías de biblioteca*. Sangolquí: Tesis.

LINKOGRAFÍA

- APPLE. (2015). *APPLE*. Recuperado el 10 de octubre de 2014, de <https://www.apple.com/es/accessibility/ios/voiceover/>
- BAUM. (2014). *BAUMUSA*. Recuperado el 20 de octubre de 2014, de <http://www.baumusa.com/braille-solutions/nueva-varioultra.html>
- Carletti J. , E. (2007). *Robots, Pasión por la Robótica*. Recuperado el 30 de octubre de 2014 de http://robots-argentina.com.ar/Actuadores_musculosalambre.htm
- CIMCO Integration. (4 de Diciembre de 2013). *CIMCO* . Recuperado el 10 de Noviembre del 2014, de http://www.cimco.com/docs/cimco_dnc-max/v7/es/#SerialComStandards
- CONADIS. (mayo de 2013). *consejodiscapacidades*. Recuperado el 13 de octubre de 2014, de [consejodiscapacidades: http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/conadis_registro_nacional_discapacidades.pdf](http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/conadis_registro_nacional_discapacidades.pdf)
- Cortés Ramírez, U. (1 de Marzo de 2011). *Community*. Recuperado el 1 de Octubre de 2015, de <https://decibel.ni.com/content/people/iUlises/blog/2011/03/01/salida-de-audio-con-labview>
- Ditecom. (2009). Recuperado el 21 de Octubre de 2015, de <http://www.ditecom.com/instrumentacion/tarjetas-adquisicion-datos.shtml>
- EcuadorInmediato. (31 de Julio de 2011). *EcuadorInmediato*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015, de http://ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=154825&umt=ministerio_educacion_entrego_52_maquinas_perkins_para_estudiantes_con_discapacidad_visual
- Electronilab. (2015). Recuperado el 20 de octubre de 2015, de <http://electronilab.co/tienda/motor-paso-a-paso-nema-17-25-oz-in-200-pasosvuelta/>
- FIME. (1 de Mayo de 2012). *FIME - ITS*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2014, de <http://danimtzc.blogspot.com/2012/05/tipos-de-arduino-y-sus-funciones.html>

- Fisica Practica. (2007). *FisicaPractica*. Recuperado el 10 de Mayo del 2015, de <http://www.fisicapractica.com/campo-magnetico.php>
- Freedom Scientific. (2015). *Freedom Scientific*. Recuperado el 25 de Mayo del 2015, de <http://www.freedomscientific.com/Products/Blindness/Focus14BrailleDisplay>
- FreeSensors. (2014). *FreeSensors*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2015, de Pines Arduino: <https://sites.google.com/site/freesensors/shields/pines-arduino>
- García, C. (13 de Marzo de 2012). *eltopodealejandria*. Recuperado el 13 de Octubre de 2014, de <http://eltopodealejandria.blogspot.com/2012/03/012-el-braille-en-america-latina.html>
- Garcia, F. (26 de Marzo de 2010). *aecidcf*. Recuperado el 1 de junio del 2015, de http://www.aecidcf.org.uy/index.php/documentos/doc_download/36-estenografia.pdf
- Humanware see things, differently. (2005). *humanware*. Recuperado el 10 de junio del 2015, de <http://store.humanware.com/hus/brailnote-apex-bt-32-braille-notetaker.html>
- Instituto de Tecnologías Educativas. (2013). *ite*. Recuperado el 13 de Octubre de 2014, de http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_5/m5_sistema_braille.htm
- Instituto de Tecnologías Educativas. (2013). *ITE*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2015, de ITE: http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_5/m5_sistema_braille.htm
- Intel. (2014). Recuperado el 21 de Octubre de 2015, de https://engage.intel.com/servlet/JiveServlet/previewBody/50545-102-1-62396/Es_Intel_Galileo_Ficha_Tecnica.pdf
- KREA. (15 de Julio de 2013). *KREASYSTEMS*. Recuperado el 23 de septiembre del 2015, de <http://www.kreasystems.com/rotulacion-en-braille-que-es-y-quien-la-invento/>
- Martínez, I., & Polo, L. (2004). *ONCE*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2014, de

<http://educacion.once.es/appdocumentos/educa/prod/Guia%20didactica%20lectoescritura%20braille.pdf>

Ministerio de Educación Ecuador. (2011). *Ministerio de Educación Ecuador*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015, de <http://educacion.gob.ec/estrategias/>

Ministerio de Educación España. (2008). *Educación Inclusiva: Discapacidad Visual*. Recuperado el Diciembre de 2014, de http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/pdf/m5_dv.pdf

Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información - Ecuador. (30 de Mayo de 2015). *Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información - Ecuador*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/proyecto-ganador-de-la-categoria-software-del-concurso-innovatic-apoya-a-las-personas-no-videntes/>

Mora, S. L. (23 de Diciembre de 2006). *Accesibilidad en la Web*. Recuperado el 13 de Octubre de 2014, de <http://accesibilidadenlaweb.blogspot.com/2006/12/qu-es-una-linea-o-teclado-braille.html>

Morales Berrocal. (2002). *Nuevas Tecnologías Y Deficiencia Visual: LA TIFLOTECNOLOGÍA*. Recuperado el 10 de enero de 2015, de barbacana: http://barbacana.net/moramerchan/system/files/Tema12_0.pdf

National Instruments. (2014). *National Instruments*. Obtenido de <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

Nextiafenix. (2014). Recuperado el 20 de octubre de 2015, de <http://www.nextiafenix.com/producto/micro-motor-a-pasos-nidec/>

OEM. (2010). *Aliexpress*. Recuperado el 1 de Octubre de 2015, de <http://es.aliexpress.com/item/Car-Central-Locking-2-Wire-Single-Gun-Type-Power-Door-Lock-Actuator-Motor-12V-Auto-Door/32391145577.html>

PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR. (2013). *buenvivir*. Recuperado el 13 de Octubre de 2014, de <http://www.buenvivir.gob.ec/el-socialismo-del-buen-vivir>

- PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR. (2013). *BUENVIVIR*. Recuperado el 21 de febrero del 2015, de <http://www.buenvivir.gob.ec/el-socialismo-del-buen-vivir>
- Platea. (2010). Recuperado el 21 de Octubre de 2015, de http://platea.pntic.mec.es/~mhidalgo/documentos/02_PlataformaArduino.pdf
- Pololu. (2001). *Pololu Corporation*. Recuperado el 10 de febrero de 2015, de Pololu Corporation: <https://www.pololu.com/product/1182>
- Portalelectrozona. (2008). *Electricidad Industrial Portal Electrozona*. Recuperado el 25 de marzo del 2015, de http://www.portalelectrozona.com/pdf/electricidad_industrial/RELES_EZ.pdf
- Prometec. (2014). Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://www.prometec.net/motor-28byj-48/>
- RODO BARILOCHE. (2012). *Física Experimental II*. Recuperado el 30 de enero del 2015, de http://www.ib.edu.ar/FisicaExperimental/images/1/10/Introduccion_Labview_01.pdf
- Sightandsound. (2015). Recuperado el 27 de Octubre de 2015, de <http://www.sightandsound.co.uk/shop/products.php?product=Braille-EDGE-40>
- Sotomayor, Y. (13 de 09 de 2012). *PRATP*. Recuperado el 18 de Diciembre del 2014, de <http://pratp.upr.edu/blog/nvda-non-visual-desktop-access-un-lector-de-pantalla-para-todos>
- Universidad Cuskal Herriko. (2004). *SC Sistema de Adquisición de Datos*. Recuperado el 13 de Abril de 2014, de [http://www.sc.ehu.es/acwamurc/EATD/Transparencias/\(4\)TAD.pdf](http://www.sc.ehu.es/acwamurc/EATD/Transparencias/(4)TAD.pdf)
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. (2015). *UPM*. Recuperado el 25 de Mayo de 2014, de <http://www.upm.es/institucional/UPM/CompromisoSocial/UnidadAtencionDiscapacidad/ArticulosRelacionados/6220598b7e8cc310VgnVCM10000009c7648aRCRD>
- VICEPRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (Noviembre de 2011). *educacion*. Recuperado el 13 de Octubre de 2014, de http://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/Modulo_Trabajo_EI.pdf

VICEPRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (Noviembre de 2011). *EDUCACIÓN*. Recuperado el 15 de enero de 2014, de http://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/Modulo_Trabajo_EI.pdf

ANEXOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

Se certifica que el presente trabajo fue:

Desarrollado por:

DANILO NAPOLEÓN
CHERRÉS ARGUELLO

Aprobado por:

ING. FAUSTO ACUÑA
DIRECTOR DE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN

ING. VICENTE HALLO
DIRECTOR DE CARRERA DE
INGENIERÍA MECATRÓNICA

DR. FREDDY JARAMILLO
SECRETARIO ACADÉMICO