



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Electrónica

GENERADOR ELECTRÓNICO DE CÓDIGO
BRAILLE EN LA INCLUSIÓN EDUCATIVA DE
PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL DE UN
CENTRO EDUCATIVO DE TRUJILLO, 2021

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

Autor:

Luis Jose Vargas Leon

Asesor:

Mg. Rolando Javier Berrú Beltrán

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, en especial a mis queridos padres, Jesús Vargas Turriate y Flor de María León Mora por el apoyo y preocupación por que cumpla una de mis metas profesionales.

Una mención honrosa a mis queridos abuelos Constante Ysmael León Plasencia y Alicia Mora Gutiérrez, personas de la cuales ya no comparto su compañía física, sin embargo, sus recuerdos y enseñanzas son pilares importantes de mi formación como profesional y sobre todo como persona. Además, al ingeniero Carlos Caro Ríos, amigo de innumerables tertulias técnicas Q.E.P.D. y a mi querida tía María Antonieta León Mora por su incondicional apoyo y preocupación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a mis padres, a mis queridos y ausentes abuelos, a mi querida tía María Antonieta y a mis amigos, quienes con sus experiencias, conocimientos y consejos me ayudaron a afrontar algunas materias.

Además, un agradecimiento especial a la docente Milagros Casas por su ayuda en la elaboración de esta investigación gracias a su gran experiencia y conocimiento en docencia de personas con discapacidad visual y a la
Institución Tulio Herrera León.

Y por último y no menos importante a los docentes de la Universidad Privada del Norte, por sus enseñanzas.

A todos ellos, muchas Gracias.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
INDICE DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Tipo de investigación	34
1.3. Objetivos	34
1.3.1. Objetivo general	34
1.3.2. Objetivo general	34
1.4. Hipótesis	34
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	35
2.1. Tipo de investigación	35
2.2. Población y muestra	36
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	36
2.4. Procedimiento	38
CAPÍTULO III. RESULTADOS	51
3.1. Análisis del indicador de velocidad de lectura braille promedio	51
3.2. Análisis del indicador de velocidad de escritura braille promedio	53
3.3. Análisis del indicador de grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de lectura braille	56

3.4. Análisis del indicador de grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de escritura braille	59
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	62
4.1 Discusión	62
4.2 Conclusiones	65
4.3 Recomendaciones	66
REFERENCIAS	68
ANEXO 1: Matriz de consistencia	72
ANEXO 2: Matriz de operacionalización	74
ANEXO 3: Instrumento de medición 1	75
ANEXO 4: Instrumento de medición 2	76
ANEXO 5: Instrumento de medición 3	77
ANEXO 6: Instrumento de medición 4	78
ANEXO 7: Matriz de validación de expertos de instrumento 1	79
ANEXO 8: Matriz de validación de expertos de instrumento 2	80
ANEXO 9: Matriz de validación de expertos de instrumento 3	81
ANEXO 10: Matriz de validación de expertos de instrumento 4	82
ANEXO 11: Carta de aceptación para realizar investigación	83
ANEXO 12: Constancia de realización de proyecto de investigación	84
ANEXO 13: Cronograma	85
ANEXO 14: Pruebas de normalidad de indicador de velocidad de lectura Braille	86
ANEXO 15: Pruebas de normalidad de indicador de velocidad de escritura braille	87
ANEXO 16: Pruebas de normalidad de indicador de satisfacción de aprendizaje de lectura Braille	88
ANEXO 17: Pruebas de normalidad de indicador de satisfacción de aprendizaje de escritura Braille	89
ANEXO 18: Documentación de desarrollo	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	45
Valores de ponderación por variable para el cálculo del nivel de satisfacción en el aprendizaje de lectura braille	45
Tabla 2.....	45
Valor de ponderación para nivel de satisfacción en el aprendizaje de lectura braille	45
Tabla 3.....	46
Valores de ponderación por variable para el cálculo del nivel de satisfacción en el aprendizaje de escritura braille	46
Tabla 4.....	46
Valor de ponderación para nivel de satisfacción en el aprendizaje de escritura braille	46
Tabla 5.....	47
Recolección de datos con la ficha de observación 1 y 2 y los cuestionarios 1 y 2, antes de implementar el generador de código braille electrónico.	47
Tabla 6.....	49
Recolección de datos con la ficha de observación 1 y 2 y los cuestionarios 1 y 2, después de implementar el generador de código braille electrónico.	49
Tabla 7.....	51
Velocidad promedio de lectura braille	51
Tabla 8.....	53
Velocidad promedio de escritura braille	53
Tabla 9.....	56
Grado de satisfacción del estudiante con el método de aprendizaje de lectura braille	56
Tabla 10.....	59
Grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de escritura braille	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: “Diseño de impresora Braille a partir de impresora de matriz de puntos” Villalobos, Esparza y Muñoz (2018).....	18
Figura 2: Alfabeto Braille Villalobos, Esparza y Muñoz (2018),	26
Figura 3: PCB. (pcbperu, 2017)	28
Figura 4: Placa Arduino Mega.....	29
Figura 5. Servomotor yaskawa, [Ilustración 2].	29
Figura 6: Una Metodología para el desarrollo de hardware y software embebidos en sistemas críticos de seguridad.....	32
Figura 7: Tipo de investigación	35
Figura 8: Técnicas e instrumentos	38
Figura 9: Ejemplo de toma de muestra en velocidad de lectura (Caracteres por minuto).....	41
Figura 10: Ejemplo de toma de muestra en velocidad de escritura (Caracteres por minuto)	42
Figura 11: Análisis estadístico con prueba T de student con la extensión XLSTATS del software Microsoft Excel	52
Figura 12: Resultados de XLSTATS en t de student, pre y post test en la velocidad de lectura braille promedio.....	52
Figura 13: Evaluación de la zona de aceptación o rechazo de la velocidad de lectura braille.....	52
Figura 14: Análisis estadístico con prueba T de student con la extensión XLSTATS del software Microsoft Excel	54
Figura 15: Resultados de XLSTATS en t de student, pre y post test en la velocidad de lectura braille promedio.....	54
Figura 16: Evaluación de la zona de aceptación o rechazo de la velocidad de escritura braille....	55
Figura 17: Análisis estadístico con prueba T de student con la extensión XLSTATS del software Microsoft Excel	57
Figura 18: Resultados XLSTATS, t de student pre y post test en el grado de satisfacción de aprendizaje de lectura braille	57
Figura 19: Evaluación zona de aceptación o rechazo de grado de satisfacción en aprendizaje de lectura braille	58
Figura 20: Análisis estadístico con prueba T de student con la extensión XLSTATS del software Microsoft Excel	60

Figura 21: Resultados de XLSTATS, t de student, pre y post test en grado de satisfacción de aprendizaje de escritura braille	60
Figura 22: Evaluación zona de aceptación o rechazo de grado de satisfacción aprendizaje de escritura braille.	61
Figura 23: Requerimientos del proyecto de investigación	91
Figura 24: Letras “d” y “a” en braille en tinta y en papel	92
Figura 25: Letra “n” en matriz táctil (Autocad 3D)	92
Figura 27: Medidas de celda braille	93
Figura 28: Línea braille.....	94
Figura 29: Teclado braille diseñado (nueva posición de manos).....	95
Figura 30: Diseño de celdas y matriz de celdas braille, en autocad	97
Figura 31: Armado de celda braille	98
.....	98
Figura 32: Generador electrónico de código Braille.....	98
Figura 33: Secuencia de menú de equipo	99

ÍNDICE DE ECUACIONES

Velocidad de lectura promedio (vlp):.....	44
Ecuación 1: Fórmula para obtener la velocidad de lectura promedio	44
Ecuación 2: Fórmula para obtener la velocidad de escritura promedio	44
Ecuación 3: Fórmula para obtener el nivel de satisfacción de aprendizaje de lectura Braille	45
Ecuación 4: Fórmula para obtener el nivel de satisfacción de aprendizaje de escritura Braille	46
Ecuación 5: Fórmula de eficiencia en la escritura braille (cantidad de recursos utilizados).....	47

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación es el diseño, fabricación, implementación y prueba de un dispositivo electrónico para mejorar la velocidad de lectoescritura braille en personas con discapacidad visual. Este equipo cuenta con 10 celdas braille que modifican su contenido de acuerdo con la opción seleccionada. En el modo lectura, el equipo muestra códigos braille en sus celdas para ser leídas por el usuario de manera táctil y corroboradas por audio. Además, se puede ingresar texto por un teclado en forma de celda braille, mostrarlo en las celdas y escuchar que escribió el usuario. Sumado a esto, el equipo tiene un menú con niveles de complejidad de lectoescritura y toda la navegación por el menú es por una perrilla y a la vez por audio, se informa en que parte del menú u opción elige el usuario. Se obtuvieron resultados positivos logrando aumentar los índices de velocidad de lectoescritura braille, así como mejorar la satisfacción de los estudiantes en el aprendizaje de del código braille. Por ello, se concluye que la influencia de este tipo de equipo tiflotecnológicos es positiva en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual.

Palabras clave: Línea braille, tiflotecnología, código braille, lectura braille, escritura braille.

ABSTRACT

The main objective of this research is the design, manufacture, implementation and testing of an electronic device to improve braille reading speed in people with visual disabilities. This equipment has 10-screen braille that modifies its content according to the selected option. In reading mode, the equipment displays braille codes in its cells to be read by the user in a tactile way and corroborated by audio. In addition, you can enter text by a keyboard in the form of a braille cell, display it in the cells and hear what the user typed. In addition to this, the equipment has a menu with levels of reading complexity and all the navigation through the menu is by a knob and once by audio, it is reported in which part of the menu or option the user chooses. Positive results were obtained, managing to increase braille reading and writing speed rates, as well as improving student satisfaction in learning the braille code. Therefore, it is concluded that the influence of this type of typhlotechnological equipment is positive in the educational inclusion of people with visual disabilities.

Keywords: Braille display, typhlotechnology, braille code, braille reading, braille writing

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La OMS (Organización Mundial de la Salud), informó en su última actualización de información que en el mundo entero hay 285 millones de habitantes que tienen discapacidad visual., de este total, 13.58%, es decir, 39 millones tienen discapacidad visual total, el otro 86.42% restante padecen de baja visión. Además, incluye la cifra de 19 millones de estos son niños (Robles, Guzhñay, Pulla, Pesántez, Suquilanda y Bernal, 2018). Se han implementado diferentes métodos para acortar las deficiencias en cuanto a la inclusión de este significativo grupo, los cuales, pierden independencia debido a su discapacidad. Las personas con incapacidad visual tienen desventajas marcadas respecto a la socialización y comunicación (Lengua, Dunai, Peris y Defez, 2013).

En setiembre del año 2015, la ONU, fijó los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), con la determinación de alcanzar un mundo con un mejor habitad para la humanidad entera, determinando un estándar más igualitario para las sociedades desde el punto de vista económico, cultural y social. A IFLA, toma un papel protagónico, motivando entre sus colaboradores la participación y decidida, para poder alcanzar los objetivos de la ODS, esto debido a la toma de consciencia por las crisis de no igualdad en todo el mundo. Para ello, desarrolló varios talleres según su Programa Internacional de Advocacy, donde puso como columna principal para el desarrollo de una sociedad, la promoción e impulsión de las bibliotecas, logrando la participación de numerosas asociaciones en más de 62 países. (Talavera y Merino, 2017).

En la ciudad de Aguascalientes, México, en el 2017, indica que existen 8176 personas con incapacidad visual, de ellos solo al 0.97% recibieron un total de 269 clases de

computación, el 1.17% recibieron 319 clases de lectoescritura en código Braille a 96 personas, a un 0.84% de personas les brindaron 140 clases de “Orientación y movilidad” y solo a un 0.7% asistieron a 203 talleres de música. Sumado a esto, en la Universidad de Aguascalientes (UAA), las impresoras de texto Braille están dañadas y las que no, no cubren la demanda existente, teniendo una limitante de acceso desde el punto de vista económico, debido al alto costo de estos equipos (Villalobos, Esparza y Muñoz, 2018).

En Colombia, la iniciativa de la Universidad Educativa Nacional, quién en el 2011, implementó un programa, el cual buscó, aportar a la mejora de la inclusión educativa de personas con discapacidad visual por medio de su Centro Tiflotecnológico Hernando Pradilla Cobos y fue transmitido por CityTv, el otro caso es la institución educativa Pablo Emilio Cardona en la ciudad de Pereira que implementó un aula de apoyo para las personas con discapacidad visual y esta fue presentada en el 2010 y 2004 por El tiempo y DUTO respectivamente (Loaiza y Torres, 2014). En el ejemplo mostrado se evidencia un esfuerzo e iniciativa del gobierno colombiano por implementar políticas de inclusión educativa de personas con discapacidad visual.

En Ecuador, en 1971, se fundó, la unidad educativa especializada, que atiende a jóvenes y niños con discapacidad visual y sordera) brindando rehabilitación y/o educación los 10 primeros años de educación básica para personas con deficiencia auditiva y para las personas con discapacidad visual, los siete primo años de educación de educación básica. Además, implementó programas de estimulación temprana, con terapias ocupacionales, del lenguaje, física, de movilización, orientación y visual. Gran parte de estas personas, jóvenes y niños en su totalidad, que son recibidos por esta unidad educativa son de familias de bajos o limitados recursos económicos (Robles, Guzhñay, Pulla, Pesántez, Suquilanda y Bernal, 2018).

En India se remarca el ejemplo de una novedosa metodología para mostrar los caracteres en código Braille y llevarlos al lenguaje Kannada, También en Qatar y Zambia, países de Asia y África respectivamente, se utilizó una herramienta tiflotecnológica, desarrollando juegos y ejercicios plurilingües para niños por medio de un sistema tutor automatizado de escritura en código Braille (Robles, Guzhñay, Pulla, Pesántez, Suquilanda y Bernal, 2018). De este último ejemplo, lo resaltante es el esfuerzo del país de Zambia, que a pesar de poseer una pobreza del 60% y de este porcentaje un 42% en pobreza extrema, presenta programas de inclusión social para personas con discapacidad visual.

En Perú, las personas con discapacidad visual sufren de una deficiente inclusión educativa, con indicadores adversos y hasta desalentadores como bien indica Quispe 2019. El material de lectura educativa en texto braille no ha cambiado su cantidad ni mucho menos su variedad desde el año 2012, lo que genera la carencia de este tipo de material. Asimismo, de toda la colección de lectura en braille, el 4.6% son folletos, 3.5% son libros electrónicos, un 1.6% es material de tipo audio visual, 0.2% es material impreso en código braille, publicaciones electrónicas un 7.5%, afiches en un 1.2% y 9.37% son tesis

El Perú es un participante proactivo para alcanzar los hitos de la agenda 2030 planteada por la ONU en el 2015 donde plantea ejecutar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). “Perú siendo un país firmante de las ODS, trabaja y supervisa estas actividades, las cuales se aplican desde diferentes frentes para poder llegar a tiempo. En el Foro del Acuerdo Nacional, en el 2017, el Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (CEPLAN), manifestó que cumplir la agenda 2030 es el hito principal de su propuesta de su visión futura del país, para garantizar prosperidad a la población y están orientando los planes de gobierno a todo nivel para esto (Talavera y Merino, 2017).

El MINEDU (Ministerio de educación), implementó en el 2015, un programa para aumentar la cantidad de colegios que brinden oportunidad de aprendizaje sin estimar las capacidades con las que cuentan los alumnos, este programa se llamó “Escuela Valora”. Entre las universidades, no se han instaurado este tipo de programas o algún programa similar al de “Escuela Valora”. Sin embargo, otros tipos de instituciones, si determinaron mejorar la calidad educativa, mejorando la inclusión educativa, desde el aspecto de proveer soporte técnico metodológico a los alumnos en sus procesos académicos por el uso de nuevas tecnologías y a la vez cumplir con los objetivos propios de las instituciones que es incrementar el número de estudiantes egresados (Herencia y Heredia, 2020).

Además, el programa “Capacitación para Usuarios inclusivos” implementado por el BNP, enseña la lectura Braille y promueve la producción de audio libros, así como material físico de texto Braille. Otro punto importante, es el uso de TIC’s en los distintos servicios de lectura braille para personas con discapacidad visual, con el uso de audio libros, y lectura de material braille y uso de internet. Se determinó la digitalización de libros, tomando como referencia el tratado Marrakesh y otras actividades en proceso como bibliotecas tiflotecnológicas, ferias de libros, alfabetización digital para personas adultas con discapacidad visual y lectura inclusiva braille por audio libros (Talavera y Merino, 2017).

En la ciudad de Lima, la Biblioteca Nacional utiliza salas especiales de lectura para personas con discapacidad visual. Sin embargo, el material existente es muy escaso en sistemas de audio libros y más aún en texto físico en braille tanto en la biblioteca Nacional como en algunas instituciones distritales como es el caso de la Biblioteca de la Municipalidad de San Borja y la de Miraflores implementada recientemente (Lermen, 2014).

En la ciudad de Juliaca, en la institución educativa Mariano Hilario Cornejo se estableció como objetivo desarrollar e implementar un sistema automatizado que ayude a la búsqueda y administración de una biblioteca. Los logros alcanzados fueron satisfactorios como por ejemplo mayor rapidez y eficiencia en procesos de búsqueda, emisión y registro del libro disponibles, este sistema cumplió con los requisitos de calidad, Debido a que los operadores del sistema automático DIGIBIBLIO obtuvieron una calificación de 110 puntos en la ficha de evaluación. El trabajo presentado se desarrolló específicamente en la implementación del software, además sirvió como columna principal y guía para poder desarrollar, en la Unión de ciegos del Perú, el mismo sistema de gestión en versión web (Saavedra, 2017).

En la ciudad de Juliaca encontramos otro ejemplo, en la institución educativa Mariano Hilario Cornejo se estableció como objetivo desarrollar e implementar un sistema automatizado que ayude a la búsqueda y administración de una biblioteca. Los logros alcanzados fueron satisfactorios como por ejemplo mayor rapidez y eficiencia en procesos de búsqueda, emisión y registro del libro disponibles, este sistema cumplió con los requisitos de calidad, Debido a que los operadores del sistema automático DIGIBIBLIO obtuvieron una calificación de 110 puntos en la ficha de evaluación. El trabajo presentado se desarrolló específicamente en la implementación del software, además sirvió como columna principal y guía para poder desarrollar, en la Unión de ciegos del Perú, el mismo sistema de gestión en versión web (Saavedra, 2017).

En distintos departamentos del Perú, se implementaron escuelas piloto enfocadas en la inclusión educativa como lo menciona Calderón 2012, en el Perú en el año 2000 se inició la inclusión educativa, y fue en el 2005 que empezó en las escuelas públicas los proyectos piloto de centros educativos con educación inclusiva (sólo en cuatro regiones del Perú como lo fueron Junín, Lambayeque, Loreto y Lima). Este proyecto tiene el objetivo principal de dar a conocer y concientizar a la población los aspectos

de la propuesta de educación inclusiva, además de proporcionar a los maestros y directivos una adecuada capacitación. este plan piloto termina el presente año, con la con la proyección de la implementación de este piloto en todas las regiones del Perú de manera progresiva (Ministerio de Educación, 2005).

En la región de La Libertad, en la ciudad de Trujillo, existentes asociaciones y un centro educativo destinados a fomentar la inclusión social, laboral y educativa. La Asociación Regional de Ciegos de La Libertad Luis Braille promueve la inclusión social, económica y cultural, brindado servicios de fisioterapia para niños. El caso más emblemático es el Colegio “Centro Especial Ceguera y visión subnormal Tulio Herrera León, de la UGEL 04 Trujillo Sur Este, el cual impartía la enseñanza del lenguaje Braille. Sin embargo, desde el 2010, todos los centros especiales se convirtieron en CEBES, esto implica que atienden a todo tipo de discapacidades (visual, auditiva, autismo, intelectual y física), de manera interna a personas con discapacidad severa y múltiple, y de manera externa a personas con discapacidad leve o moderada.

Las siguientes investigaciones se han considerado como antecedentes sobre generador electrónico de código Braille utilizados para mejorar la inclusión educativa de personas con discapacidad visual.

Villalobos, Esparza y Muñoz (2018), autores de la investigación “Diseño de impresora Braille a partir de impresora de matriz de puntos”, tuvieron como objetivo ayudar a personas de bajos recursos económicos con discapacidad visual para la impresión de textos en braille de manera física. Por ello, utilizaron una impresora matricial en desuso como base de su diseño para transformarla a una impresora braille. El prototipo obtenido que se consiguió es un equipo funcional obtenido de un equipo reciclado El cual permite imprimir texto braille en un medio físico (papel). La impresora desarrollada promovió la producción de texto braille a un bajo costo debido a usar equipos reciclados en comparación con los elevados costos de las impresoras braille

estándar, siendo de gran ayuda tanto desde el aspecto económico como de inclusión educativa para personas con discapacidad visual. En la siguiente figura se muestra el costo promedio en el mercado de una impresora braille

Marca y modelo	Costo (Dólar)	Características
Enabling Technologies Company.Braille Express 100-150	\$ 11,995	Impresión de 100-150 caracteres por segundo.
Pro American Thermoform Corp. Índex Basic D-V4	\$ 3,095	Imprime 100 caracteres por segundo,
Pro American, Thermoform Corp. Índex Everest D	\$ 4,395	Braille de Alta calidad en plástico.
Pro American Thermoform Corp. Braille 200	\$ 39,995	Producción de 600 páginas por hora

*Figura 1: “Diseño de impresora Braille a partir de impresora de matriz de puntos”
Villalobos, Esparza y Muñoz (2018).*

Los autores Robles, Guzhñay, Pulla, Pesántez, Suquilanda y Bernal (2018) en la investigación “Un entrenador de Braille multifunción basado en sistemas embebidos, aplicaciones móviles, razonamiento basado en reglas y minería de datos para niños con discapacidad visual”, establecieron como principal objetivo brindar ayuda en el aprendizaje de lectoescritura el código braille. Para ello, este dispositivo desarrolló un sistema central que utiliza un sintetizador de voz para poder interactuar con el estudiante, el cual guía al estudiante para formar los diferentes patrones de las matrices tanto en lectura y escritura en código braille. los usuarios de este sistema le otorgaron un 90% de aprobación indicando que se obtienen resultados muy favorables. Por lo tanto, el desarrollo e implementación de este equipo de tiflotecnología es una herramienta de gran ayuda para la inclusión educativa de personas con discapacidad visual.

La investigación “Horus, Prototipo de herramienta tecnológica de apoyo semilibre, para personas con discapacidad visual”, desarrollada por Galeno (2013), tuvo como objetivo desarrollar e implementar un proceso en el cual una persona con discapacidad visual pueda deducir el tipo de figura que se le muestra. A este prototipo (hardware y software), el cual es reconfigurable y adaptable, se le puede ingresar información el texto o imagen y el equipo lo almacena en formato braille demostrando que sí es posible esta conversión. Este dispositivo es un ejemplo de sinergia entre la pedagogía y experiencia del tutor y los equipos de tiftecnología. se concluyó que se puede aplicar los conocimientos en ingeniería (hardware y software) para mejorar la inclusión educativa de personas con discapacidad visual.

La investigación “Diseño y construcción de un dispositivo para facilitar el aprendizaje del sistema de lectoescritura Braille” desarrollada por Duarte, Pabón, Claros y Gil (2015), estableció el objetivo de diseñar e implementar un dispositivo para apoyar a personas con discapacidad visual entre las edades de 4 a 8 años. Este dispositivo mecatrónico establece comunicación inalámbrica con una PC la cual posee un software que usa un sintetizador de voz para indicar mediante audio el código braille que se está estudiando. Los resultados fueron validados por un grupo de profesionales. Se concluye, las herramientas tecnológicas de este tipo contribuyen al aprendizaje del código Braille a temprana edad.

El autor Doyáguez (2019), presentó su tesis titulada “Sistema de lectura de correo electrónico para invidente”. Se tuvo como objetivo principal la crear una interfaz intuitivo y rápido para para personas con discapacidad visual que cumplan diferentes estándares de accesibilidad mediante la implementación de un software multiplataforma que empaquete los códigos de manera eficaz y eficiente y tenga un sólido respaldo en su arquitectura. debido a la complejidad del proyecto y con la limitante de no contar una persona con discapacidad visual permanente para aprobar

el proyecto no se obtuvieron los resultados deseados debido a la complejidad del proyecto. En conclusión, sí se rollo implementó una plataforma funcional potente y portable el cual puede ser usado de base para investigaciones futuras.

Los autores Hernández, Pedraza y López (2011), presentaron su investigación “Dispositivo tecnológico para la optimización del tiempo de aprendizaje del lenguaje Braille en personas invidentes” con la meta de reducir el tiempo de aprendizaje de escritura braille en personas con discapacidad visual con conocimientos básicos de braille tomando como grupo preferente a niños. Utilizaron un equipo para ingresar texto por un teclado y el dispositivo reproduce este código por audio, corroborando el aprendizaje de manera indirecta de la escritura braille por parte del alumno. Los resultados conseguidos fueron alentadores. Se concluye que el uso de dispositivos tiflotecnológicos favorecen en demasía a reducir el tiempo de aprendizaje del braille especialmente de personas novatas.

Los autores Ramos y Álvarez (2020) en la investigación Metuiga “metodología para el diseño de sistemas basados en interfaces tangibles de usuario y técnicas de gamificación en la enseñanza de porciones matemáticas para niños ciegos” tuvieron el objetivo de mejorar la eficiencia de la enseñanza a niños con discapacidad visual entre 6 y 10 años de la asignatura de matemáticas específicamente en el tema de fracciones. Para ello, el sistema implementado utilizaba interfaces relacionados con las técnicas de gamificación METUIGA. Se obtuvo un 95% en el nivel de satisfacción de aprobación el proyecto. concluyendo que la metodología METUIGA es eficiente.

Los autores Dussán, Jiménez, Hernández, Peñaranda y Villamizar (2014) en la investigación “Sistema electrónico mecánico para el aprendizaje de la lecto escritura del braille” establecieron como objetivo un sistema de estimulación y facilitación para el aprendizaje de lectoescritura braille. Por ello, diseñaron e implementaron un prototipo que por medio de retroalimentación auditiva enseñaba al usuario los códigos

braille que mostraba el equipo (vocales, consonantes, sílabas, palabras, etc.).

Concluyendo que se logró solo el avance del proyecto hasta la construcción del dispositivo y no la prueba.

Los autores Noboa Noboa, Tipán y Ibarra (2015), presentan su investigación “Diseño e Implementación de un Sistema Electrónico con Interfaz a PC para Automatizar una Máquina de Escribir Braille” tuvieron como objetivo reducir el impacto económico en la obtención y el acceso a textos Braille. Para ello, se tomó como base una máquina de escribir de texto braille mecánica y mediante el diseño y adaptación de un sistema electrónico esta impresora pudo realizar los trabajos de forma autónoma. El resultado fue satisfactorio, se logró construir dicho dispositivo, sin embargo, presentó deficiencias. Concluyendo que se puede construir un sistema de impresión Braille de bajo costo.

Los autores Haber y Quintero (2015) con su investigación Dispositivo electrónico simulador del código Braille con interfase multimedia interactiva. Tuvieron como objetivo reducir la dificultad del aprendizaje del código braille en personas con discapacidad visual leve o moderada. Diseñaron un dispositivo con una pantalla táctil inductiva en donde el usuario mediante el movimiento de una varilla dibujaba el código en esta pantalla y el sistema tomaba esta señal para convertirlo en información. El equipo presentó exactitud al captar los movimientos generados por la varilla. Con este sistema el usuario se familiariza Con el sistema braille de manera más intuitiva, interactiva y dinámica reduciendo el tiempo de aprendizaje.

La autora Aldaz (2016) en su tesis denominada “Sistema electrónico para la enseñanza del lenguaje braille a personas invidentes” tuvo el objetivo de implementar un sistema electrónico para mejorar la autonomía de las personas con discapacidad visual en el aprendizaje del lenguaje braille. Permitiendo mejorar sus conocimientos, ampliando su comunicación e incluyéndolos dentro de la sociedad. Por ello, se implementó un

sistema de hardware y software que puede leer y escribir en código Braille de manera táctil y auditiva. el sistema electrónico tiene gran aplicabilidad y permite una fácil comprensión de los métodos de lectura y escritura en el sistema Braille

El autor Jiménez (2010) en su investigación “Sistema electrónico para la enseñanza de la escritura de códigos Braille” establece como objetivo la construcción de un dispositivo enfocado a la enseñanza de la escritura braille. Este dispositivo estaba compuesto por 2 celdas braille y un teclado por el medio del cual el usuario ingresaba la información a una PC, está la reconocía y mediante un sintetizador de voz indicaba al usuario la información ingresada. Por lo tanto, se concluye que un sistema de electrónico de escritura braille es más efectivo que el método tradicional que hace uso de una regleta y un punzón.

El autor Aucay (2016) en su tesis “Prototipo electrónico de enseñanza del sistema Braille”, determino como objetivo fundamental implementar un equipo con la capacidad de enseñanza del lenguaje braille para personas con discapacidad o sin ella, todo esto desde el enfoque social. Usó como plataforma de desarrollo Arduino, con un aplicativo desarrollada en android para smartphome, la cual, es monitoreada por el docente y por donde puede evaluar el aprendizaje y como el usuario va incrementado su reconocimiento de caracteres. Con un 60% de reconocimiento de caracteres aprendidos por parte del usuario. Cabe resaltar, que con mayor tiempo de uso del equipo este porcentaje puede elevarse y completar la enseñanza.

Los autores Avendaño y Villa (2019) en su tesis “Diseño e implementación de un dispositivo electrónico interactivo para aprendizaje de Pre-Braille orientado a personas con discapacidad visual” tuvieron como objetivo brindar un soporte para el aprendizaje interactivo del código pre-braille. Para ello, diseñaron un sistema de tipo rompecabezas en donde las piezas eran los puntos de las celdas braille de este modo podían generar distintos símbolos braille y reproducir los fonéticamente por medio de

un antes indizador de audio. Los resultados fueron exitosos con un 100% de efectividad. En conclusión, el proyecto tuvo un gran impacto en el ámbito de inclusión social y educativa.

El autor Estrada (2018) en su artículo de investigación “Diseño y construcción de un prototipo de tablero electrónico interactivo para la lectura y escritura del lenguaje braille orientado a niños con discapacidad visual” estableció como principal objetivo que las personas con discapacidad visual logren integrarse de forma participativa y con condiciones iguales a la sociedad. Para ello, diseño e implemento un tablero de lectoescritura braille, el cual permitía el aprendizaje del alfabeto mediante el uso de símbolos y/o caracteres. los resultados manifestaron un impacto positivo en el aprendizaje de braille. En conclusión, los equipos de tecnología mejoran la eficiencia del aprendizaje de lectoescritura braille.

Los autores Úsuga y Santamaría (2016) en su tesis “Desarrollo de un signo generador electrónico para dar a niños con discapacidad visual una herramienta amigable e interactiva y que permita una mayor autonomía en la adquisición de los conceptos básicos del sistema de lecto-escritura braille” tuvieron el objetivo brindar a niños con discapacidad visual una herramienta amigable e interactiva y que permita una mayor autonomía en el mensaje de lectoescritura braille. Para ello, desarrollaron una celda generadora de código braille electrónico. Se obtuvieron resultados satisfactorios según la encuesta aplicada a los usuarios. Concluyendo que la tiflotecnología es importante en el aprendizaje de lectoescritura braille.

El autor Loza (2011) en su investigación “Sistema electrónico braille para la ayuda en el aprendizaje de personas no videntes” tuvo como objetivo principal brindar un soporte para las personas con discapacidad visual de este modo tengan la misma posibilidad de acceder a educación contribuyendo al conocimiento y a la educación de estas personas. Se cumplieron con los objetivos planteados obteniendo resultados

satisfactorios. Concluyendo que mediante el uso de tflotecnología se reducen los tiempos de aprendizaje de lectoescritura braille en comparación con los tradicionales métodos.

La autora Chuquin (2019) en su investigación “Diseño de un prototipo electrónico interactivo como elemento de apoyo para la enseñanza de la suma y resta en niños entre 6 y 7 años del área para no videntes de la universidad técnica del norte” planteó crear un tablero electrónico de enseñanza lúdica para la enseñanza de las matemáticas (sumas y restas) con niños de 6 a 7 años. Los resultados obtenidos en los test prácticos arrojaron 10/10 y 9/10 dando como satisfactorio el resultado. Se concluye la creación de un tablero lúdico electrónico que ayuda al refuerzo de la enseñanza de pequeñas operaciones básicas de matemática en niños no videntes y que mediante sonidos audibles permite captar mucho mejor las instrucciones dadas.

Los autores Vinuesa, Moreno, Morales, Velastegui y Vallejo (2017), en su investigación “Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en hardware libre” tuvieron el objetivo de apoyar a personas con discapacidad visual y de bajos recursos económicos. Para ello, se diseñó e implementó una impresora braille económica rediseñando la mecánica de una impresora de tinta convencional. los resultados obtenidos fueron satisfactorios con un 99% de efectividad en el proceso de impresión de acuerdo con los estándares del INEN. Se concluyó que mediante esta herramienta económica personas con discapacidad visual podrán tener acceso a información el texto físico braille.

Los autores Silva y Ponce (2015), en su investigación “Recurso educativo de Braille con realidad aumentada” tuvieron como objetivo fomentar la motivación para el aprendizaje de lectoescritura braille en niños utilizando técnicas de actividades y experiencias comunes para lograr un aprendizaje cooperativo. por ello, mediante un dispositivo de realidad aumentada se comprobó que los resultados de utilizar estos

recursos son favorables. En conclusión, el estado como ente regulador de la enseñanza en un país, es fundamental para dar un buen inicio para desarrollar trabajos futuros.

La presente investigación se justifica por el propósito de sentar precedentes, aportar conocimiento y desarrollo de la tiflotecnología en nuestro país para futuras investigaciones. Con esto, las personas con discapacidad visual podrán mejorar su autonomía en el aprendizaje de lectoescritura braille obteniendo mayor oportunidad debido a que podrán acceder a información vital para su desarrollo profesional. Además, cabe resaltar, que esta investigación es de mucho valor porque ayudará de manera sustancial al cumplimiento de la agenda 2030 establecidas por las Naciones Unidas, donde el Perú estableció cumplir con los “Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)”.

De igual manera, esta investigación plantea la implementación de un sistema de lectoescritura Braille con precios de adquisición asequibles. Cabe resaltar, el elevado costo de implementación y/o impresión (maquinaria, operarios y consumibles) de los textos en formato Braille. Además, otro aspecto muy importante, es la eliminación del uso del papel para la impresión de los textos en Braille debido a que la cantidad de papel para transcribir un texto en tinta a un texto en braille es de 8 a 9 veces, presentando un ahorro económico y reducción del impacto ambiental por la disminución del uso de papel.

Para el desarrollo del siguiente proyecto se hallaron las siguientes limitaciones: Se tuvo acceso limitado por la coyuntura de salubridad que enfrentamos debido a la pandemia de la COVID-19. Para ello, se establecieron métodos alternativos de contacto con las personas durante el pre y post test, así como durante la implementación del generador de código Braille, mediante videollamadas o aplicando protocolos de salud estrictos con las personas que accedían voluntariamente a participar de la investigación. Además, otra limitante fue la importación de

dispositivos electrónicos que no se hallaron en el mercado nacional, lo que generó retrasos y tiempos muertos en la ejecución del proyecto. Para ello, se optó por la simulación de los circuitos en el software PROTEUS de este modo se ganaba tiempo hasta la llegada de los componentes.

Y, por último, el muy alto costo de la fabricación de accesorios de plástico y/o acrílico según diseño, generado por el poco desarrollo de la industria en el país. Esto se superó, con la implementación de la tecnología 4.0, como son las impresoras 3D, las CNC laser y/o router, de bajo costo de adquisición local.

Además, se recolectaron los siguientes conceptos para elaborar la investigación:

Código o sistema Braille:

Es un sistema de lectoescritura para personas con discapacidad visual también conocida como cecografía y fue creado por Louis Braille, un francés de mitad del siglo XIX. Se base es una matriz de 6 puntos (2 filas por 3 columnas), cada punto tiene 2 posiciones, punto bajo, está al ras de la superficie, punto en alto está en alto relieve. Se pueden obtener hasta 64 combinaciones diferentes, donde se pueden mostrar números, signos de puntuación, consonantes, vocales con y sin tilde, música, y expresiones matemáticas básicas (Villalobos, Esparza y Muñoz, 2018).

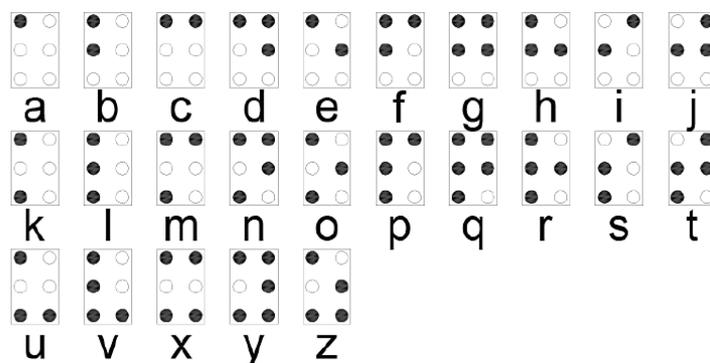


Figura 2: Alfabeto Braille Villalobos, Esparza y Muñoz (2018),

Discapacidad Visual:

Problema de pérdida o disminución de las funciones relacionadas con la visión que afecta a algunos individuos, ya sean por causas naturales o no naturales y que dificultan su interacción en actividades rutinarias. Estas deficiencias visuales se dan en las estructuras corporales del ojo y limitan la realización de tareas o movilización en determinados lugares afectando en el desempeño de su vida diaria lo que conlleva a la utilización y/o manejo de ayudas ópticas o a dispositivos de adaptación personal (de la Torre, Figueroa y Huarcaya, 2020).

Discapacidad Visual Moderada:

Puede discriminar caracteres y/u objetos, sin necesitar de algún tipo de accesorios de ayuda óptica, a muy cerca distancia (pocos centímetros) (de la Torre, Figueroa y Huarcaya, 2020).

Discapacidad Visual grave:

Distingue formas con sus colores y volúmenes a poca distancia (pocos centímetros) pero requiere utilizar algún accesorio de ayuda óptica (de la Torre, Figueroa y Huarcaya, 2020).

Discapacidad Visual casi total:

Puede percibir algunos colores que le son útiles para la orientación, movilidad y/o transporte, algo de luz y bultos (de la Torre, Figueroa y Huarcaya, 2020).

Ceguera total:

Percepción de mínima luz que no le es útil para orientarse, visión totalmente perdida (de la Torre, Figueroa y Huarcaya, 2020).

Sistemas embebidos:

Es un sistema que no trabaja en algún tipo de PC, workstation o cluster y que es un sistema reconfigurable de propósitos específicos y están diseñadas para ser adaptadas

a cumplir determinadas funciones específicas dedicadas y estos están dentro o embebidos en algún tipo de hardware (S. Pedre, 2012).

Inclusión educativa:

Es la empatía para la convivencia con las diferentes diferencias entre personas, y aprender de estas diferencias para poder aprender y responder de mejor manera ante estas diferentes formas. Por ello, las personas lleguen a considerarse entre ellos de manera positiva a pesar de sus diferencias (Hurtado y Agudelo, 2014)

PCB:

Del inglés "printed circuit board", o sea, placa de circuito impreso. Las PDB son superficies fabricadas de un material no conductor sobre la cual están laminadas las pistas de conexión de material conductor (comúnmente cobre) de este modo se realizan las conexiones eléctricas entre los componentes electrónicos soldados sobre ella (Torrente, 2013)

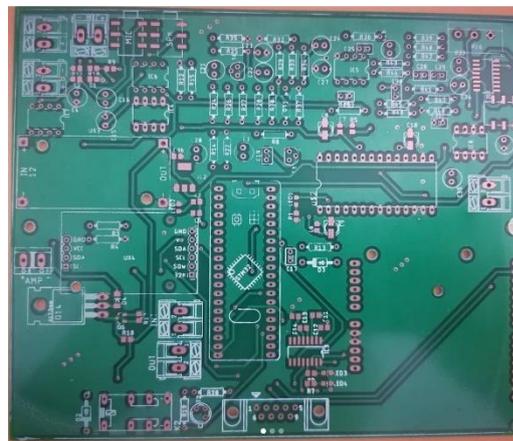


Figura 3: PCB. (pcbperu, 2017)

Arduino:

Arduino es en realidad 3 cosas:

Una placa de hardware libre: Incorpora un microcontrolador reprogramable [...], de arquitectura tipo AVR desarrollada por Atmel. Instalada en un PCB que implementa un determinado diseño de circuitería interna.

Software: Entorno de desarrollo gratis, libre y multiplataforma (Linux, Mac y Windows) que nos permite escribir, verificar y guardar en la memoria de, microcontrolador de la placa arduino el conjunto de instrucciones que deseamos que este ejecute.

Lenguaje de programación libre: Idioma artificial diseñado para expresar instrucciones (siguiendo determinadas reglas sintácticas), que pueden ser llevadas a cabo por la máquina. (Torrente, 2013)



Figura 4: Placa Arduino Mega. (Arduino, 2021)

Servomotores:

Un motor produce movimiento y torque haciendo la transformación de energía eléctrica a energía mecánica para poder moverse a una determinada posición. En los servomotores las ventadas del estator, donde se alojan los conductores de cobre tienen el doble de tamaño que en los motores normales obtenido con menor volumen un mayor torque, por ende, una mayor potencia. Se utilizan una serie de imanes permanentes de Neodimio-hierro-boro debido a que brindan una gran densidad de flujo magnético, otorgando mayor toque y están instalados en el rotor. Pueden alcanzar mayores velocidades debido a su menor tiempo de posicionamiento. (Mejía, 2016)

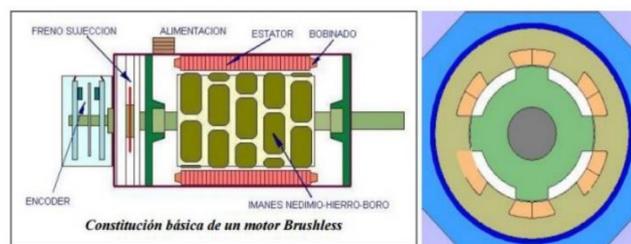


Figura 5. Servomotor yaskawa, [Ilustración 2]. Mejía (2016),

Multiplexación:

El término multiplexación¹ hace referencia al proceso mediante el cual diferentes mensajes de información (como conversaciones telefónicas, transmisión simultánea de audio + vídeo + datos o diferentes canales de audio) generados típicamente en una misma ubicación física, se combinan en una única señal con el fin de compartir un recurso de comunicaciones. (Rey y Tarres 2015).

Lenguaje de Programación C++:

“El lenguaje C++ fue desarrollado por Bjarne Stroustrup en los años 1982-1986, es un lenguaje orientado a objetos que heredó las ventajas y propiedades del lenguaje C. [...]. La ventaja principal de C++ es la simplificación de la interfase de entrada /salida con respecto a C. [...] se concentra en la programación y reduce el tiempo y esfuerzo en el aprendizaje de los comandos de entrada y salida de datos y pueden trabajar fácilmente tanto en pantalla como con archivos” (Gómez, Cervantes y Gonzáles 2013).

Movimiento de un solo eje

Es un tipo de desplazamiento punto a punto más utilizado. Requiere un punto inicial de partida y un punto final de llegada. En algunos casos requiere adicionar algunos parámetros como aceleración, velocidad y torque (los cuales se ajustan por una configuración determinada) para realizar el movimiento deseado (Mejía, 2016).

Interfaz Humano máquina del prototipo de línea Braille

Basado en la patente de la máquina Perkins cuya patente fue emitida en 1932 pero en la actualidad dicha patente ha expirado. Pese a eso, en el 2008 una patente modificada con un grabado con 15° de inclinación en las teclas fue entregado. Sin embargo, en el nuevo prototipo la inclinación a variado a 13° y la forma y tamaño de las teclas son de nuevo diseño (Cabrera, 2018).

Procesamiento digital de señales (PDS)

Debido a la necesidad de ciertas aplicaciones como las telecomunicaciones, robótica, tratamiento de señales de audio e imágenes o en medicina y el avance tecnológico de la microelectrónica que permitió la fabricación de circuitos integrados permitió el desarrollo de procesadores digitales de señales. Por ello, se aprovechó la innovación de esta tecnología para el uso de esta en el control digital e instrumentación. Cuando las tareas requerían mayores recursos y los microcontroladores de 32 bits ya no podía soportar ciertas funciones, se amplió los periféricos, se mejoraron las instrucciones y reestructuraron las arquitecturas (Barzallo, 2017)

Metodología de Desarrollo:

Es presente estudio tuvo un enfoque cuantitativo para poder evaluar la eficiencia del sistema para la enseñanza del lenguaje Braille, así como el índice de satisfacción de los usuarios desde los puntos económicos, ergonómicos, flexibilidad, portabilidad y almacenamiento de información, entre otros. Por ello, se realizarán pruebas de campo para recolección de datos (velocidad de lectura y escritura en braille), encuestas, implementación y pruebas del sistemas y nuevamente adquisición de datos.

Para el diseño del proyecto se utilizó la metodología del “modelo-V” el cual se detalla a continuación.

Metodología “V” en el desarrollo de sistemas embebidos Software/Hardware

Creado inicialmente para desarrollar software. El modelo V representa el proceso de desarrollo de software (también aplicable al desarrollo de hardware) algunos lo consideran como un tipo de extensión del típico modelo cascada. El modelo V comprueba las relaciones existentes entre las distintas fases del ciclo de desarrollo de un software y las fases de prueba de este. La horizontal y los ejes verticales representan el tiempo o el nivel de avance del proyecto (se sigue la lectura de izquierda a derecha) y el nivel de aislamiento (la abstracción de grado más grueso hacia arriba),

respectivamente. Este modelo depende principalmente de 2 fases, la fase de verificación y la de validación. La fase de prueba de software son la fase más importante del desarrollo de este. (Shanker 2012).

Muy a menudo estas pruebas contribuyen un 30% del esfuerzo y recursos del desarrollo del proyecto. Sin embargo, en aplicaciones vinculadas con la seguridad (críticos) el proceso de pruebas puede gastar recursos y tiempo de hasta un 80%. Las pruebas de software son esenciales para garantizar la calidad del software. El horario siempre se agota durante el software desarrollo de sistemas, reduciendo posteriormente los esfuerzos de realizar la gestión de pruebas de software. (Shanker 2012).

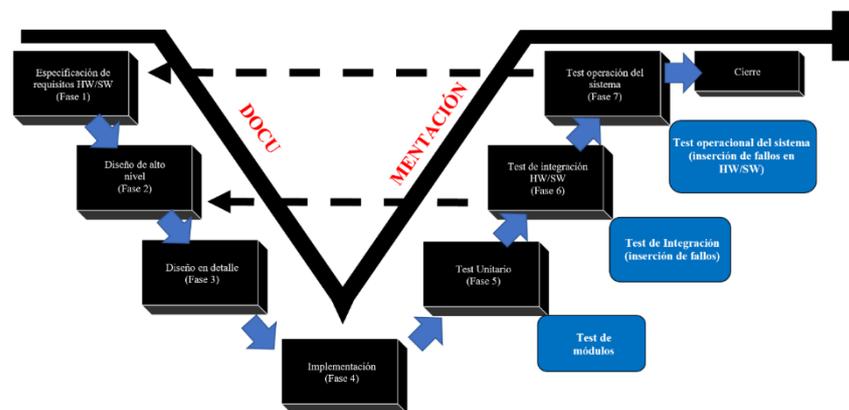


Figura 6: Una Metodología para el desarrollo de hardware y software embebidos en sistemas críticos de seguridad, Pérez, Berreteaga, Ruiz, Urkidi & Pérez (2016)

Fase 1: Definición de especificaciones:

Se establece el alcance del proyecto, especificando los requisitos de manera cuantitativa lo más real posible, y todo esto debe quedar debidamente documentado.

Fase 2: Diseño de alto nivel:

Conocido también como diseño global, la meta de esta fase es establecer una visión general y un diseño a gran escala del proyecto

Fase 3: Diseño en detalle:

Aquí se especifica con gran detalle lo planteado en el diseño de alto nivel.

Fase 4: Implementación:

Esta es la etapa de construcción del diseño de detalle.

Fase 5: Test Unitario:

En esta parte, se prueba cada parte del proyecto de manera individual (hardware/software)

Fase 6: Integración:

Aquí se realiza la prueba en conjunto de todos los módulos o partes del proyecto (hardware y/o software) y que cumplan los requerimientos solicitados.

Fase 7: Test operacional de sistema:

Finamente viene la prueba de campo, es probar el proyecto en condiciones reales de operación para lo cual fue diseñado.

Prueba de contrastación de hipótesis:

Debido a que la muestra obtenida es menor a 30 datos y de distribución paramétrica, se aplicó la prueba t -student para la contratación de hipótesis.

Prueba t-Student:

Diseñada originalmente para comparar muestras independientes, con varianza homogénea, distribución normal y con reducido número de muestra (cabe resaltar que el autor no especifica las cantidades para determinar si una muestra es pequeña o no). Además, Gosset enfatizó que, para obtener un buen desarrollo de la prueba, ambas muestras deben tener una distribución normal (Sánchez 2015).

XLSTAT:

Software estadístico, el cual es una extensión de Microsoft Excel por donde se puede ingresar y visualizar los datos a analizar, siendo esto de gran ayuda cuando se realizan análisis de datos en equipos. Utiliza software adicional independiente para poder realizar los cálculos y evitar sacrificar rendimiento y velocidad. Además, los resultados obtenidos son comparados con base de datos estadísticos para obtener fiabilidad.

Puede realizar desde análisis complejos como lo son lo de datos multivariable hasta análisis simple como lo son los de estadística descriptiva Addinsoft (2019).

1.2. Tipo de investigación

¿De qué manera influye un generador electrónico de código Braille en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual de un centro educativo de la ciudad de Trujillo, 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de un generador electrónico de código Braille en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual en un centro educativo de la ciudad de Trujillo en el 2021.

1.3.2. Objetivo general

Determinar la influencia del generador electrónico de código Braille en la velocidad de lectura y escritura del código braille, así como en el grado de satisfacción en el aprendizaje de lectoescritura braille en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual en un centro educativo de la ciudad de Trujillo en el 2021.

Determinar de qué manera el generador electrónico de código Brille repercute en la satisfacción del estudiante con discapacidad visual al aprender el código Braille (lectura y escritura) en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual en un centro educativo de la ciudad de Trujillo en el 2021.

1.4. Hipótesis

Un generador electrónico de código Braille influye positivamente en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual en un centro educativo de la ciudad de Trujillo en el 2021.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según el enfoque: En esta investigación el enfoque es de tipo cuantitativo / cualitativo, debido a que en primer lugar se pretende medir la eficiencia de un sistema de manera objetiva. Y, en segundo lugar, se pretende medir el grado de satisfacción de los usuarios referente al uso de este sistema, su eficiencia y como impacta en los usuarios el uso de este.

Según el propósito: Esta investigación es de tipo aplicada, porque se pretende conocer la realidad de la inclusión educativa de las personas invidentes e implementar un sistema que tenga un impacto positivo en la y una mejora notoria en la inclusión educativa de personas invidentes.

Según su alcance: De tipo explicativa, porque su principal objetivo es exponer y dar a conocer de qué manera la implementación de un generador electrónico de código braille influye en la inclusión educativa de personas invidentes.

Por ello, se realizó un diagnóstico inicial sobre la inclusión educativa de personas con discapacidad visual en nuestro país, de este modo implementar un Generador de código braille electrónico, y volver a hacer un diagnóstico final de la inclusión educativa de personas invidentes. Finalmente, se realizó una contrastación de la información tomada antes y después de la implementación del generador de código braille electrónico para corroborar la influencia en la inclusión pedagógica de personas invidentes. Por lo tanto, esta investigación es de tipo preexperimental.

G O_1 X O_2

Figura 7: Tipo de investigación

Donde:

G: Muestra

X: Generador electrónico de código Braille

O1: Medición pre-experimental de la inclusión educativa de personas con discapacidad visual

O2: Medición post-experimental de la inclusión educativa de personas con discapacidad visual

2.2. Población y muestra

La población de personas con diagnóstico relacionado a la deficiencia de la visión (ceguera y baja visión) en el centro educativo Tulio Herrera, es de 47 alumnos, la información fue brindada por la docente y Mg. Milagros Casas.

Tamaño de muestra:

La selección de los participantes estuvo sujeta a disponibilidad y disposición de estos. Por lo tanto, la muestra es no probabilística, la cual, de acuerdo con Pineda, Alvarado y Canales (1994) “se toman los casos o unidades que estén disponibles en un momento dado”.

En coordinación con la Mg. Milagros Casas, se realizó la invitación a los alumnos del centro educativo y/o amigos con discapacidad visual afines. Por ello, la muestra estuvo conformada por 8 personas.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Recolección de datos

Técnicas

Para la obtención de los indicadores “*Aprendizaje de lectura de código braille en alumnos (Palabras por minuto)*”, “*Aprendizaje de escritura de código braille en alumnos (Palabras por minuto)*” se utilizó la técnica de observación; mientras que para el indicador “*Grado de satisfacción del estudiante con el método GCB en lectura braille*” y “*Grado de satisfacción del estudiante con el método GCB en escritura braille*” se utilizó la técnica de encuesta.

Instrumentos

El primer y segundo instrumento, denominados “Ficha de observación #1 y #2” tuvieron como objetivo principal obtener información para evaluar el nivel de aprendizaje del estudiante mediante el método GCB utilizando la medición inicial y post experimental de la velocidad de lectura y escritura en braille, de este modo poder estimar si el aprendizaje muestra mejora.

El tercer y cuarto instrumento, denominados “Ficha de encuesta #1 y #2”, tuvieron como objetivo principal obtener información sobre el nivel de satisfacción del método GCB en el aspecto de lectura y escritura Braille.

Técnica	Instrumento	Objetivo	Procedimiento
Observación	Ficha de observación	Medir la velocidad de lectura promedio de cada participante (caracteres por minuto)	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Se repartió un texto impreso en braille en papel de 120 gr formato A4 2.- Por medio de Google meet o llamada telefónica, el estudiante dio lectura del texto entregado. 3.- El evaluador, en un documento en WORD. Va sombreado de un color las palabras leídas por el estudiante, y después de cada minuto, el evaluador cambia de color de subrayado en el texto. 4. Finalmente, la cantidad de caracteres sombreados de un color son los caracteres por minuto que lee el participante.
Observación	Ficha de observación	Medir la velocidad de escritura promedio de cada participante (caracteres por minuto)	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Se repartió papel de 120 gr formato A4 en blanco. 2.-Se indicó al participante que indicará verbalmente las letras o sílabas que iba escribiendo. 3.-Se eligió un texto y por medio de Google meet o llamada telefónica, el evaluador dio lectura de dicho texto al participante. 3.- El evaluador, en un documento en WORD. Va sombreado de un color las letras y/o palabras que escuchaba pronunciar al participante, y después de cada minuto, el evaluador cambia de color de subrayado en el texto. 4. Finalmente, la cantidad de caracteres sombreados de un color son los caracteres por minuto que escribe el participante.

Encuesta	Cuestionario	Obtener información sobre la autonomía, flexibilidad, disponibilidad, accesibilidad y el grado de satisfacción del método utilizado. para el aprendizaje de “lectura” del braille	1.-Se coordinó con los participantes la fecha y hora para realizar el cuestionario 2.-Por medio google meet o zoom, se realizó la encuesta a los participantes. 3.-El investigador leyó cada pregunta a los participantes anotando sus respuestas.
Encuesta	Cuestionario	Obtener información sobre la autonomía, eficiencia, practicidad en toma de apuntes, practicidad en revisión de apuntes, accesibilidad y el grado de satisfacción del método utilizado. para el aprendizaje de “escritura” del braille.	1.-Se coordinó con los participantes la fecha y hora para realizar el cuestionario 2.-Por medio google meet o zoom, se realizó la encuesta a los participantes. 3.-El investigador leyó cada pregunta a los participantes anotando sus respuestas.

Figura 8: Técnicas e instrumentos

Fuente: Elaboración propia

Análisis de datos

Para determinar el tipo de distribución de la muestra se aplicó la prueba de Shapiro Wilk debido a que la cantidad de la muestra fue menor a 50. El resultado de la prueba demostró que la muestra sigue una distribución normal. Por ello, se aplicó la prueba T de student, debido a que la muestra fue de distribución normal y menor a 50 muestras.

Para el análisis de datos se utilizó el software XLSTAT

2.4. Procedimiento

Para la elaboración de los instrumentos de recolección de datos se tuvo el apoyo de la Mg. Milagros Casas, quién es docente del centro de educación de personas invidentes. Cabe resaltar que la Mg. Milagros Casas es invidente, lo cual aporta una gran experiencia no solo en el campo de educación de personas invidentes, sino porque también utiliza el sistema braille.

Inicialmente los indicadores de velocidad de lectura y escritura se dimensionaron para medir la velocidad de “palabras por minutos”. Sin embargo, luego de realizar una prueba piloto de este instrumento se halló las siguientes observaciones:

- Medir la cantidad de “palabras por minuto” tanto en lectura como escritura no es una forma confiable de establecer una ratio de estos dos indicadores debido a que el valor obtenido depende del tamaño de la palabra. Además, el braille se separa por caracteres. Por ello, se modificó el instrumento para medir la cantidad de “caracteres por minuto”, lo cual es una medida real y no sujeta al tipo de texto o lectura.
- Se eliminó el uso de los signos de puntuación como la coma, el punto y coma y los signos de admiración por el siguiente motivo:
 - Los signos de puntuación en la lectura otorgan sentido a una frase, por sus pausas, estas pausas no se mencionan al momento de leer, pero se entienden por el sentido que le da a una frase. Al momento de leer, estos signos de puntuación cuentan como un carácter, sin embargo, en el momento de la prueba piloto, el lector lee estos símbolos en braille, pero no siempre manifiesta en su lectura dicha pausa y no es contabilizado por el evaluador. Por ello, se optó por eliminar en su mayoría los signos de puntuación dejando los signos de interrogación.

Para la toma de muestras de velocidad de lectura y escritura se tomaron los siguientes criterios:

Toma de datos:

Pretest:

- Accesibilidad a estudiantes: Debido a la coyuntura de salubridad vivida por la COVID-19, se tuvo que realizar la toma de datos de manera virtual, es decir vía herramientas de interacción en tiempo real como Google meet o vía telefónica.

- Horarios de trabajo y/o estudio de los participantes, por lo que se tuvo que realizar una coordinación para la toma de datos de acuerdo con la disponibilidad de los participantes.
- Se realizaron 5 pruebas en 5 fechas distintas.

Prueba de velocidad de lectura:

- Se escogió una fábula de origen chino llamada “La cola del tigre”, esta fábula fue modificada, limitando los siguientes signos de puntuación como el punto y coma (;), los signos de admiración (!), debido a que podrían alterar el resultado porque el grupo de participantes no estaban muy familiarizados aún con estos símbolos, esta sugerencia fue brindada por la docente del grupo Mg. Milagros Casas.
- Este texto se imprimió en código braille en papel bond, formato A4 de 120 gramos en la disposición de 30 caracteres por línea y 28 líneas por cara en la Universidad Nacional de Trujillo con apoyo del Sr. Marcos Carrera, quien coordinó y manipulo la impresora braille de dicha casa de estudios. Cabe resaltar que se puede imprimir a doble cara, sin embargo, esto puede dificultar la lectura y confundir a los lectores pocos expertos. Por ello, se optó por imprimir a una sola cara. El texto utilizado, en tinta tiene una extensión de $\frac{3}{4}$ de página, pero en impresión Braille, equivalió a 2 caras y $\frac{1}{4}$ de cara.
- El mismo texto se repartió a todos los participantes con la indicación que no abrieran el sobre hasta el día de la prueba, de este modo la muestra fue más representativa.
- Se implementó el siguiente método:
 - Comunicación vía Google meet o celular.

- El evaluador abría el documento en el programa de office “WORD”, el participante iniciaba la lectura en voz alta. El evaluador iniciaba el cronómetro y a medida que el lector pronunciaba las palabras leídas, el evaluador sombreaba la palabra leída en el Word con un color determinado. Cuando llegaba al minuto, el evaluador cambiaba de color de sombreado. Así por 5 minutos. Terminada la prueba el evaluador contaba la cantidad de caracteres de un mismo color obteniendo así caracteres por minuto leídos por el participante, y este valor se anotó en la hoja de observación #1.

LA COLA DEL TIGRE

Una vez Confucio caminaba junto a un discípulo por unas montañas de tupida vegetación y sentían mucha sed por lo que mandó a su alumno que bajara al riachuelo por un poco de agua.

Cuando Zi lu, el adepto, se incorporó después de saciar su sed en la cristalina corriente de agua, sintió que su cabello se erizaba al ver a un tigre que se le venía encima.

Fracciones de segundos antes de que la terrible fiera lo derribara de un golpe se hizo a un lado, agarró al tigre de la cola y tiró de ella una y otra vez hasta que el felino se alejó gimiendo.

El atónito discípulo se quedó con la cola del tigre en las manos. Un buen rato después cuando recuperó la calma, volvió con el agua y el exótico botín de su hazaña. Zi lu le preguntó al maestro: ¿Cómo matan al tigre los más valerosos? Y Confucio le contestó que los héroes lo hacen asestándole golpes en la cabeza, los menos valientes lo hacen tirando de sus orejas y los cobardes se apoderan únicamente de la cola.

Figura 9: Ejemplo de toma de muestra en velocidad de lectura (Caracteres por minuto)

Fuente: Elaboración propia

Prueba de velocidad de escritura:

- Se eligió la fábula japonesa titulada “Kobutori Jiisan” y se editó para reducir la utilización de algunos signos puntuación como el punto y coma (;), los signos de admiración (!), debido a que podrían alterar el resultado porque el grupo de participantes no estaban muy familiarizados aún con estos símbolos, esta sugerencia fue brindada por la docente del grupo Mg. Milagros Casas.
- Se entregó a los participantes 3 hojas de papel bond, formato A4 de 120 gramos nuevas (sin impresión braille alguna)
- La prueba de escritura se realizó después de terminar la prueba de lectura. Por lo tanto, las 5 pruebas constaban de lectura y escritura.
- Se estableció el siguiente método:
 - Terminada la prueba de lectura, se le pidió al participante alistar su regleta y punzón.
 - Se le indicó al participante que el evaluador le dictaría una frase de la fábula y este a medida que iba escribiendo debería de ir pronunciando las letras que va escribiendo, este modo el evaluador iba sombreando las palabras pronunciadas y pasado el minuto cambiaba de color de sombreado.

Hace mucho tiempo vivía un anciano en un pueblo.

Este anciano nació con un chichón en la mejilla del cual no se preocupaba para nada.

En el mismo pueblo vivía otro anciano que también tenía un chichón, en la mejilla, pero éste siempre paraba enfadado porque se acomplejaba de su defecto.

Estaban armando un gran alboroto cantando, bebiendo y bailando.

Figura 10: Ejemplo de toma de muestra en velocidad de escritura (Caracteres por minuto)

Fuente: Elaboración propia

Implementación:

Siguiendo el método-V para el desarrollo del proyecto, primero se determinaron los requerimientos para establecer el alcance del proyecto con apoyo de la Mg. Milagros casas, quién con sus años de experiencia en enseñanza de personas con discapacidad visual y conocimientos de pedagogía, brindó los aspectos necesarios para la implementación del alcance del proyecto.

Con esta información, se evaluó la factibilidad para la implementación del proyecto de acuerdo con los aportes brindados por la docente. En la evaluación técnica de los requerimientos, se hallaron limitaciones, las cuales fueron subsanadas después de discutir con la docente.

El diseño de software y hardware se realizó según los requerimientos establecidos.

Terminado el software se probó el accionamiento de interfaz, navegación por menú ingreso de caracteres por botones, retroalimentación por audio y accionamiento de servos en un protoboard.

Para el diseño del hardware, se definió que tipo de controlador usar, y los periféricos como tipos de entradas (botones y forma de navegación por el menú), y accionamiento de matriz braille, que se utilizaron servos SG90, disponibles en el mercado local.

Además, se modeló la estructura del chasis del equipo, la distribución de los componentes tanto electrónicos como mecánicos en Autocad 3D e Eagle (diseño de PBC).

El montaje mecánico de los servos y PCB se realizó en un chasis de trupán de 3mm de espesor que fueron cortadas a medidas por una CNC laser de 80W. El diseño de la distribución se realizó en Autocad 3D.

Ensamblada la máquina se realizaron las pruebas del sistema en su ubicación final.

Post-test:

Para la toma de datos después de la implicación del sistema se siguieron los mismos pasos que en el pretest.

Para el procesamiento de información y la obtención de los indicadores se utilizaron las siguientes fórmulas:

En primer lugar, se debe determinar la velocidad de lectura y escritura para luego aplicar la fórmula de velocidad de lectura promedio.

Velocidad de lectura promedio (vlp):

$$vlp = \frac{\sum_i^n \left(\frac{cl}{T}\right)}{n}$$

Ecuación 1: Fórmula para obtener la velocidad de lectura promedio

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

Cl: Número de caracteres leídos

T: Tiempo, se utilizó como base de tiempo 1 minuto

n: Número de pruebas

Unidad de medición: caracteres por minuto (c/m)

El valor obtenido representa la velocidad de lectura promedio

Velocidad de escritura promedio (vep):

$$vep = \frac{\sum_i^n \left(\frac{ce}{T}\right)}{n}$$

Ecuación 2: Fórmula para obtener la velocidad de escritura promedio

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

Ce: Número de caracteres escritos

T: Tiempo, se utilizó como base de tiempo 1 minuto

n: Número de pruebas

Unidad de medición: caracteres por minuto (c/m)

Para el indicador de satisfacción de aprendizaje de lectura del Braille se utilizó el siguiente método de ponderación:

Tabla 1

Valores de ponderación por variable para el cálculo del nivel de satisfacción en el aprendizaje de lectura braille

Variable	Autonomía (Aut.)	Flexibilidad (Flex)	Disponibilidad (Disp.)	Accesibilidad (Acces.)
Ponderación	0.4	0.2	0.2	0.2

Fuente: Elaboración propia

La variable de satisfacción se analizó por separado para luego promediarla con el valor hallado en las variables anteriores.

Tabla 2

Valor de ponderación para nivel de satisfacción en el aprendizaje de lectura braille

Variable	Satisfacción (Sat.)
Ponderación	1

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se halló el nivel de satisfacción en el aprendizaje de lectura braille con la siguiente fórmula:

$$Sl = \frac{(Aut.* 0.4 + Flex.* 0.2 + Disp.* 0.2 + Acc.* 0.2) + Sat}{2}$$

Ecuación 3: Fórmula para obtener el nivel de satisfacción de aprendizaje de lectura Braille

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

Aut: Autonomía para el aprendizaje de lectura braille

Flex.: Tiempo, diferentes niveles de complejidad sin necesidad de tener que adquirir o cambiar de material de lectura, para lo cual necesitaría trasladarse o pedir a alguien que le proporcione nuevo material.

Disp.: Disponibilidad de material para aprendizaje de lectura braille

Acc.: Accesibilidad al material para aprendizaje de lectura braille

Sat.: Grado o nivel de satisfacción general del sistema de aprendizaje de lectura braille utilizado.

Finalmente, para el indicador de satisfacción de aprendizaje de escritura del Braille se utilizó el siguiente método de ponderación:

Se realizó una ponderación a las variables preguntadas en la encuesta 2.

Tabla 3

Valores de ponderación por variable para el cálculo del nivel de satisfacción en el aprendizaje de escritura braille

Variable	Autonomía (Aut.)	Eficiencia (Ef.)	Practicidad (Pract.)	Almacenamiento (Alm.)
Ponderación	0.4	0.2	0.2	0.2

Fuente: Elaboración propia

La variable de satisfacción se analizó por separado para luego promediarla con el valor hallado en las variables anteriores.

Tabla 4

Valor de ponderación para nivel de satisfacción en el aprendizaje de escritura braille

Variable	Satisfacción (Sat.)
Ponderación	1

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se halló el nivel de satisfacción en el aprendizaje de escritura braille con la siguiente fórmula:

$$Se = \frac{(Aut.* 0.4 + Ef.* 0.2 + Pract.* 0.2 + Alm.* 0.2) + Sat}{2}$$

Ecuación 4: Fórmula para obtener el nivel de satisfacción de aprendizaje de escritura Braille

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

Aut.: Autonomía para el aprendizaje de lectura braille

Ef.: Cantidad de recursos (objetos) utilizados para aprender en escribir en braille

Pract.: Facilidad para toma de apuntes teniendo en cuenta portabilidad y tiempo de preparación para iniciar la escritura.

Alm.: Facilidad de revisar apuntes o tener retroalimentación de lo escrito

Sat.: Grado o nivel de satisfacción general del sistema de aprendizaje de escritura braille utilizado.

A continuación, se detalla como hallar la eficiencia que es usada en la fórmula anterior.

$$Ef = \left(\frac{nr - 3}{nr} \right) * 100$$

Ecuación 5: Fórmula de eficiencia en la escritura braille (cantidad de recursos utilizados)

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

nr: Es el número de objetos utilizados

La tabla 5 muestra los valores obtenidos al aplicar cada instrumento de medición en cada participante antes de implementar el generador de código braille electrónico.

*Tabla 5
Recolección de datos con la ficha de observación 1 y 2 y los cuestionarios 1 y 2, antes de implementar el generador de código braille electrónico.*

Participante	Velocidad de lectura promedio (Caracteres/minuto)	Velocidad de escritura promedio (Caracteres/minuto)	Nivel de satisfacción aprendizaje lectura (Escala 0 a 10)	Nivel de satisfacción aprendizaje escritura (Escala 0 a 10)
A1	113	38	5.7	5.53
A2	111	39	6.3	5.93
A3	112	48	6	5.03
A4	99	40	5.8	5.43
A5	100	35	6.2	5.13
A6	115	33	5.9	5.63
A7	105	39	6	5.93
A8	110	41	6.2	4.93
Media	108	39	6.01	5.44

Fuente: Elaboración Propia

El diseño e implementación del generador electrónico de código braille, tuvo una duración de 12 semanas, a continuación, hacemos una breve descripción de lo acontecido:

1. Se determinaron los requerimientos para el funcionamiento del equipo, esto bajo la asesoría de la Mg Milagros. Casas, quién bajo su experiencia como docente del centro CEBE Tulio Herrera y persona con discapacidad visual, brindo gran aporte al alcance del proyecto.

Se optó por utilizar el “Método -V” porque la implementación del sistema involucra un desarrollo conjunto entre Hardware y software, y este método es adecuado para trabajos en paralelo de ambas ramas, pruebas individuales (Hardware/software) y pruebas de integración.

2. Con el alcance definido, se inició con el “*Diseño de alto nivel*”, esquematizando de manera general los aspectos de software y hardware a implementar.
 - a. Software: Se definió la plataforma de trabajo, código de programación basado en C++, el interfaz hombre-máquina, menú de interacción y niveles de complejidad de los modos lectura y escritura.
 - b. A la par, se determinó la unidad de procesamiento a utilizar, tipo de accionamiento mecánicos para la generación de relieves y cantidad de celdas brailles a implementar.
3. El “*diseño a detalle*”, vino a continuación. En esta parte del proyecto se especificó software y hardware a utilizar, medidas, dimensionamiento de chasis y componentes (marca, modelo, cantidad, etc.), diseño 3D de chasis del equipo, diseño electromecánico 3D de celdas braille (AutoCad), diseño de PCB (Software Eagle). En esta parte del proyecto se elaboran los planos, esquemas de conexión y detalles de montaje.
4. La “*implementación*” involucró el desarrollo de software (código fuente del programa), fabricación de PCB, construcción y pruebas de parte electromecánica de celdas braille y diseño de chasis según el “*diseño a detalle*”.
5. Materializado el “*diseño a detalle*” se realizaron pruebas unitarias por separado, software y hardware, comprobando su funcionamiento adecuado y realizando las correcciones necesarias.

6. Con las correcciones y pruebas satisfactorias individuales se realiza la parte de “*integración*”, Donde se complementa software y hardware realizando pruebas de todo el sistema en conjunto.
7. En esta última parte del proyecto denominada “*Test operacional de sistema*”, se realizan pruebas en un escenario real, es decir, se probó el generador electrónico de código braille con cada participante.

Luego de esto, se realizó la toma de datos denominadas “POST -TEST” para la corroboración de la hipótesis de investigación.

La información adquirida, por los instrumentos de recolección de datos, de los participantes fue procesada según las fórmulas establecidas y se muestran a continuación:

La tabla 6 muestra los valores obtenidos al aplicar cada instrumento de medición en cada participante después de implementar el generador de código braille electrónico.

Tabla 6
Recolección de datos con la ficha de observación 1 y 2 y los cuestionarios 1 y 2, después de implementar el generador de código braille electrónico.

Participante	Velocidad de lectura promedio (Caracteres/minuto)	Velocidad de escritura promedio (Caracteres/minuto)	Nivel de satisfacción aprendizaje lectura (Escala 0 a 10)	Nivel de satisfacción aprendizaje escritura (Escala 0 a 10)
A1	122	50	8.5	7.2
A2	126	49	8.9	7.8
A3	125	60	8.7	7
A4	118	59	8.2	7.3
A5	115	46	9.2	7.1
A6	132	42	8	7.2
A7	120	47	8.6	7.5
A8	122	56	8.6	7.4
Media	122	51	8.59	7.31

Fuente: Elaboración Propia

Habiendo obtenido los resultados de pres y post test, se procedió a determinar el tipo de distribución de la muestra, para ello se aplicó la prueba de Shapiro Wilk (se utilizó el programa XLSTAT) porque la muestra tuvo una cantidad menor a 50. El resultado de la prueba indicó que la muestra sigue una distribución normal. Por ello, se aplicó la prueba T de student, para muestras relacionadas debido a que la muestra fue de distribución normal y menor a 50 muestras (se utilizó el programa XLSTAT).

Por otro lado, en el desarrollo de la investigación fue de vital importancia determinar y cumplir los siguientes lineamientos éticos:

- Debido a que la participación fue de manera voluntaria, primero se detalló con precisión el alcance y objetivos de la investigación a la Mg. Milagros Casas, quién conversó personalmente con cada voluntario. Luego, el equipo de investigación habló con cada participante, de manera individual para despejar cualquier duda o inquietud sobre la investigación.
- A cada participante se le informó sobre la confidencialidad de su información personal, así como los resultados obtenidos en sus pruebas. Determinando que solo el equipo de investigación tenga acceso directo a esta información garantizando el total anonimato en los informes presentados.
- Se estableció un continua y horizontal comunicación con los participantes para mantenerlos al tanto de cualquier cambio en el alcance inicial del proyecto, de esta manera, se refuerza el compromiso del equipo de investigación para con los participantes, debido a que la investigación es gran importancia para ellos.
- La información recolectada en el pre y post test solo fue discutida solo con la Mg Milagros Casas por condición de experta y esto fue comunicado cada participante.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

A continuación, se muestran e interpretan los resultados en el indicador “Velocidad de lectura de código braille (caracteres por minuto)” de la implementación de un generador electrónico de código braille en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual en un centro educativo de Trujillo durante el año 2021. La recolección de datos fue realizada por medio de las fichas de observación 1 y 2 y los cuestionarios 1 y 2.

3.1. Análisis del indicador de velocidad de lectura braille promedio

Tabla 7
Velocidad promedio de lectura braille

Estudiantes	Pre-Test Caracteres / minuto promedio	Post-Test Caracteres / minuto promedio	Diferencia (d)	$d1 - d$	$(d1 - d)^2$
A1	113	122	-9	5.38	28.891
A2	111	126	-15	-0.63	0.391
A3	112	125	-13	1.38	1.891
A4	99	118	-19	-4.63	21.391
A5	100	115	-15	-0.63	0.391
A6	115	132	-17	-2.63	6.891
A7	105	120	-15	-0.63	0.391
A8	110	122	-12	2.38	5.641
Media	108	122	-14.38	Varianza	119.0

Fuente: Elaboración propia

Se debe tener en cuenta la siguiente hipótesis para continuar con el análisis:

H₀: La velocidad de lectura promedio en personas con discapacidad visual de un centro educativo después de usar el generador electrónico de código braille es igual a la a velocidad de lectura promedio en personas con discapacidad visual de un centro educativo antes de usar el generador electrónico de código braille.

H_a: La velocidad de lectura promedio en personas con discapacidad visual de un centro educativo después de usar el generador electrónico de código braille es mayor a la velocidad de lectura promedio en personas con discapacidad visual de un centro educativo antes de usar el generador electrónico de código braille.

Para comprobar la hipótesis se usó la prueba t de student por medio de la extensión XLSTAT

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Pre-Test							
Caracteres / minuto promedio	8	0	8	99.000	115.000	108.125	6.058
Post-Test							
Caracteres / minuto promedio	8	0	8	115.000	132.000	122.500	5.237

Figura 11: Análisis estadístico con prueba T de student con la extensión XLSTATS del software Microsoft Excel

Fuente: Elaboración propia

Prueba t de student para dos muestras relacionadas, prueba unilateral

Diferencia	-14.375
t (Valor observado)	-5.077
t (Valor crítico)	-1.761
GL	14
valor-p (unilateral)	<0.0001
alfa	0.050

Figura 12: Resultados de XLSTATS en t de student, pre y post test en la velocidad de lectura braille promedio.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación brindada por la extensión XLSTAT de microsoft Excel

“Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a .” (XLstat, 2021)

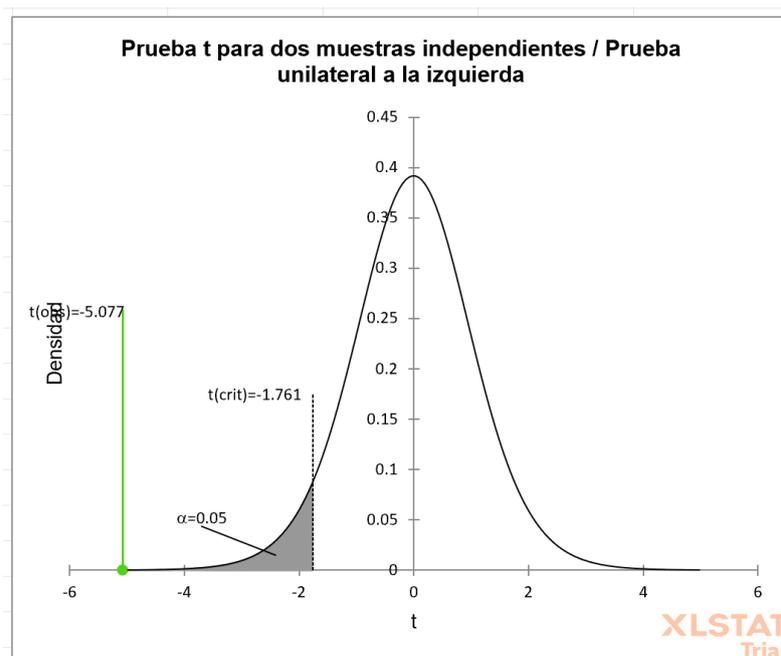


Figura 13: Evaluación de la zona de aceptación o rechazo de la velocidad de lectura braille

Interpretación propia:

- Debido al resultado del análisis, se obtuvo el valor estadístico de prueba $t(\text{obs}) = -5.077$, que al ser menor que el valor crítico $t(\text{crit}) = -1.761$, para 14 grados de libertad y un nivel de significancia de 0.05, se encuentra en el rango de rechazo de la hipótesis nula. Por lo tanto, permite aceptar la hipótesis alterna y se puede concluir efectivamente, el generador electrónico de código braille tiene una influencia positiva sobre la velocidad de lectura braille en personas con discapacidad visual del centro educativo de Trujillo.

3.2. Análisis del indicador de velocidad de escritura braille promedio

A continuación, se muestran e interpretan los resultados en el indicador “velocidad de escritura de código braille (caracteres por minuto)” de la implementación de un generador electrónico de código braille en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual en un centro educativo de Trujillo durante el año 2021. La recolección de datos fue realizada por medio de las fichas de observación 1 y 2 y los cuestionarios 1 y 2.

Tabla 8
Velocidad promedio de escritura braille

Estudiante	Pre-Test Caracteres / minuto promedio	Post-Test Caracteres / minuto promedio	Diferencia (d)	$d_1 - d$	$(d_1 - d)^2$
A1	38	50	-12	0.00	0.00
A2	39	49	-10	2.00	4.00
A3	48	60	-12	0.00	0.00
A4	40	59	-19	-7.00	49.00
A5	35	46	-11	1.00	1.00
A6	33	42	-9	3.00	9.00
A7	39	47	-8	4.00	16.00
A8	41	56	-15	-3.00	9.00
Media	39	51	-12.	Varianza	266.86

Fuente: Elaboración propia

Se debe tener en cuenta la siguiente hipótesis para continuar con el análisis:

H₀: La velocidad de escritura promedio en personas con discapacidad visual de un centro educativo después de usar el generador electrónico de código braille es igual a la a velocidad de escritura promedio en personas con discapacidad visual de un centro educativo antes de usar el generador electrónico de código braille.

H_a: La velocidad de escritura promedio en personas con discapacidad visual de un centro educativo después de usar el generador electrónico de código braille es mayor a la velocidad de escritura promedio en personas con discapacidad visual de un centro educativo antes de usar el generador electrónico de código braille.

Para comprobar la hipótesis se usó la prueba t de student por medio de la extensión XLSTAT

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Pre-Test							
Caracteres / minuto promedio	8	0	8	33.000	48.000	39.125	4.454
Post-Test							
Caracteres / minuto promedio	8	0	8	42.000	60.000	51.125	6.512

Figura 14: Análisis estadístico con prueba T de student con la extensión XLSTATS del software Microsoft Excel

Fuente: Elaboración propia

Prueba t de student para dos muestras relacionadas, prueba unilateral

Diferencia	-12
t (Valor observado)	-4.302
t (Valor crítico)	-1.761
GL	14
valor-p (unilateral)	<0.000
alfa	0.050

Figura 15: Resultados de XLSTATS en t de student, pre y post test en la velocidad de lectura braille promedio.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación brindada por la extensión XLSTAT de microsoft Excel

“Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a .” (XLstat, 2021)

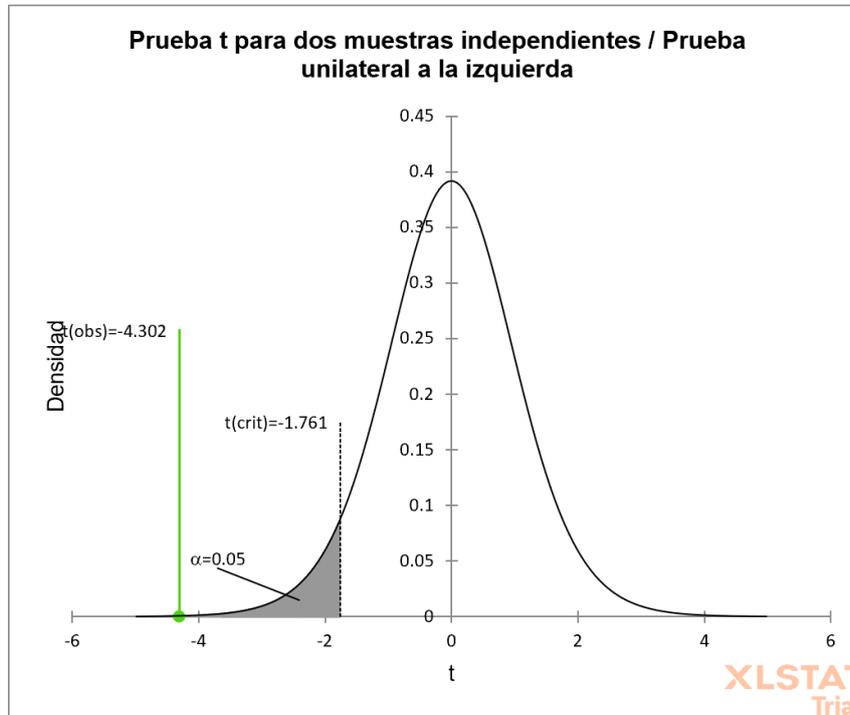


Figura 16: Evaluación de la zona de aceptación o rechazo de la velocidad de escritura braille

Interpretación propia:

- Debido al resultado del análisis, se obtuvo el valor estadístico de prueba $t(\text{obs}) = -4.302$, que al ser menor que el valor crítico $t(\text{crit}) = -1.761$, para 14 grados de libertad y un nivel de significancia de 0.05, se encuentra en el rango de rechazo de la hipótesis nula. Por lo tanto, permite aceptar la hipótesis alterna y se puede concluir efectivamente, el generador electrónico de código braille tiene una influencia positiva sobre la velocidad de escritura braille en personas con discapacidad visual del centro educativo de Trujillo.

3.3. Análisis del indicador de grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de lectura braille

A continuación, se muestran e interpretan los resultados en el indicador “El grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de lectura braille” con la implementación de un generador electrónico de código braille en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual en un centro educativo de Trujillo durante el año 2021. La recolección de datos fue realizada por medio de las fichas de observación 1 y 2 y los cuestionarios 1 y 2.

Tabla 9
Grado de satisfacción del estudiante con el método de aprendizaje de lectura braille

Estudiante	Pre-Test Grado de satisfacción de aprendizaje de lectura braille	Post-Test Grado de satisfacción de aprendizaje de escritura braille	Diferencia (d)	$d1 - d$	$(d1 - d)^2$
A1	5.7	8.5	-2.8	-5.38	28.89
A2	6.3	8.9	-2.6	-5.18	26.78
A3	6	8.7	-2.7	-5.28	27.83
A4	5.8	8.2	-2.4	-4.98	24.75
A5	6.2	9.2	-3	-5.58	31.08
A6	5.9	8	-2.1	-4.68	21.86
A7	6	8.6	-2.6	-5.18	26.78
A8	6.2	8.6	-2.4	-4.98	24.75
Media	6.01	8.59	-2.58	Varianza	8.03

Fuente: Elaboración propia

H0: El grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de lectura braille en personas con discapacidad visual de un centro educativo después de usar el generador electrónico de código braille es igual el grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de lectura braille en personas con discapacidad visual de un centro educativo antes de usar el generador electrónico de código braille.

Ha: El grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de lectura braille en personas con discapacidad visual de un centro educativo después de usar el generador electrónico de código braille es mayor el grado de satisfacción del estudiante en el

aprendizaje de lectura braille en personas con discapacidad visual de un centro educativo antes de usar el generador electrónico de código braille.

Para comprobar la hipótesis se usó la prueba t de student por medio de la extensión XLSTAT

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Pre-Test Grado de satisfacción de aprendizaje de lectura braille	8	0	8	5.700	6.300	6.013	0.210
Post-Test Grado de satisfacción de lectura de escritura braille	8	0	8	8.000	9.200	8.588	0.376

Figura 17: Análisis estadístico con prueba T de student con la extensión XLSTATS del software Microsoft Excel

Fuente: Elaboración propia

Prueba t de student para dos muestras relacionadas, prueba unilateral

Diferencia	-2.575
t (Valor observado)	-16.917
t (Valor crítico)	-1.761
GL	14
valor-p (unilateral)	<0.0001
alfa	0.050

Figura 18: Resultados XLSTATS, t de student pre y post test en el grado de satisfacción de aprendizaje de lectura braille

Fuente: Elaboración propia

Interpretación brindada por la extensión XLSTAT de microsoft Excel

“Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a .” (Xlstat, 2021)

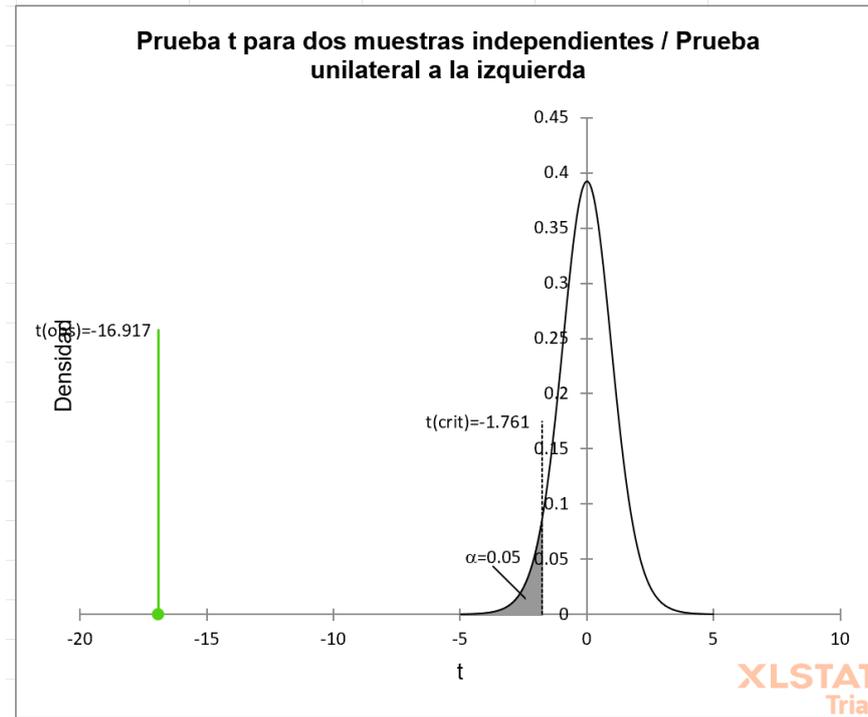


Figura 19: Evaluación zona de aceptación o rechazo de grado de satisfacción en aprendizaje de lectura braille

Interpretación propia:

- Debido al resultado del análisis, se obtuvo el valor estadístico de prueba $t(\text{obs}) = -16.917$, que al ser menor que el valor crítico $t(\text{crit}) = -1.761$, para 14 grados de libertad y un nivel de significancia de 0.05, se encuentra en el rango de rechazo de la hipótesis nula. Por lo tanto, permite aceptar la hipótesis alterna y se puede concluir efectivamente, el generador electrónico de código braille tiene una influencia positiva sobre el grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de lectura braille en personas con discapacidad visual del centro educativo de Trujillo.

3.4. Análisis del indicador de grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de escritura braille

A continuación, se muestran e interpretan los resultados en el indicador “El grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de escritura braille” con la implementación de un generador electrónico de código braille en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual en un centro educativo de Trujillo durante el año 2021. La recolección de datos fue realizada por medio de las fichas de observación 1 y 2 y los cuestionarios 1 y 2.

Tabla 10
Grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de escritura braille

Estudiante	Pre-Test Grado de satisfacción de aprendizaje de lectura braille	Post-Test Grado de satisfacción de aprendizaje de escritura braille	Diferencia (d)	$d_1 - d$	$(d_1 - d)^2$
A1	5.53	7.2	-1.67	-1.67	2.79
A2	5.93	7.8	-1.87	-1.87	3.50
A3	5.03	7	-1.97	-1.97	3.88
A4	5.43	7.3	-1.87	-1.87	3.50
A5	5.13	7.1	-1.97	-1.97	3.88
A6	5.63	7.2	-1.57	-1.57	2.46
A7	5.93	7.5	-1.57	-1.57	2.46
A8	4.93	7.4	-2.47	-2.47	6.10
Media	5.44	7.31	-1.87	Varianza	1.38

Fuente: Elaboración propia

H₀: El grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de escritura braille en personas con discapacidad visual de un centro educativo después de usar el generador electrónico de código braille es igual el grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de escritura braille en personas con discapacidad visual de un centro educativo antes de usar el generador electrónico de código braille.

H_a: El grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de escritura braille en personas con discapacidad visual de un centro educativo después de usar el generador

electrónico de código braille es mayor el grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de escritura braille en personas con discapacidad visual de un centro educativo antes de usar el generador electrónico de código braille.

Para comprobar la hipótesis se usó la prueba t de student por medio de la extensión XLSTAT.

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Pre-Test Grado de satisfacción de aprendizaje de escritura braille	8	0	8	4.930	5.930	5.443	0.387
Post-Test Grado de satisfacción de aprendizaje de escritura braille	8	0	8	7.000	7.800	7.313	0.253

Figura 20: Análisis estadístico con prueba T de student con la extensión XLSTATS del software Microsoft Excel

Fuente: Elaboración propia

Prueba t de student para dos muestras relacionadas, prueba unilateral

Diferencia	-1.870
t (Valor observado)	-11.435
t (Valor crítico)	-1.761
GL	14
valor-p (unilateral)	<0.0001
alfa	0.050

Figura 21: Resultados de XLSTATS, t de student, pre y post test en grado de satisfacción de aprendizaje de escritura braille

Fuente: Elaboración propia

Interpretación brindada por la extensión XLSTAT de microsoft Excel

“Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a .” (Xlstat, 2021)

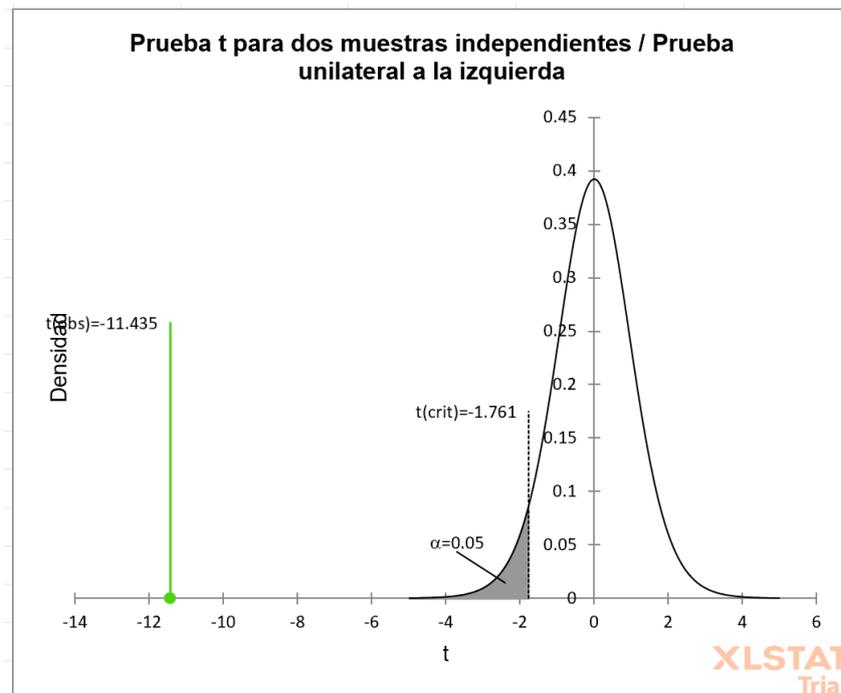


Figura 22: Evaluación zona de aceptación o rechazo de grado de satisfacción aprendizaje de escritura braille.

Interpretación propia:

- Debido al resultado del análisis, se obtuvo el valor estadístico de prueba $t(\text{obs}) = -11.435$, que al ser menor que el valor crítico $t(\text{crit}) = -1.761$, para 14 grados de libertad y un nivel de significancia de 0.05, se encuentra en el rango de rechazo de la hipótesis nula. Por lo tanto, permite aceptar la hipótesis alterna y se puede concluir efectivamente, el generador electrónico de código braille tiene una influencia positiva sobre el grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de escritura braille en personas con discapacidad visual del centro educativo de Trujillo.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

En la tabla 8, muestran los valores del indicador de velocidad de lectura braille promedio antes y después de implementar el generador electrónico de código braille los cuales fueron 108 y 122 caracteres / minuto respectivamente, corroborando un incremento en este indicador del 12.9%. El autor Estrada (2018) en su artículo de investigación “Diseño y construcción de un prototipo de tablero electrónico interactivo para la lectura y escritura del lenguaje braille orientado a niños con discapacidad visual, indica una mejora en este indicador enfocándolo desde el punto de vista de aciertos y desaciertos de caracteres por un estudiante en una lectura braille, utilizando su tablero electrónico interactivo, indicando un promedio de 20 aciertos y 6 desaciertos, esto es un 74% asertividad de reconocimiento de caracteres, no se puede determinar el porcentaje de mejora debido a que no realiza un pretest para el mismo. Por ello, si bien es cierto Estrada (2018), no establece una base de tiempo para este indicador, se pude inferir que mejora el aprendizaje de lectura braille.

La autora Chuquin (2019) en su investigación “Diseño de un prototipo electrónico interactivo como elemento de apoyo para la enseñanza de la suma y resta en niños entre 6 y 7 años del área para no videntes de la universidad técnica del norte, indica un aprendizaje del 90% (9/10 según su escala). Si bien, su estudio estuvo enfocado a la enseñanza de las matemáticas, lo cual es también lectura, en braille lo importante es el reconocimiento táctil de los caracteres en alto relieve. Por ello, la autora también evidencia una mejora utilizando equipos tiflotecnológicos. La diferencia de su indicador con lo de esta investigación, se puede deber a que su muestra son niños en inicio de aprendizaje, a comparación de la muestra de esta investigación que son personas mayores con un nivel de conocimiento del braille no inicial. Además, el menor número de caracteres a reconocer debido a que está enfocado a sumas y restas.

En la tabla 9, se muestra el valor de velocidad de escritura braille promedio, el cual es de 39 caracteres/minuto (0.65 caracteres/segundo) antes de utilizar el generador electrónico de código braille (GECB). Posteriormente, después de haber usado el GECB, el valor obtenido fue de 51 caracteres/minuto (0.85 caracteres/segundo). Se evidencia un aumento en la velocidad de escritura braille promedio del 30.7%.

Los autores Hernández, Pedraza y López (2011), en el artículo “Dispositivo tecnológico para la optimización del tiempo de aprendizaje del lenguaje Braille en personas invidentes” afirmaron un incremento en la velocidad de escritura del 80% con un tiempo mínimo de 2 segundos / caracteres, es decir 30 caracteres por minuto.

Por otro lado, Aldaz Sánchez, A. (2016) en su tesis “Sistema electrónico para la enseñanza del lenguaje Braille a personas invidentes” afirmaron obtener una mejora del 49.3% en la reducción del tiempo de aprendizaje de la escritura braille. Si bien es cierto, en contrastación con esta última investigación, cuyo enfoque del indicador está dirigido a la reducción del tiempo de aprendizaje de escritura braille. Por otro lado, la diferencia entre ambos porcentajes de mejora se debe a que se usaron servomotores que se hallaron en la localidad los cuales hacían de gran tamaño el prototipo de esta investigación. Sin embargo, ambas investigaciones evidencian que el uso de un sistema electrónico para la enseñanza de la escritura braille influye de manera positiva.

Respecto a la contrastación con el primer artículo, donde manifiesta un 80% de mejora en la velocidad de escritura braille, un 48% mayor que en esta investigación, esto se puede justificar debido a que en la muestra de esta investigación hubieron personas con discapacidad visual con un conocimiento previo de lectoescritura braille con promedios de escritura intermedios (31 caracteres / minuto), caso contrario, la muestra del artículo en cuestión, tuvieron personas con conocimientos básico o nulos con tiempo iniciales máximos de 2 minutos por carácter. Por ende, la aplicación de este equipo tiftecnológico brinda un mayor resultado en esa investigación.

En la tabla 10, se muestra el indicador referente al grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de lectura braille, con un valor de 6.01 de satisfacción (escala de 0 al 10) antes de utilizar el generador electrónico de código braille (GECB). Posteriormente, después de haber usado el GECB, el valor obtenido fue de un valor de 8.59 de satisfacción (escala de 0 al 10). Se evidencia un aumento del indicador en un 42.9%. El autor Aucay (2016) en su tesis “Prototipo electrónico de enseñanza del sistema Braille” afirman un nivel de satisfacción de 4.5/5 (escala de 0 a 5), lo cual convertido a escala decimal tiene un equivalente de 9.00, un incremento mayor al de nuestra investigación por 47%. Cabe resaltar que el indicador es el ponderado de varios factores como autonomía, flexibilidad, disponibilidad y accesibilidad, sin embargo, en la tesis en mención no detalla que parámetros estableció para determinar este indicador. Por otro lado, los autores Robles, Guzhñay, Pulla, Pesántez, Suquilanda y Bernal (2018) en la investigación “Un entrenador de Braille multifunción basado en sistemas embebidos, aplicaciones móviles, razonamiento basado en reglas y minería de datos para niños con discapacidad visual” presentan indicadores de 4.85 (escala de 0 a 5), lo cual llevado a una escala de 0 a 10 es de 9.7. La razón de esta diferencia es básicamente al tamaño del equipo implementado en esta investigación, debido a que se utilizaron servomotores de gran tamaño dificultando la portabilidad de este. Sin embargo, esto puede ser mejorado con la adquisición de servomotores de mucho menor tamaño.

En la tabla 11, muestran los valores del indicador sobre el grado de satisfacción del estudiante en el aprendizaje de escritura braille antes y después de implementar el generador electrónico de código braille los cuales fueron 5.44 y 7.31 respectivamente, corroborando un incremento en este indicador del 34.3%. Los autores Úsuga y Santamaría (2016) en su tesis “Desarrollo de un signo generador electrónico para dar a niños con discapacidad visual una herramienta amigable e interactiva y que permita una mayor autonomía en la adquisición de los conceptos básicos del sistema de lecto-escritura braille” muestran en este indicador

un valor de 100% (equivalente a 10 en nuestra escala de 0 a 10). A pesar, que ambas investigaciones corroboran la influencia positiva del uso estos dispositivos en dicho indicador, se puede inferir que la diferencia mostrada se debe a los conocimientos y/o experiencias previas de otros sistemas de aprendizaje por parte de los participantes para su contrastación, de este modo, los autores Úsuga y Santamaría (2016) indican que en su muestra el “50% de los niños evaluados no tenían conceptos previos muy profundos sobre éste sistema de lecto escritura, el 25% tenía conocimiento de la construcción de algunos símbolos y la distribución de los puntos en el cajetín, el 25 % restante tenía un conocimiento avanzado del sistema Braille”. Sin embargo, en la muestra el 100% tenían conocimientos previos de otros sistemas de aprendizaje braille.

4.2 Conclusiones

Finalmente, se obtuvieron las siguientes conclusiones al culminar la presente investigación:

Se evidenció la influencia positiva del generador electrónico de código braille en la velocidad de lectura braille en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual, debido a que se verificó un incremento del 12.9% en este indicador y lo cual fue contrastado con la prueba de comparación de muestras T student.

Se demostró, de manera positiva, el impacto de aplicar el generador electrónico de código braille en la velocidad de escritura braille en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual por el incremento de este indicador del 30.7%. Igualmente, esto fue comprobado con la prueba de comparación de muestras t student

Se evidenció, la influencia positiva del uso del generador electrónico de código en la satisfacción de aprendizaje de lectura braille en la inclusión educativa de personas con discapacidad. Esto debido que aplicar al aplicarlo, se obtuvo un incremento del 42.9% en este indicador y verificado con la prueba T student.

Se evidenció, que el uso del generador electrónico de código en la satisfacción de aprendizaje de escritura braille en la inclusión educativa de personas con discapacidad influye de manera positiva. Esto debido que aplicar al aplicarlo, se obtuvo un incremento del 34.3% en este indicador y verificado con la prueba T student.

4.3 Recomendaciones

A continuación, se presentan las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones enfocadas al mismo tema

Realizado el pretest, se debe de categorizar la muestra por edad, conocimiento previo del braille y nivel de discapacidad visual, de este modo poder tener una muestra más homogénea en condiciones y representatividad para poder determinar con exactitud el nivel de influencia de la implementación planteada.

Tener un grupo adicional de muestra de control, el cual utilice el método de aprendizaje tradicional, de este modo poder evaluar y contrastar los dos métodos y poder establecer con mayor exactitud la eficiencia de la investigación en el aprendizaje de lectura y escritura.

Utilizar servomotores de menor tamaño para la construcción de las celdas braille o adquirir celdas braille fabricadas (mayor costo). De este modo, tener mayor cantidad de celdas en el mismo espacio, cumplir con las distancias entre celda y celda establecido para elaborar un texto en braille para poder lograr una mayor fluidez al momento de practicar la lectura.

Utilizar un software sintetizador de voz en lugar de audios grabados, esto permite tener una lista ilimitada de conjunciones fonéticas, teniendo acceso a sílabas, palabras, frases

y hasta oraciones. De esta forma, ampliar vocabulario, entonación y/o pausas por el uso de signos de puntuación y poder incluir otros idiomas.

REFERENCIAS

- ADDINSOFT. (s.f.). XLSTAT - La Solución de Análisis de Datos para Microsoft Excel.
Obtenido de <https://www.xlstat.com/es/empresa/microsoft-partner>
- Aldaz Sánchez, A. (2016). Sistema electrónico para la enseñanza del lenguaje Braille a personas invidentes [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato].
- Avendaño Mejía, C. & Villa Cajilima, F. (2019). Diseño e implementación de un dispositivo electrónico interactivo para aprendizaje de Pre-Braille orientado a personas con discapacidad visual. [Tesis de grado, Universidad del Azuay].
- Aucay Pauta, J. (2016). “Prototipo electrónico de enseñanza del sistema Braille” de la universidad politécnica salesiana. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]
- Barzallo Tomalá, E. (2017). Módulo de prácticas para el proceso de enseñanza aprendizaje de sistemas digitales utilizando la tecnología raspberry pi para el laboratorio de electrónica y robótica de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales. [Tesis de grado, Universidad estatal del sur de Manabí].
- Cabrera, 2018. Diseño y desarrollo de un prototipo de línea braille de bajo costo para personas no videntes en el marco de cátedra UNESCO “Tecnologías de apoyo para la inclusión educativa” de la universidad politécnica salesiana. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]
- Chuquin Lopez, G. (2019). Diseño de un prototipo electrónico interactivo como elemento de apoyo para la enseñanza de la suma y resta en niños entre 6 y 7 años del área para no videntes de la universidad técnica del norte [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte].
- Chuquin López, G. (2019). Prototipo electrónico de enseñanza del sistema Braille [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca].
- De la Torre, Figueroa y Huarcaya, 2020. Tipos de ceguera y alteraciones posturales en estudiantes con discapacidad visual. [Tesis de grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]
- Doyáñez Sánchez, D. (2019) Diseño y desarrollo de sistema de orientación para invidentes [Tesis de Grado, Universidad Autónoma de Madrid].

- Duarte-Barón, Katherin, Pabón, Julieth X., Claros, Reynaldo, & Gil, Jhon J. (2016). Design and construction of a device for facilitating the learning of Braille literacy system. *Ingeniería y competitividad*, 18(1), 79-92. Retrieved April 24, 2021, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012330332016000100008&lng=en&tlng=en
- Dussán Álvarez, María Antonieta; Jiménez Hernández, Luis Alexander; Hernández Suárez, Cesar Augusto; Giraldo Peñaranda, Leonel; Acosta Villamizar, Felipe Sistema electrónico mecánico para el aprendizaje de la lecto-escritura del braille *Umbral Científico*, núm. 5, diciembre, 2004, pp. 59-65 Universidad Manuela Beltrán Bogotá, Colombia
- Enríquez, W., Nazate, P., & Marcillo, O. (2018). Prototipo DAS basado en FPGA de 12 canales para monitoreo geodinámico. *Visión electrónica*, 12(1), 73–82. <https://doi.org/10.14483/22484728.13782>
- Estrada, Jonathan (2018). Diseño y construcción de un prototipo de tablero electrónico interactivo para la lectura y escritura del lenguaje braille orientado a niños con discapacidad visual.
- Gómez, M. Cervantes, J. & Gonzáles, P. (2013). Inicialízate en la programación con C++. México DF, México: Universidad Autónoma Metropolitana
- Haber-Olguin, Alberto & López-Quintero, Jesús. (2015, Enero-Febrero). “Dispositivo electrónico simulador del código Braille con interfase multimedia interactiva”. *Mex Oftalmol*, Volumen (70), 32-36.
- Hernández, C., Pedraza, L. & López, D (2011). Dispositivo tecnológico para la optimización del tiempo de aprendizaje del lenguaje Braille en personas invidentes. <http://recibe.cucei.udg.mx/index.php/ReCIBE/article/view/167>
- Herencia y Heredia, 2020. Solución tecnológica para la inclusión de alumnos invidentes en universidades. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]
- Jiménez, Morales (2011). Sistema electrónico para la enseñanza fr la escritura de código Braille

- Lermen, Dean (2014) Diagnóstico sobre la inclusión educativa de los niños y jóvenes con discapacidad visual en Latinoamérica. En <http://www.risalc.org/portal/pdf/EspanolDiagnosticoICEVI.pdf>
- Loayza-Galeano, Christian David & Torres-.Rengifo, Saulo de Jesús. (2013). “Horus, Prototipo de herramienta tecnológica de apoyo semilibre, para personas con discapacidad visual”. Ventana Informática, Volumen (29), 60 <https://doi.org/10.30554/ventanainform.29.241.2013>
- Loza, Oscar (2011). Sistema electrónico Braille para la ayuda en el aprendizaje de personas no videntes.
- Mejia, 2016. Diseño de un banco de pruebas didáctico para la operación de un sistema de control de movimiento con un servomotor yaskawa. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Tecnológica de Pereira]
- Montalvo, P. (2021). Desarrollo de un módulo lector braille electrónico para personas con discapacidad visual orientado a portabilidad y ergonomía. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]
- Noboa, Diana, Noboa, Andrea, Tipán, Edgar & Ibarra, Alexander (2015). Diseño e Implementación de un Sistema Electrónico con Interface a PC para Automatizar una Máquina de Escribir Braille.
- Pérez, A. Berreteaga, O. Ruiz, A. Urkidi, A. & Pérez, J. (2016), Una Metodología para el desarrollo de hardware y software embebidos en sistemas críticos de seguridad
- Ramos, L. & Álvarez, F. (2020, Mayo). Metuiga “metodología para el diseño de sistemas basados en interfaces tangibles de usuario y técnicas de gamificación” en la enseñanza de porciones matemáticas para niños ciegos. Computación e informática. Volumen 9. (1).
- Shanker. (2012). Improvement in the V-Model
- Rey, F & Tarres, F. (2015). Multiplexación de y sistemas de acceso múltiple
- Robles-Bykbaev, Vladimir, Guzhñay-Lucero, Antonny, Pulla-Sánchez, Daniel, Pesánte-Avilés, Fernando, Suquilanda-Cuesta, Paola, & Bernal-Merchán, Estefanía. (2018). Un entrenador de Braille multifunción basado en sistemas embebidos, aplicaciones móviles, razonamiento basado en reglas y minería

de datos para niños con discapacidad visual. *Computación y Sistemas*, 22(4),
1487-1502. Epub 10 de febrero de 2021.
<https://doi.org/10.13053/cys-22-4-2795>

Saavedra, 2020. Sistema web para la gestión de los servicios bibliotecarios de personas con discapacidad visual en la Unión Nacional de Ciegos del Perú. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo].

Sánchez, R. (2015). t-Student: Usos y abusos. *Revista mexicana de cardiología*, 26(1), 59-61. Recuperado en 06 de julio de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-21982015000100009&lng=es&tlng=es.

Silva, Antonio & Ponce, Julio (2015). Recurso educativo de Braille con realidad aumentada

S. Pedre, "Sistemas Embebidos", Laboratorio de Robótica y Sistemas Embebidos, Departamento de computación FCEN UBA, 2017. [En línea]. Disponible en: http://www-2.dc.uba.ar/charladeborrachos/presentaciones/charla_2012-10-12.pdf

O. Torrente, "Arduino. Curso práctico de formación". Rc Libros: Madrid, 2013, pp. 68.

Úsuga Morales, D. (2016). Desarrollo de un signo generador electrónico para dar a niños con discapacidad visual una herramienta amigable e interactiva y que permita una mayor autonomía en la adquisición de los conceptos básicos del sistema de lecto-escritura braille. [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas].

Villalobos-Piña, Francisco Javier, & Esparza-González, Mario Salvador, & Muñoz-Correa, Juan José (2018). Diseño de Impresora Braille a Partir de Impresora de Matriz de Puntos. *Conciencia Tecnológica*, (56),. [fecha de Consulta 24 de abril de 2021]. ISSN: 1405-5597. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94457671008>

Vinuenza-Escobar, Cristhian, Moreno-Montenegro, Franklin, Morales-Gordon, José, Velastegui-Noboa, Hugo, & Vallejo-Vallejo, Geovanny. (2017). "Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en hardware libre". *Publicando*, Volumen (12), 89-107.

ANEXO 1: Matriz de consistencia

<i>Generador electrónico de código Braille en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual de un centro educativo de la ciudad de Trujillo, 2021</i>				
PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	METODOLOGÍA
¿De qué manera influye un generador electrónico de código Braille en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual de un centro educativo de la ciudad de Trujillo, 2021?	Generador electrónico de código Braille influye positivamente en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual	Determinar la influencia de un generador electrónico de código Braille en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual en un centro educativo de la ciudad de Trujillo en el 2021	Generador electrónico de código Braille	Diseño
				$G \quad O_1 \quad X \quad O_2$
				<p>Donde: G: Muestra X: Generador electrónico de código Braille O1: Medición pre-experimental de la inclusión social de personas invídetes O2: Medición post-experimental de la inclusión social de ersonas invídetes</p>
				Población

		<p style="text-align: center;">OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>Determinar la influencia del generador electrónico de código Braille en la eficiencia del aprendizaje del código braille en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual.</p> <p>Determinar la influencia del generador electrónico de código Braille en el ahorro económico en la inclusión educativa de personas con discapacidad visual</p>	<p style="text-align: center;">VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Inclusión educativa de personas con discapacidad visual</p>	<p style="text-align: center;">8 estudiantes</p> <p>Muestra</p> <p>8 estudiantes</p> <p>Tipo:</p> <p>No Probabilística</p>
--	--	---	---	--

ANEXO 2: Matriz de operacionalización

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Generador electrónico de código Braille	<p>“Herramienta tecnológica de apoyo, compuesto por un componente informático inmaterial (interfaz gráfica – GUI Software)) y un conjunto de elementos electrónicos que componen su parte física (Pantalla de Relieves” (Hardware))</p> <p>LOAIZA, C. D. & TORRES, S. J. (2013). Horus: Prototipo de herramienta tecnológica de apoyo semi-libre, para personas con discapacidad visual. <i>Ventana Informática</i>, 29 (2), 13-28.</p>	<p>El Generador electrónico de código Braille es medido por la velocidad de respuesta en lectura y escritura.</p> <p>“La Tabla 1 presenta los tiempos aproximados de reproducción de SMS con diferentes operadores después de ingresar los caracteres al tablero digital Braille”.</p> <p>Hernández, C., Pedraza, L. & López, D (2011). Dispositivo tecnológico para la optimización del tiempo de aprendizaje del lenguaje Braille en personas invidentes</p>	Velocidad de escritura del código Braille	Tiempo de respuesta de matriz de relieves
				Tiempo de autonomía energética de matriz de relieves
			Velocidad de lectura de data de ingreso	Tiempo de adquisición y procesamiento de data (voz, imagen, escaneo)
				Capacidad de almacenamiento temporal de data en buffer
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Inclusión educativa de personas invidentes	<p>“La educación inclusiva y de calidad se basa en el derecho de todos los alumnos a recibir una educación de calidad que satisfaga sus necesidades básicas de aprendizaje y enriquezca sus vidas” (UNESCO, 2008, p. 24). (Zuñiga, García e Izquierdo, 2012).</p>	<p>Producción y/o acceso de libros en formato Braille</p> <p>“Bibliotecas para el Desarrollo (PE18) Por su parte, la BNP desarrolla la “Capacitación para Usuarios inclusivos (PE03) enseñando lectura y producción de materiales en Braille y audio libros”. (Talavera y Merino, 2017).</p>	Educación	Aprendizaje de lectura de código braille en alumnos (caracteres por minuto)
				Aprendizaje de escritura de código braille en alumnos (Caracteres por minuto)
			Satisfacción	Grado de satisfacción del estudiante con el método aprendizaje de lectura braille
				Grado de satisfacción del estudiante con el método aprendizaje de escritura braille

ANEXO 3: Instrumento de medición 1

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS # 1
INCLUSIÓN EDUCATIVA DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL

Datos de Estudiante

Nombre:

Edad:

Docente / Instructor:

Objetivo:

1. Obtener información sobre la velocidad de lectura en braille.

Prueba	Fecha	Caracteres / minuto (Lectura)
1		
2		
3		
4		
5		
Caracteres por minuto promedio		

Observaciones:

ANEXO 4: Instrumento de medición 2

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS # 2
INCLUSIÓN EDUCATIVA DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL

Datos de Estudiante:

Nombre:

Edad:

Docente / Instructor:

Objetivo:

1. Obtener información sobre la velocidad de escritura en braille.

Prueba	Fecha	Caracteres / minuto (Escritura)
1		
2		
3		
4		
5		
Caracteres por minuto promedio		

Observaciones:

ANEXO 5: Instrumento de medición 3

FICHA DE ENCUESTA # 1 INCLUSIÓN EDUCATIVA DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL

Estudiante:

Edad:

Objetivo:

Obtener información sobre la autonomía, flexibilidad, disponibilidad, accesibilidad y el grado de satisfacción del método utilizado. para el aprendizaje de "lectura" del braille

1. ¿Qué grado de autonomía tiene usted al aprender braille con el método que actualmente utiliza?
Responda en términos de porcentaje:

0% : Necesito a un tutor todo el tiempo durante mi proceso de aprendizaje con el método actual.
100% : Soy totalmente autónomo al aprender con el método actual.

0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

(presentar esta tabla como casillas para marcar en formulario, si es virtual)

2. En términos de porcentaje, que tan flexible y/o adaptativo es el método de aprendizaje de lectura braille que utiliza? ¿Tiene acceso a diferentes niveles de complejidad de lectoescritura cómodamente sin problemas para conseguir el material?

Entendiéndose:

- Flexible y/o adaptativo se refiere a que el método que utilizó puede brindar diferentes niveles de complejidad sin necesidad de tener que adquirir o cambiar de material de lectura, para lo cual necesitaría trasladarse o pedir a alguien que le proporcione nuevo material.
- Material: Texto de lectura que contenga vocales, consonantes, signos de puntuación, palabras, etc.

0% : No es flexible, solo puedo leer el material que tengo en ese instante
100% : Es totalmente flexible, dispongo de todo tipo de material en ese instante.

0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

3. ¿En términos de porcentaje, que disponibilidad de material tiene para practicar su método de aprendizaje de lectura braille?

0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

4. ¿En términos de porcentaje, con qué nivel de facilidad o dificultad puede conseguir el material de aprendizaje de lectura braille?

0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

5. ¿En términos de porcentaje, qué tan satisfecho (a) está con el método de aprendizaje de lectura braille que utiliza?

0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Observaciones:

ANEXO 6: Instrumento de medición 4

FICHA DE ENCUESTA # 2

INCLUSIÓN EDUCATIVA DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VIAUL

Estudiante:

Edad:

Objetivo:

Obtener información sobre la autonomía, eficiencia, practicidad en toma Y revisión de apuntes, accesibilidad y el grado de satisfacción del método utilizado para el aprendizaje de “escritura” del braille.

- ¿En términos de porcentaje, que nivel de autonomía le dio el método de aprendizaje de escritura braille que utiliza?
0% : Necesité a un tutor todo el tiempo durante mi proceso de aprendizaje.
100% : Me permitió aprender de manera totalmente autónoma

0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

- ¿Cuántos recursos utilizó para escribir en braille (eficiencia)?
Recurso: Objeto material involucrado en el proceso de escritura (regleta, punzón o papel,

1	2	3
---	---	---

- ¿Qué tan complicado es utilizar el método de escritura braille actual para tomar notas al instante (practicidad en toma de apuntes)?
Entiéndase por complicado: Difícil Portabilidad, tiempo de toma de apuntes de información, tiempo de preparación para empezar a escribir.
1: No es nada complicado
10: Es muy complicado

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

- ¿Qué tan complicada es la revisión del material escrito almacenado en braille físico (¿practicidad en revisión de apuntes)?
Entiéndase por complicado: Cantidad de recursos a utilizar, tiempo para hallar un apunte.
1: No es nada complicado
10: Es muy complicado

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

- ¿En términos de porcentaje, qué tan satisfecho (a) está con el método de aprendizaje de escritura braille que utilizó?

0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Observaciones:

ANEXO 7: Matriz de validación de expertos de instrumento 1

MATRIZ DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	GENERADOR ELECTRÓNICO DE CÓDIGO BRAILLE EN LA INCLUSIÓN EDUCATIVA DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL DE UN CENTRO EDUCATIVO DE TRUJILLO, 2021			
Línea de investigación:	Salud pública y poblaciones vulnerables			
El o los instrumentos de medición pertenece(n) a la variable:	Inclusión educativa de personas con discapacidad visual			
<p>Mediante la matriz de validación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.</p>				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		GUARDA COHERENCIA CON EL TÍTULO Y PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN.
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables, dimensiones o indicadores de la investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas? - (En caso de cuestionarios)	X		LAS PREGUNTAS SON CLARAS, DE FÁCIL COMPRENSIÓN.
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? - (En caso de cuestionarios)	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? - (En caso de cuestionarios)	X		SON COMPRENSIBLES Y FUNCIONALES
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población/muestra de estudio?	X		LA FORMA DE APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO ES ACCESIBLE PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
<p>Sugerencias: Este instrumento, ha sido redactado teniendo en cuenta la realidad de uso de lectura braille de las personas encuestadas, sirve como fundamentación a la investigación y a la elaboración del proyecto. Se sugiere aplicarlo de forma virtual para las personas que tengan acceso y tecnologías adaptadas para el uso de formularios virtuales, o de manera oral, mediante audios para quienes se sientan más cómodos con este modo de aplicación.</p>				
<p>Nombre completo: Alicia Milagros Casas Rodríguez DNI: N° 18166833 Grado: Licenciada, con estudios concluidos de Maestría</p>		 Firma del Experto		

ANEXO 8: Matriz de validación de expertos de instrumento 2

MATRIZ DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	GENERADOR ELECTRÓNICO DE CÓDIGO BRAILLE EN LA INCLUSIÓN EDUCATIVA DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL DE UN CENTRO EDUCATIVO DE TRUJILLO, 2021			
Línea de investigación:	Salud pública y poblaciones vulnerables			
El o los instrumentos de medición pertenece(n) a la variable:	Inclusión educativa de personas con discapacidad visual			
<p>Mediante la matriz de validación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.</p>				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		Coherente en su totalidad.
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables, dimensiones o indicadores de la investigación?	X		Elementos explícitos
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		Concordante para comparar la escritura convencional del braille con la generada electrónicamente.
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas? - (En caso de cuestionarios)	X		Preguntas claras en el instrumento.
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? - (En caso de cuestionarios)	X		tiene coherencia.
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? - (En caso de cuestionarios)	X		Alternativas comprensibles.
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población/muestra de estudio?	X		Accesible para personas con discapacidad visual.
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		Funcional.
<p>Sugerencias: Al momento de la aplicación del instrumento, realizar una observación sistemática, así como considerar los comentarios y aportes de cada persona con discapacidad visual participante en el proyecto, para retroalimentar la formulación del generador electrónico de Braille.</p>				
<p>Nombre completo: Alicia Milagros Casas Rodríguez DNI: N° 18166833 Grado: Licenciada, con estudios de Segunda especialidad en Educación Especial, estudios concluidos de Maestría</p>		 Firma del Experto		

ANEXO 9: Matriz de validación de expertos de instrumento 3

MATRIZ DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	GENERADOR ELECTRÓNICO DE CÓDIGO BRAILLE EN LA INCLUSIÓN EDUCATIVA DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL DE UN CENTRO EDUCATIVO DE TRUJILLO, 2021			
Línea de investigación:	Salud pública y poblaciones vulnerables			
El o los instrumentos de medición pertenece(n) a la variable:	Inclusión educativa de personas con discapacidad visual			
<p>Mediante la matriz de validación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.</p>				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables, dimensiones o indicadores de la investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas? - (En caso de cuestionarios)	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? - (En caso de cuestionarios)	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? - (En caso de cuestionarios)	X		Totalmente comprensibles y promueven la autonomía del participante
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población/muestra de estudio?	X		Accesible a las personas con discapacidad visual.
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		Instrumento es funcional
<p>Sugerencias: Al aplicar, fomentar la autonomía de los participantes con discapacidad visual, valorando sus aportes al desarrollo del proyecto.</p>				
<p>Nombre completo: Alicia Milagros Casas Rodríguez DNI: N° 18166833 Grado: Licenciada, con Segunda Especialidad en Educación Especial, estudios concluidos de Maestría</p>		 Firma del Experto		

ANEXO 10: Matriz de validación de expertos de instrumento 4

MATRIZ DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	GENERADOR ELECTRÓNICO DE CÓDIGO BRAILLE EN LA INCLUSIÓN EDUCATIVA DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL DE UN CENTRO EDUCATIVO DE TRUJILLO, 2021			
Línea de investigación:	Salud pública y poblaciones vulnerables			
El o los instrumentos de medición pertenece(n) a la variable:	Inclusión educativa de personas con discapacidad visual			
<p>Mediante la matriz de validación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.</p>				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		Coherente totalmente
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables, dimensiones o indicadores de la investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas? - (En caso de cuestionarios)	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? - (En caso de cuestionarios)	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? - (En caso de cuestionarios)	X		Instrumento comprensible en su redacción
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población/muestra de estudio?	X		Instrumento accesible para personas con discapacidad visual
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		Instrumento funcional para recolección de datos y establecimiento de conclusiones
<p>Sugerencias: Instrumento muy claro para apreciar el nivel de satisfacción y de autonomía que tienen los participantes con el sistema actual de escritura braille. Considerar tiempos y forma de aplicación cómoda para los participantes.</p>				
<p>Nombre completo: Alicia Milagros Casas Rodríguez DNI: N° 18166833 Grado: Licenciada, con Segunda Especialidad en Educación Especial, estudios concluidos en Maestría.</p>		 Firma del Experto		

ANEXO 11: Carta de aceptación para realizar investigación



Centro de Educación Básica Especial "TULIO HERRERA LEÓN"

Garcilazo de la Vega N° 199 - Telf. 221461 - RUC 20355218521 Urb. "El Sol"
Trujillo - Perú

Trujillo, 19 de junio de 2021

Para:
Sr. Luis José Vargas León.
Presente. –

Asunto: Carta de Aceptación para el
desarrollo de Trabajo de Investigación.

DE MI CONSIDERACIÓN:

Por medio de la presente, nos es grato saludarlo cordialmente y en atención a vuestra solicitud presentada, otorgamos nuestra autorización para realizar el PROYECTO DE INVESTIGACIÓN en nuestra institución Centro de Educación Básica Especial "Tulio Herrera León", ubicada en la ciudad de Trujillo, brindando nuestro apoyo en los temas competentes.

Agradezco su confianza puesta en nuestra Institución Educativa.

Cordialmente,



Rosa A. Rodríguez Castilla
DIRECTORA

www.cebetulioherreraleon.blogspot.esE-mail: cebethl@yahoo.es
facebook: [CEBE TULIO HERRERA LEON](#)

ANEXO 12: Constancia de realización de proyecto de investigación



**Centro de Educación Básica Especial
"TULIO HERRERA LEÓN"**
Garcilazo de la Vega N° 199 - Telf. 221461 - RUC 20355218521 Urb. "El Sol"
Trujillo - Perú

**CONSTANCIA DE EJECUCIÓN PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN**

**LA DIRECTORA DEL CENTRO DE EDUCACIÓN BÁSICA ESPECIAL
"TULIO HERRERA LEÓN"**

OTORGA LA PRESENTE CONSTANCIA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN:

Al Sr. **Luis José Vargas León**, identificado con DNI 42193881, estudiante de
la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Privada del Norte, quién ha
realizado la ejecución de su proyecto de investigación, bajo la asesoría de la Mg. Milagros
Casas, docente del Centro de Educación Básica Especial "Tulio Herrera León", durante
los meses de junio a noviembre del 2021.

Se otorga la presente constancia para fines que el interesado estime por
convenientes.

Trujillo, 03 de noviembre de 2021



Rosa A. Rodríguez Castillo
Mg. Rosa A. Rodríguez Castillo
DIRECTORA



Mg. Alicia Milagros Casas Rodríguez
Docente CEBE "Tulio Herrera León"

www.cebetulioherraraleon.blogspot.es

E-mail: cebethl@yahoo.es
facebook: **CEBE TULIO HERRERA LEON**

ANEXO 14: Pruebas de normalidad de indicador de velocidad de lectura Braille

Está utilizando la versión de evaluación de XLSTAT. Número de días restantes hasta que expire la evaluación: 14

XLSTAT 2021.4.1.1209 - Pruebas de normalidad - Comienzo: 05/11/2021 a las 00:32:35 / Final: 05/11/2021 a las 00:32:36

Datos: Libro = Muestras BD.xlsx / Hoja = Lectura / Rango = Lectura!\$C\$4:\$D\$12 / 8 filas y 2 columnas

Nivel de significación (%): 5



Estadísticos descriptivos

Estadísticos descriptivos:

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Pre-TestCarac	8	0	8	99.000	115.000	108.125	6.058
Post-TestCarac	8	0	8	115.000	132.000	122.500	5.237

Prueba de Shapiro-Wilk (Pre-Test Caracteres / minuto promedio):

W 0.885

valor-p (bilate 0.209

alfa 0.050

Interpretación de la prueba:

H0: La variable de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución Normal.

Ha: La variable de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución Normal.

Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación alfa=0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula H0.

Prueba de Shapiro-Wilk (Post-Test Caracteres / minuto promedio):

W 0.976

valor-p (bilate 0.943

alfa 0.050

Interpretación de la prueba:

H0: La variable de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución Normal.

Ha: La variable de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución Normal.

Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación alfa=0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula H0.

Resumen:

Variable\Prueba	Shapiro-Wilk
Pre-TestCarac	0.209
Post-TestCarac	0.943

ANEXO 15: Pruebas de normalidad de indicador de velocidad de escritura braille

Está utilizando la versión de evaluación de XLSTAT. Número de días restantes hasta que expire la evaluación: 14

XLSTAT 2021.4.1.1209 - Pruebas de normalidad - Comienzo: 05/11/2021 a las 00:36:02 / Final: 05/11/2021 a las 00:36:04

Datos: Libro = Prueba normalidad y T student Escritura.xlsx / Hoja = Escritura / Rango = Escritura!\$C\$5:\$D\$13 / 8 filas y 2 columnas

Nivel de significación (%): 5



Estadísticos descriptivos

Estadísticos descriptivos:

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Dev. típica
Pre-Test Caracteres / minuto promedio	8	0	8	33.000	48.000	39.125	4.454
Post-Test Caracteres / minuto promedio	8	0	8	42.000	60.000	51.125	6.512

Prueba de Shapiro-Wilk (Pre-Test Caracteres / minuto promedio):

W	0.923
valor-p (bilateral)	0.458
alfa	0.050

Interpretación de la prueba:

H0: La variable de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución Normal.

Ha: La variable de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución Normal.

Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, no se puede rechazar la hipótesis nula H0.

Prueba de Shapiro-Wilk (Post-Test Caracteres / minuto promedio):

W	0.932
valor-p (bilateral)	0.536
alfa	0.050

Interpretación de la prueba:

H0: La variable de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución Normal.

Ha: La variable de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución Normal.

Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, no se puede rechazar la hipótesis nula H0.

Resumen:

Variable\Prueba	Shapiro-Wilk
Pre-Test Caracteres / minuto promedio	0.458
Post-Test Caracteres / minuto promedio	0.536

ANEXO 16: Pruebas de normalidad de indicador de satisfacción de aprendizaje de lectura

Braille

Está utilizando la versión de evaluación de XLSTAT. Número de días restantes hasta que expire la evaluación: 14

XLSTAT 2021.4.1.1209 - Pruebas de normalidad - Comienzo: 05/11/2021 a las 08:17:22 / Final: 05/11/2021 a las 08:17:23
 Datos: Libro = Prueba normalidad y T student Satisfacción lectura.xlsx / Hoja = Satis. Lectura / Rango = 'Satis. Lectura'!\$P\$6:\$Q\$14 / 8 filas y 2 columnas
 Nivel de significación (%): 5

Estadísticos descriptivos

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Pre	8	0	8	5.700	6.300	6.013	0.210
Post	8	0	8	8.000	9.200	8.588	0.376

Prueba de Shapiro-Wilk (Pre):
 W 0.952
 valor-p (bilate) 0.729
 alfa 0.050

Interpretación de la prueba:
 H0: La variable de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución Normal.
 Ha: La variable de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución Normal.
 Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación alfa=0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula H0.

Prueba de Shapiro-Wilk (Post):
 W 0.976
 valor-p (bilate) 0.942
 alfa 0.050

Interpretación de la prueba:
 H0: La variable de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución Normal.
 Ha: La variable de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución Normal.
 Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación alfa=0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula H0.

Resumen:

Variable\Prueba	Shapiro-Wilk
Pre	0.729

ANEXO 17: Pruebas de normalidad de indicador de satisfacción de aprendizaje de escritura

Braille

Está utilizando la versión de evaluación de XLSTAT. Número de días restantes hasta que expire la evaluación: 14 Pe

XLSTAT 2021.4.1.1209 - Pruebas de normalidad - Comienzo: 05/11/2021 a las 08:26:46 / Final: 05/11/2021 a las 08:26:48
 Datos: Libro = Prueba normalidad y T student Satisfacción escritura.xlsx / Hoja = Satis. Lectura / Rango = 'Satis. Lectura'!\$P\$6:\$Q\$14 / 8 filas y 2 columnas
 Nivel de significación (%): 5



Estadísticos descriptivos

Estadísticos descriptivos:

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Pre	8	0	8	4.930	5.930	5.443	0.387
Post	8	0	8	7.000	7.800	7.313	0.253

Prueba de Shapiro-Wilk (Pre):

W	0.921
valor-p (bilate)	0.440
alfa	0.050

Interpretación de la prueba:
 H0: La variable de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución Normal.
 Ha: La variable de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución Normal.
 Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación alfa=0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula H0.

Prueba de Shapiro-Wilk (Post):

W	0.945
valor-p (bilate)	0.662
alfa	0.050

Interpretación de la prueba:
 H0: La variable de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución Normal.
 Ha: La variable de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución Normal.
 Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación alfa=0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula H0.

Resumen:

Variable\Prueba	Shapiro-Wilk
Pre	0.440

ANEXO 18: Documentación de desarrollo

Desarrollo de Producto

Ingeniería Conceptual:

Para la elaboración de los instrumentos de recolección de datos se tuvo el apoyo de la Mg. Milagros Casas, quién es docente del centro de educación de personas invidentes. Cabe resaltar que la Mg. Milagros Casas es invidente, lo cual aporta una gran experiencia no solo en el campo de educación de personas invidentes, sino que por experiencia propia.

En esta parte del proyecto, se establece a nivel general el alcance del diseño. Es decir, que hará el equipo, las fases de proyectos, y las posibles mejoras.

El prototipo está orientado al aprendizaje autónomo del alumno del lenguaje braille. Mediante un interfaz táctil (lectura / escritura), y una corroboración auditiva de los leído y/o escrito.

Item	Requerimiento	Viable	Ajuste	Nuevo Alcance	Observaciones
1	Interacción con dispositivos por botones y audio	Si	No	No aplica	La navegación por las opciones del menú del dispositivo, se realizarán por botones y/o perillas, pero con realimentación de audio, es decir al ingresar los distintos modos del menú, el dispositivo indicara por medio de audio en que parte del menú se encuentra el usuario
2	Autonomía para la utilización del dispositivo.	Si	No	No aplica	Total, autonomía. Sin embargo, se requiere capacitación para utilizar el dispositivo, la cual es brindada por el desarrollador. Además, las actualizaciones del sistema y/o mejoras dependerán exclusivamente del desarrollador.
3	Sistema de enseñanza con diferentes niveles de dificultad y retroalimentación por audio	Si	No	No aplica	Se establecieron niveles de dificultad, y el usuario tiene la opción de comprobar lo leído por medio de audio
4	Sistema de lectura adaptable	Si	No	No aplica	Utilizar una misma matriz Braille para mostrar diferente información, la cual puede ser modificable sin necesidad de cambiar de equipo

5	Sistema de escritura adaptable y de gran cantidad de acceso de información	Si	No	No aplica	Utilizar una misma matriz Braille para mostrar diferente información, la cual puede ser modificable sin necesidad de cambiar de equipo. El usuario no tiene limitación en la cantidad de palabras individuales a ingresar.
6	En el sistema de escritura, realimentación táctil de lo que escribió	Si	No	No aplica	El usuario ingresará una vocal, sílaba o palabra por medio del teclado y este podrá comprobar de manera táctil lo que escribió en la matriz braille
7	Cumplir con las medidas establecidas para la elaboración de matrices braille brindadas por la ONCE	No	Si	Aumento de medidas de celda braille (puntos y distancia entre puntos). Aumento de distancia entre celdas	En la celda Braille: Se tendrá un aumento en el tamaño de la matriz y distancia de separación entre puntos de un 40 a 50% de tamaño. Distancia entre celdas: Se podrán reunirán en grupos de 2 celdas, las cuales respetarán las distancias. Sin embargo, el siguiente grupo de 2 celdas braille están separadas 10 cm. Esto debido a que no se cuenta con dispositivos de dichas dimensiones.
8	Sistema con alimentación eléctrica portátil (batería)	No	Si	Portátil y con fuente de alimentación	Además, del uso de batería, puede usar cargador externo

Figura 23: Requerimientos del proyecto de investigación

Funciones realizadas del proyecto:

Ingeniería básica:

En esta parte del proyecto, se define hardware, software y lógicas de trabajo.

El prototipo para implementar está orientado a facilitar el aprendizaje del código braille para personas invidentes. Por ello, se establecieron los siguientes parámetros de diseño:

Interfaz táctil:

Para la lectura del braille cada letra, número o símbolo tiene una combinación de puntos en alto relieve en una matriz de 3 filas por 2 columnas.

Por ejemplo: Si se quiere aprender la letra “d” y luego la letra “a”: En papel se usaría 2 espacios y de manera permanente.

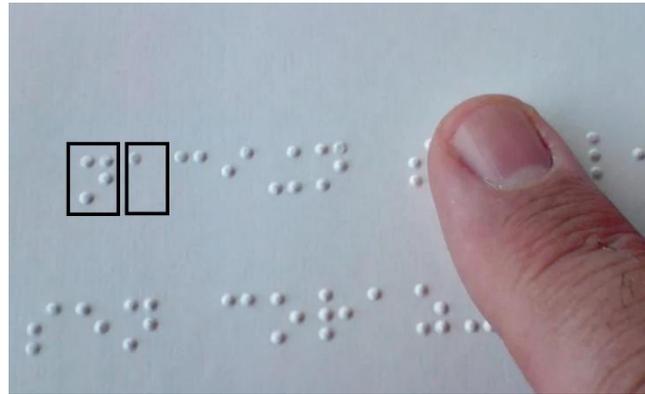
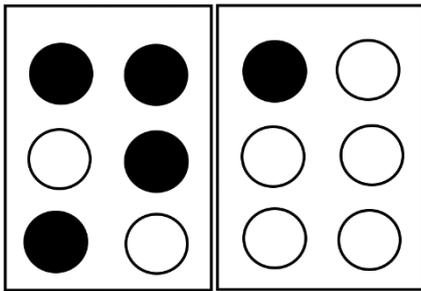


Figura 24: Letras “d” y “a” en braille en tinta y en papel

Sin embargo, esta interfaz táctil puede generar esta combinación de puntos en alto relieve, pero no de manera permanente como en el papel, sino adaptable de acuerdo con la letra que el software le indique y al accionamiento de unos micromotores. De este modo se cuenta con un espacio de aprendizaje modificable y sin límite de espacio (papel).

Para el ejemplo anterior, y si solo se contará con una celda braille se mostraría de la siguiente manera.

Primero la letra “d”, para ello, se accionarían los motores de los puntos 1,3,4 y 5 mostrando el relieve de la siguiente forma:

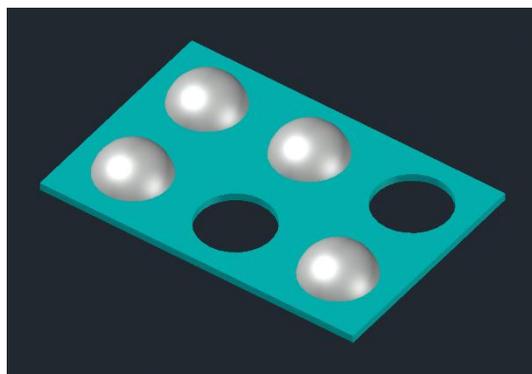


Figura 25: Letra “n” en matriz táctil (Autocad 3D)

Luego, seguiría la letra “a”, para ello, se accionarían solo el motor 1, modificando el relieve de la siguiente manera

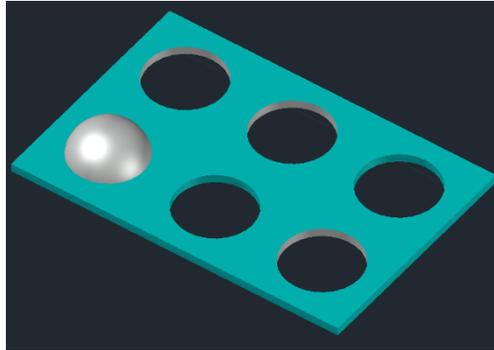
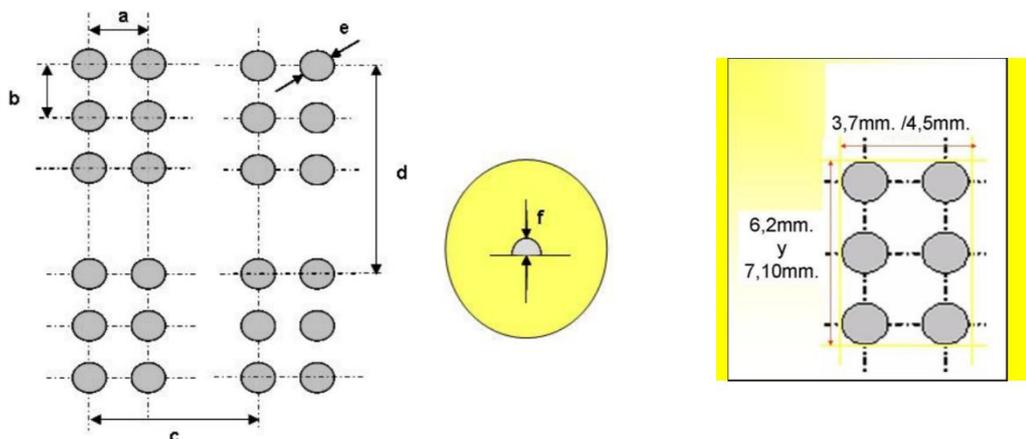


Figura 26: Letra “A” en matriz táctil (Autocad 3D)

De este modo cada celda braille modifica su contenido.

Cada celda debe de respetar las medidas establecidas para la creación de una celda braille y son las siguientes: Todas las medidas están en milímetros.



e	a	b	c	d
1,2	2,40	2,40	6,00	10,00
1,3	2,45	2,45	6,13	10,18
1,4	2,50	2,50	6,26	10,36
1,5	2,55	2,55	6,39	10,54
1,6	2,60	2,60	6,52	10,72
1,7	2,65	2,65	6,65	10,90
1,8	2,70	2,70	6,78	11,08
1,9	2,75	2,75	6,91	11,26

Figura 27: Medidas de celda braille

Lectura Braille:

Definido el interfaz táctil, el sistema de auto enseñanza del código braille de manera dual, es decir por tacto y audio, mostrará las vocales, consonantes, palabras o frases cortas (de acuerdo al nivel de dificultad elegido) y el alumno debe de leer el código generado de manera táctil, para que un tiempo después (tiempo determinado por el nivel de dificultad), el prototipo por medio de audio indique al estudiante que vocales, consonantes, palabras o frases cortas se están mostrando.

Lectura braille con retroalimentación de escritura braille digital autocorregida.

Se diseñó una interfaz táctil de escritura braille mediante botones alineados de manera similar a la distribución de la celda braille. Existen en el mercado este tipo de tableros, pero su disposición física está orientada de manera horizontal para facilitar la ergonomía del estudiante. Sin embargo, no se tomó en cuenta que espacialmente se encuentra una desventaja porque las teclas están en horizontal y el cerebro tiene que traducir y modificar la posición espacial a vertical para poder relacionarlo con la celda braille creando en algunos casos un tiempo de aprendizaje mayor.



Figura 28: Línea braille

Este nuevo diseño permite tener las teclas en un orden de modo que físicamente concuerden con la posición real de los puntos en la celda braille.

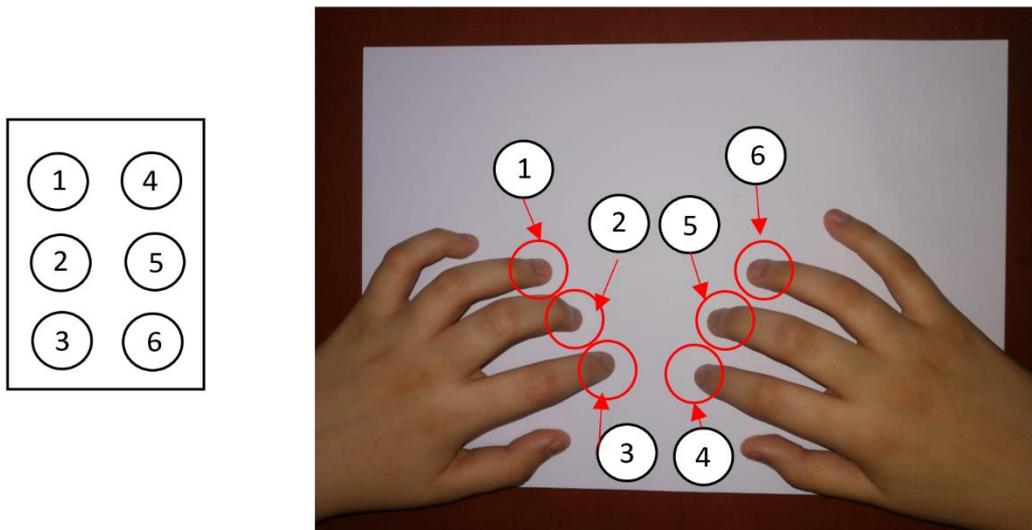


Figura 29: Teclado braille diseñado (nueva posición de manos)

Se cuenta con un botón para envío de carácter ubicado en uno de los pulgares,

Descrito el desarrollo del interfaz táctil de escritura, a continuación, se describe el funcionamiento de este método.

De acuerdo con el nivel de dificultad mostrará una vocal, consonante, palabra o frase y el alumno leerá el código generado en la primera fila braille. Una vez leído, el alumno debe de escribir mediante el interfaz táctil de escritura lo que leyó en modo braille y este se mostrará en braille en la segunda línea. De este modo el alumno puede comprobar lo leído con los que el escribió, es decir, una manera de aprender a leer en braille por medio de la retroalimentación mediante la escritura.

En el caso el alumno no pueda identificar lo mostrado por el sistema, tiene la opción de pedir a la máquina que mencione por audio lo que mostró.

El sistema cuenta con 3 niveles de enseñanza, que permite adaptarse al nivel de aprendizaje de las personas que lo utilicen:

Nivel Básico:

B1:

En este nivel se enseñan las vocales y los números del 1 al 9

Vocales: En esta opción el dispositivo muestra en el primer carácter de la primera fila las vocales (a, e, i, o y u), por un tiempo, el cual se puede ajustar con una perilla (nivel de dificultad), pasado este tiempo, el equipo por medio de audio indica al estudiante que vocal apareció.

B2:

En este nivel, se enseñan palabras cortas, de no más de 3 sílabas y se muestra la palabra por sílabas, con una celda en blanco entre cada sílaba.

B3:

En este nivel se muestran palabras de hasta 10 letras para lectura y escritura.

Nivel intermedio:

En este nivel se enseñan los signos de puntuación, los caracteres que se utilizan en el braille para representar:

- Mayúsculas.
- Tilde
- Signos de puntuación
- Signos matemáticos.

El prototipo constará de una matriz de 10 caracteres por 2 filas, y cada carácter es a su vez una matriz de 2 columnas por 2 filas, de este modo cada carácter podrá mostrar un carácter en código braille, las cuales debe respetar las siguientes medidas.

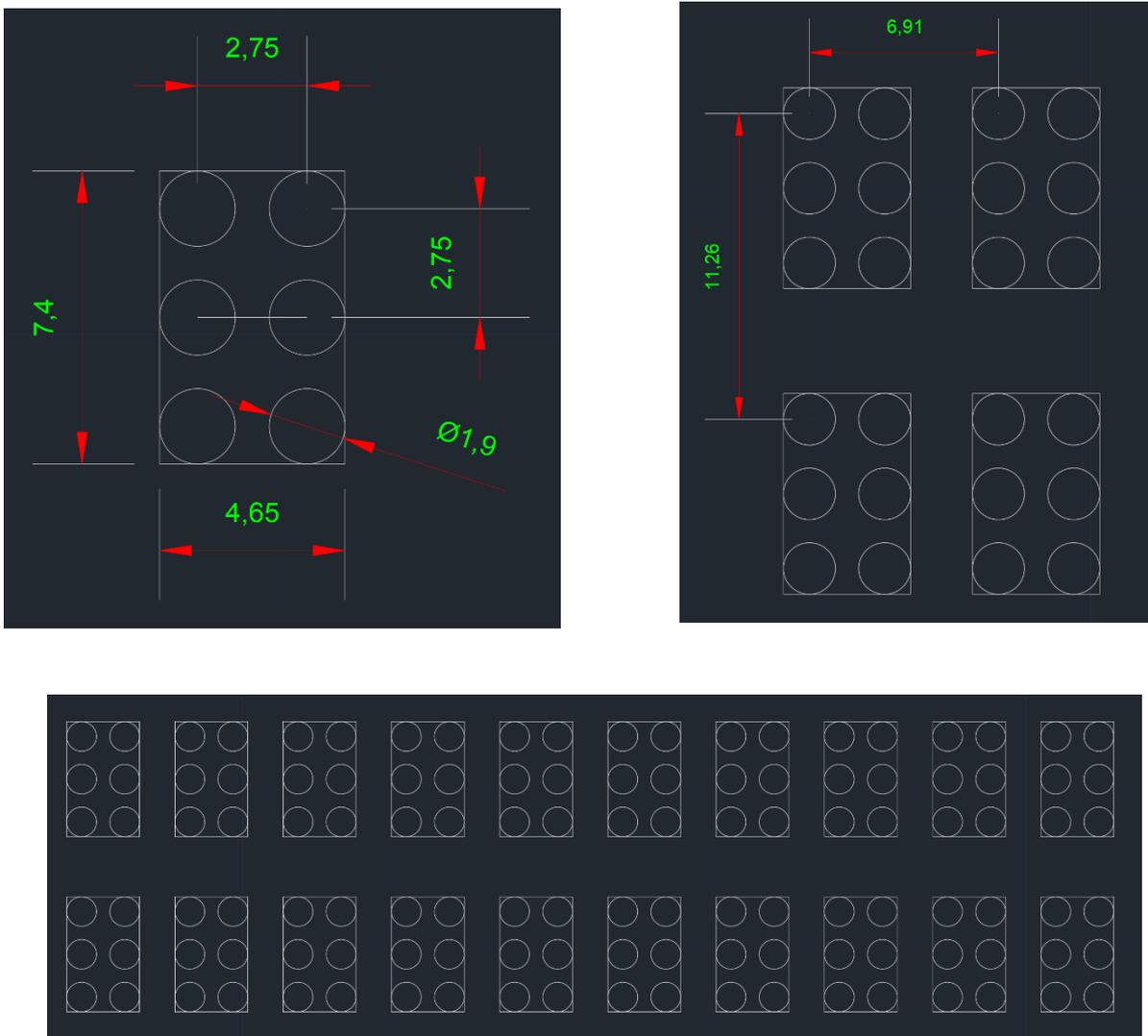


Figura 30: Diseño de celdas y matriz de celdas braille, en autocad

La implementación de la matriz y el tablero será elaborada en impresión 3D y en acrílico cortado con láser para una mejor precisión de las piezas.

Armado de celdas braille

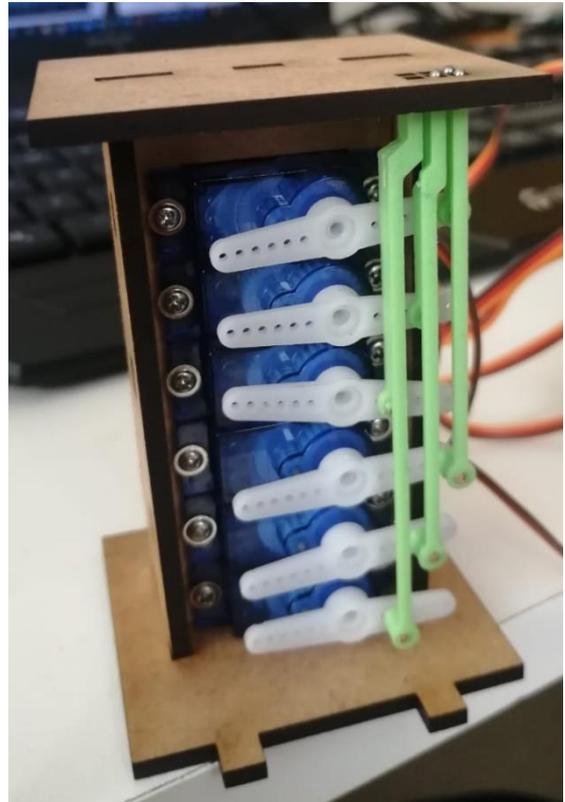
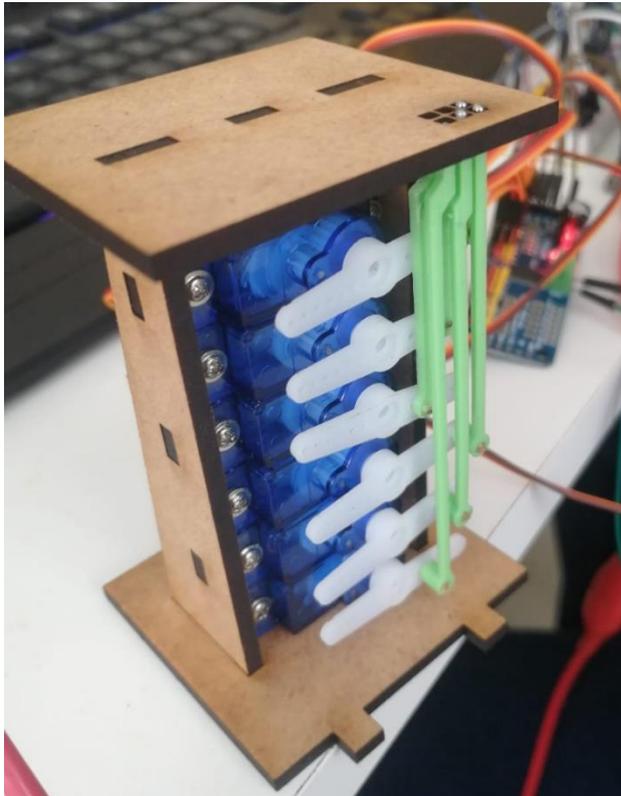


Figura 31: Armado de celda braille



Figura 32: Generador electrónico de código Braille

Menú de equipo

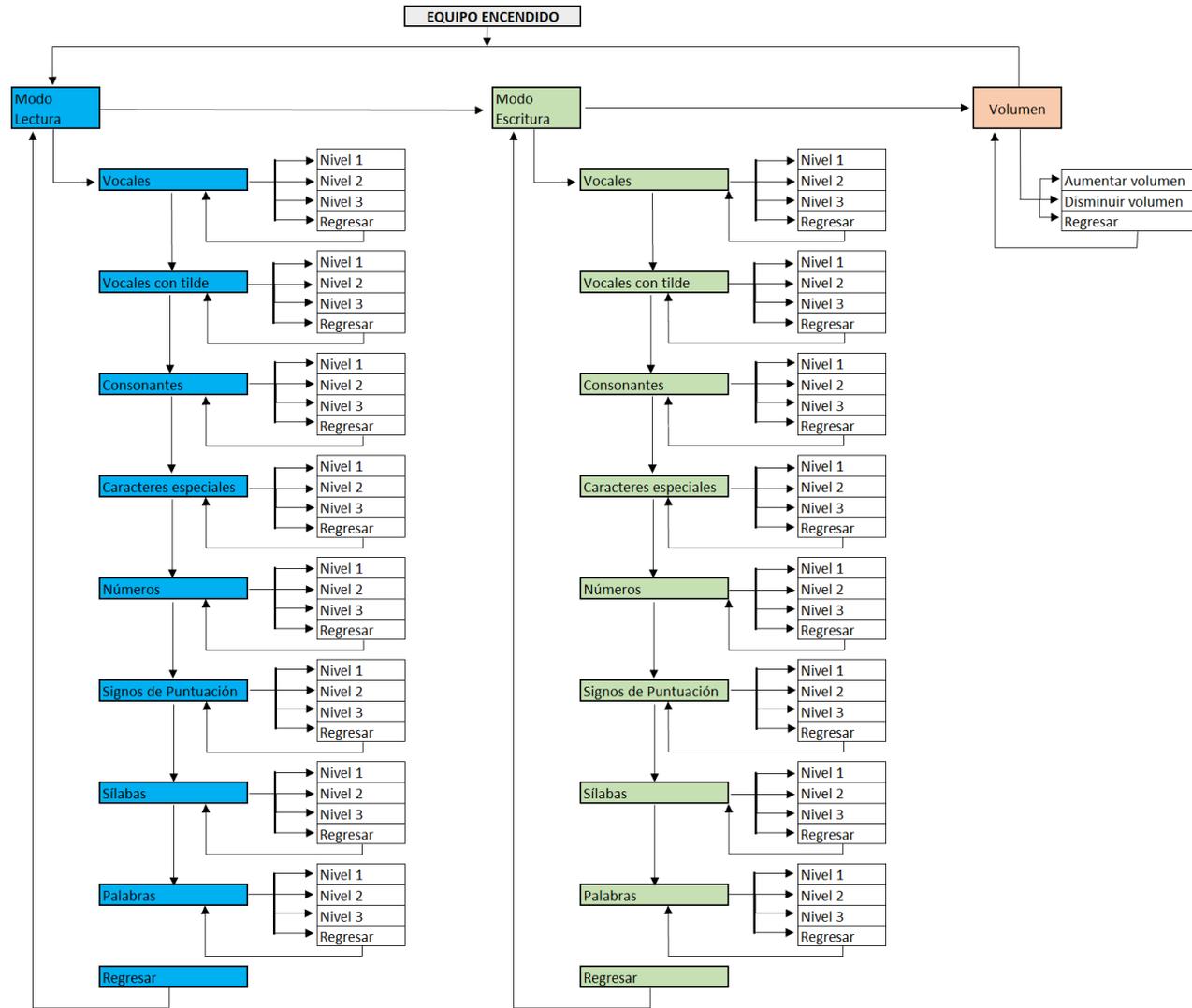


Figura 33: Secuencia de menú de equipo