



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Propuesta de manufactura y
diseño de dispositivo de
asistencia tipo Braille
inspirado en actuadores
HASEL**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniera Mecánica

P R E S E N T A

María Fernanda Paez Juárez

DIRECTOR DE TESIS

Dr. José Antonio Silva Rico



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2026



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado PROPUESTA DE MANUFACTURA Y DISEÑO DE DISPOSITIVO DE ASISTENCIA TIPO BRAILLE INSPIRADO EN ACTUADORES HASEL, que presenté para obtener el título de INGENIERA MECÁNICO es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

MARIA FERNANDA PAEZ JUAREZ
Número de cuenta: 314224556

DEDICATORIA

A todas las personas que sueñan con tener un mundo mejor para todas y todos.

AGRADECIMIENTOS

A mi abuela y tía Gabriela por cuidarme y enseñarme a ser responsable.

A mis padrinos Roman y Leticia por apoyarme y escucharme.

A mis tías por ser un ejemplo a seguir.

A mis primas y primos por enseñarme a ser feliz.

A mi mejor amiga Dulce por acompañarme en los triunfos y fracasos.

A mi hermana y familia

A las personas entrevistadas.

A los profesores del sistema de lectura y escritura Braille.

A mi director de tesis Dr. José Antonio Silva Rico por su apoyo, paciencia y enseñanza.

A mis sinodales:

Dr. Lázaro Morales Acosta

Dr. Jesús Rafael González Parra

Ing. Julia Vazquez Fuentes

M.I. Ignacio Cueva Güitrón

Por las observaciones, aportaciones y apoyo.

A la UNAM por brindarme la oportunidad de poder dedicarme a lo que amo.

PRÓLOGO

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud al 2020 hay más de 1,000 millones de personas en el mundo con alguna discapacidad, según el Censo de Población y Vivienda 2020 en México hay 6,179,890 personas con alguna discapacidad, de las cuales el 44% no puede ver aun usando lentes y el número de personas con alguna discapacidad podría ir en aumento por el envejecimiento de la población y el incremento de enfermedades crónicas. [8]

En la actualidad existen varios dispositivos muchos de ellos están basados o utilizan el sistema Braille que es un sistema de escritura y lectura táctil, estos dispositivos buscan ayudar a las personas ciegas a realizar actividades cotidianas brindando así una inclusión.

Este trabajo servirá como antecedente para la creación de un dispositivo Braille, se presentarán formas en las que es posible manufacturar actuadores que siguen el principio de funcionamiento del actuador HASEL utilizando diferentes procesos y materiales, las ventajas, desventajas, problemas y soluciones encontradas durante la manufactura podrán ser empleadas para manufacturar actuadores que formarán parte del dispositivo.

Este trabajo consta de 6 capítulos en el primer capítulo se abordarán temas que servirán de antecedente por una parte en cuanto a temas de ingeniería se verán conceptos y leyes que rigen el funcionamiento del actuador HASEL (antecedente al capítulo 2) y por otra parte se presentará una investigación del sistema Braille dicha investigación nos permitirá conocer las características necesarias en un dispositivo Braille, con la suma de ambas partes tanto en conocimiento de conceptos de ingeniería y sistema Braille posteriormente se irá planteando el comienzo del diseño del dispositivo.

En el capítulo 2 se hablará de la composición y funcionamiento del actuador HASEL

El tercer capítulo se centrará en el diseño y manufactura de actuadores inspirados en el actuador HASEL, abordando temas como la selección e identificación de materiales, procesos de sellado, elaboración y selección de tinta conductiva.

En el cuarto capítulo se verán los dispositivos empleados, contando ya con los actuadores manufacturados se mencionan los dispositivos requeridos/empleados para el funcionamiento/activación del actuador y para toma de datos en posteriores pruebas de funcionamiento, generador de alto voltaje y sonda de alto voltaje respectivamente y como extra se menciona también los dispositivos con los que fueron manufacturados los actuadores: grabadora/cortadora láser, pluma 3D.

En el penúltimo capítulo con los dispositivos antes mencionados se verán las pruebas de funcionamiento realizadas a los actuadores y los problemas y soluciones encontradas.

En el último capítulo se darán las conclusiones generales de la manufactura y pruebas de funcionamiento de los actuadores realizados.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
PRÓLOGO.....	III
ÍNDICE.....	1
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES.....	2
1.1 Sistema Braille.....	2
1.2 Dispositivos existentes para personas ciegas.....	6
1.3 Entrevista.....	9
1.4 Materiales dieléctricos, aislantes y conductores.....	26
1.5 Conceptos, leyes y dispositivos electrónicos.....	27
1.6 Arco eléctrico.....	29
CAPÍTULO 2. ACTUADOR HASEL Y ACTUADOR INSPIRADO EN EL ACTUADOR HASEL..	31
2.1 Actuador HASEL.....	31
2.2 Actuador inspirado en el actuador HASEL.....	34
CAPÍTULO 3. DISEÑO Y MANUFACTURA DE ACTUADOR INSPIRADO EN EL ACTUADOR HASEL.....	35
3.1 Electrodo.....	36
Elaboración de tinta conductiva de grafito.....	36
Selección tinta conductiva.....	41
3.2 Selección e identificación de materiales de la carcasa.....	41
Selección de material carcasa.....	41
Identificación de materiales.....	42
3.3 Diseño actuadores.....	46
3.4 Manufactura de carcasa: Sellado.....	49
Sellado mediante grabadora/cortadora laser material 1.....	50
Sellado mediante grabadora/cortadora laser material 2.....	53
Capítulo 4. Dispositivos requeridos para la manufactura y funcionamiento del actuador.....	61
4.1 Cortadora/grabadora laser.....	61
4.2 Pluma 3D.....	64
4.3 Generador de Pulsos de Alto Voltaje.....	65
4.4 Sonda de alto voltaje.....	65
Capítulo 5. Pruebas de funcionamiento de actuadores.....	71
5.1 Pruebas de actuadores con material 1.....	71
5.2 Pruebas de actuadores con material 2.....	78
Capítulo 6. Conclusiones.....	83
Referencias:.....	85

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

Actualmente la ingeniería está presente en diferentes industrias pero resulta importante que la ingeniería pueda emplearse y abarcar más sectores de los que comúnmente abarca porque si bien durante mucho tiempo la ingeniería ha brindado a la sociedad avances en tecnología para entretenimiento, comodidad etcétera debería ser también importante que pudiera usarse para brindar a la sociedad tecnología para la inclusión de todas y todos, actualmente existen diferentes dispositivos y sistemas que sirven de apoyo para dar a la sociedad inclusión este trabajo se centrará en servir como antecedente para creación de un dispositivo Braille para personas con debilidad visual.

En el presente trabajo se plantean formas en las que es posible manufacturar actuadores que siguen el principio del funcionamiento del actuador HASEL utilizando diferentes materiales y procesos teniendo una descripción detallada de las ventajas, desventajas, problemas y soluciones presentes en los mismos, tomando como referencia el artículo científico *Hydraulically Amplified Self-Healing Electrostatic (HASEL) Inspired Actuators*, inicialmente este documento se inició con el objetivo de la creación de un dispositivo braille y aunque los alcances de este trabajo no llegaron aún a ese objetivo se espera que este documento pueda servir como antecedente para la creación de uno y que las soluciones encontradas durante el proceso de manufactura de actuadores sean de utilidad para la manufactura de parte del tal dispositivo.

Inicialmente se buscaba la creación de dispositivo Braille que le permitiera al usuario la lectura táctil, en una superficie se producirían relieves que el usuario interpretaría para tener una lectura táctil, los relieves podrán ir cambiando para que el usuario pudiera tener la lectura de diferentes textos con una misma superficie, un dispositivo de bajo costo que no requiriera de dispositivos adicionales para su funcionamiento que sea práctico que tenga diferentes modos de velocidad para ir presentando los caracteres para usuarios principiantes, intermedios y avanzados en el sistema Braille.

En este capítulo se tratarán diferentes temas que servirán de antecedente para comprender el funcionamiento del actuador HASEL así mismo se mencionan el sistema Braille y dispositivos existentes utilizados por personas ciegas, los conocimientos que se vindrán con la investigación de sistema Braille serán útiles para identificar las características necesarias en un dispositivo Braille mientras que antecedentes en cuanto a temas de ingeniería serán requeridos para la manufactura de actuadores, la investigación de sistema Braille nos indicará qué características requerimos en un dispositivo y los conocimientos en ingeniería nos indicarán cómo puede ser posible manufacturar un dispositivo con tales características.

1.1 Sistema Braille

Antes del sistema Braille existieron otros sistemas de lectura para ciegos un ejemplo eran los libros que tenían los caracteres impresos por medio de alambres de cobre prensados pero estos

libros tenían varias dificultades entre ellos que eran muy pesados, costosos y ofrecían a las personas ciegas un sistema de lectura pero no de escritura.

Posteriormente en 1821 Charles Barbier quien fue un oficial de artillería se presentó en el Real Instituto para Jóvenes Ciegos de París para de mostrar el método de escritura y lectura que había inventado con la finalidad de que los soldados se pudiesen comunicar por las noches sin hablar, este sistema consistía en la combinación de 12 puntos que podían o no estar en relieve, estas combinaciones representaban sonidos, más adelante Louis Braille se dedicó a mejorar el sistema de Charles Barbier quedando el sistema de Braille como un sistema de 6 puntos en lugar de 12 y a diferencia del sistema de Barbier el de Braille representaban letras y no sonidos con las combinaciones.

Louis Braille fue un científico y músico que nació en París el 4 de enero de 1809, a la edad de 3 años se hirió el ojo izquierdo en el taller de talabartería de su padre con una lezna (herramienta con punta afilada para perforar materiales como cuero o piel) esta herida le causó una infección en el ojo que se extendió al otro lo que provocaría que más tarde perdiera la vista, fue el creador del sistema Braille, sistema de lectura y escritura para ciegos, el instrumento que utilizaba para dar relieve a los puntos del sistema Braille fue el mismo que lo hirió la lezna. [18]

BRAILLE

Braille: Es el sistema de lectura y escritura táctil empleado por personas ciegas o que presentan deficiencias visuales graves, la unidad básica de este sistema son seis puntos acomodados en dos columnas de tres puntos cada una, estos puntos pueden estar o no estar en relieve, dependiendo de qué combinación de puntos esté o no en relieve se tiene una letra, número o signo de puntuación.

Números: La distribución de puntos con relieve que representan los números es la misma que se ocupa para las primeras letras del alfabeto y es posible identificar si esa distribución es número o letra gracias a un signo especial que se pone antes que el número-

Mayúsculas: La distribución de puntos con relieve es la misma para mayúsculas y minúsculas y para identificarlas se coloca una distribución de puntos.

Vocales acentuadas: La distribución de puntos con relieve es diferente para vocales acentuadas y no acentuadas. [29]

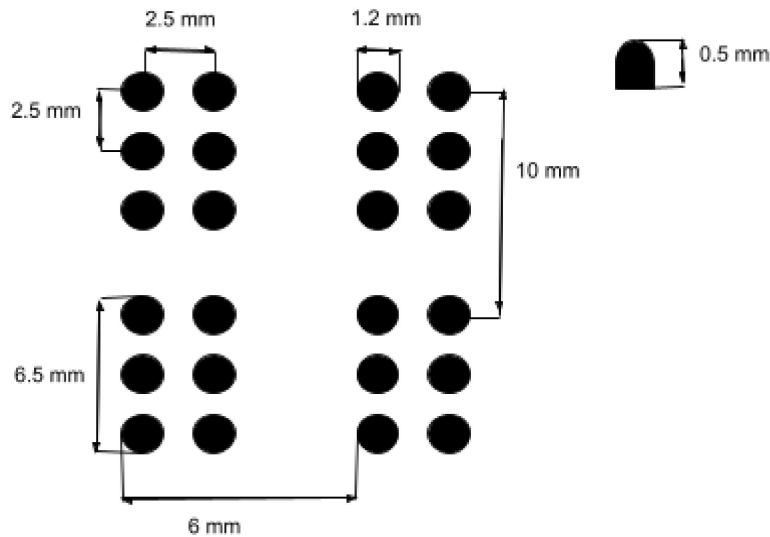


Figura 2 Dimensiones Braille.

Imagen inspirada en la referencia: Dimensiones braille Sistema Braille En Chile,2012,(<https://sistemabraillenchile.blogspot.com/2012/11/sistema-braille-definicion.html>)

Problemáticas existentes:

Gran tamaño y almacenamiento de libros y documentos en Braille una de las problemáticas que se tiene en la actualidad es el almacenamiento o transporte de textos en Braille ya que el material que se requiere para escribir en Braille (cartulina o plástico) tiene un mayor volumen que el papel que comúnmente se ocupa para una escritura que no es Braille. [29]

Cuando se tienen letreros en Braille es importante que se deje el carácter en blanco entre cada palabra y por el contrario que no se dejen caracteres en blanco cuando no se requiere, que los caracteres tengan el tamaño adecuado para que el usuario pueda interpretarlo con la yema del dedo. [19]

Hasta este punto se ha identificado que para representar un carácter en el sistema Braille se requieren 6 puntos en dos columnas y que para el caso de algunos caracteres como números y mayúsculas se requiere una distribución de puntos que indique que son números o mayúsculas.

También fue posible identificar el tamaño requerido en el sistema Braille, diámetro de punto Braille y distancias entre puntos del mismo carácter o puntos del carácter siguiente.

A continuación se mencionarán dispositivos para personas con debilidad visual.

1.2 Dispositivos existentes para personas ciegas

Un dispositivo Braille es aquel aparato que permite la interpretación o generar el sistema Braille. En la actualidad existen muchos dispositivos para personas ciegas, existen dispositivos que reciben una entrada que es un texto o voz y dan una salida de braille y voz, existen dispositivos costosos y dispositivos de bajo costo, los dispositivos de bajo costo generalmente requieren utilizar una computadora o un celular. [9]

Dispositivos, libros, apps y software existentes:

- Pines programables con cambio de altura para máquinas braille.
- Pulsera en la muñeca inflable que reproduce patrones de braille (Esta pulsera busca darle libertad al usuario al tener las manos libres y no tener que sostener el dispositivo, uso de la neumática en lugar de métodos tradicionales de vibración). Hay mayor sensibilidad a fuerzas normales que a fuerzas de corte. Desventaja, el tiempo para reproducir el patrón braille causado por el tiempo de deflación y desinflación de las bombas, en promedio el dispositivo presenta 100 palabras por minuto. [14]
- Anillo para leer cualquier texto, el anillo se pasa sobre un texto impreso y el dispositivo lo lee en voz alta, el dispositivo funciona en conjunto con un ordenador sus creadores buscan crear una versión que funcione con el celular, el anillo emite sonidos para evitar que el lector cambie de renglón. [34]



Figura 3 Anillo para leer.

“La cámara del anillo envía las imágenes a un ordenador que las reconoce y lee en voz alta. Crédito:MIT.”

Nota. Anillo para leer [Imagen] Tomada de,2023,
(<https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/innovacion/tecnologia-para-invidentes-mas-alla-del-braille/>)

- Pantalla táctil capaz de crear figuras y braille Una “tableta” que usa ferrofluido (metal líquido) y debajo se le coloca una matriz de electroimanes, el metal es recubierto por una superficie flexible, los imanes interactúan con el metal para formas figuras y patrones de braille en tiempo real, este dispositivo en comparación con otros ofrece no solo patrones braille sino también figuras, gráficas o diagramas que puedan ser táctiles [34].
- La Ferrotouch es la “pantalla” creada por la ingeniera Katherine Cagen que pertenece al departamento de Ingeniería y Ciencias aplicadas de la Universidad de Harvard, esta tableta está hecha con materiales que se controlan electromecánicamente para modificar la superficie [9]. La tableta funciona con electroimanes y estos se colocaron debajo de una capa de ferrofluido (suspensión coloidal de nanopartículas de hierro) [22] Coloide, sistema coloidal: sistema conformado por dos o más fases, comúnmente una fluida como líquido o gas y la otra dispersa en forma de partículas sólidas [4].
- Impresión 3D de libros infantiles: Los libros contienen impresos en 3D imágenes de las historias que cuentan los libros. ya que muchos niños no tienen acceso a libros hasta los 6 años que pueden leer los libros que utilizan patrones Braille [34].

- Apps para invidentes:
 - KNFB READER: Permite sacar la foto de un documento para posteriormente leerlo en voz alta
 - Para orientar al usuario al tomar la foto del documento la aplicación usa comandos de voz y vibraciones.
 - TAP TAP SEE: Se toma una fotografía y la app describe qué es lo que se está fotografiando, esta app funciona con personas que interpretan estas imágenes.
 - Apps de identificación de moneda.

- Existen software para la impresión de textos braille, algunos de ellos buscan imprimir no solo caracteres con números o letras sino también gráficas, imágenes, etcétera, es por eso que en algunos de ellos se cuenta con la opción de seleccionar diferentes alturas de relieve para hacer ciertas distinciones y facilitar al usuario la interpretación por ejemplo en una imagen el contorno podrá tener un relieve y si esta imagen cuenta con un relleno este podrá tener un relieve menor si así se elige, algunas software ofrecen la opción de diferentes alturas de relieve pero es posible que sea difícil notar un diferencia entre una altura de relieve y la altura de relieve que le sigue ya que la diferencia de altura es poco significativa por lo cual se recomienda utilizar o seleccionar una altura de relieve baja y otra altura alta que no se la que le sigue a la ya seleccionada para que exista una diferencia significativa que facilite la interpretación. En la siguiente imagen Figura 1.3 para diferentes tonos de azul se presentan diferentes alturas de punto, en la Figura 1.4 los ejes y la cuadrícula presentan diferentes alturas de punto.

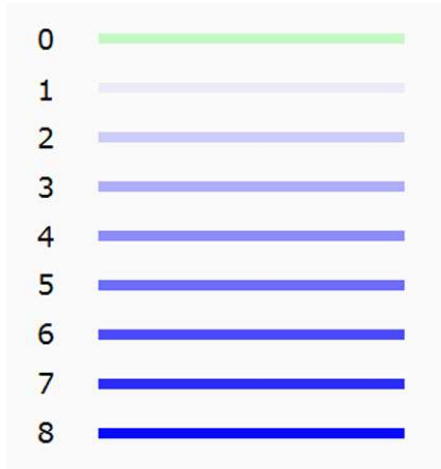


Figura 4 *Alturas de punto.*

Nota. Alturas de punto [Imagen] Tomada de
(<https://thinkable.nl/6-15-utilizando-la-variable-de-altura-de-relieve/?lang=es>)

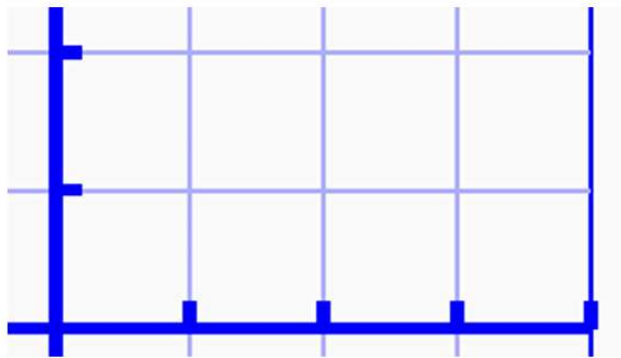


Figura 5 *Cuadrícula.*

Nota. Cuadrícula [Imagen] Tomada de
(<https://thinkable.nl/6-15-utilizando-la-variable-de-altura-de-relieve/?lang=es>)

1.3 Entrevista

En la creación de productos es importante llevar a cabo un proceso de desarrollo para ello se definió la función que se quiere en el dispositivo, posteriormente se llevó a cabo una investigación para contar con la información necesaria del sistema de escritura y lectura Braille, para la creación de productos es oportuno conocer los productos existentes que tienen una utilidad similar para el usuario y tener conocimiento de los usuarios a los que va dirigido, todo lo anterior es necesario pero no suficiente porque si bien los conocimientos del Braille nos orientan en el diseño en cuestiones como por ejemplo medidas del dispositivo, no conocemos las ventajas o desventajas que los usuarios han encontrado en dispositivos es por eso que se decidió hacer entrevistas para tener opiniones de personas que realmente nos pueda brindar información de que es necesario solucionar o mejorar.

Descripción del cuestionario

El siguiente cuestionario se realizó con los conocimientos adquiridos hasta el momento y busca conocer la opinión y experiencia para saber que se requiere implementar o mejorar como por ejemplo ¿Para qué actividades se busca un dispositivo Braille?.

Existen dispositivos que manejan distintas alturas de punto, líneas continuas o discontinuas, pero ¿Todo esto es necesario o que falta?

El cuestionario consta de 11 preguntas, el cuestionario se realizó a 4 personas con discapacidad visual aptas para el sistema de lectura y escritura braille ya que para una persona con discapacidad visual pero con poca sensibilidad táctil o que presenten dificultad para mover las manos esto para casos de diabetes y artritis este sistema no sería apropiado, es importante mencionar que algunas de las personas entrevistadas son profesores del sistema de lectura y escritura Braille por lo que pueden dar una perspectiva del proceso de aprendizaje o técnicas que han aplicado al enseñarlo, con el propósito de tener una perspectiva correcta de los requerimientos que debería cumplir un dispositivo Braille para ser de utilidad y así acercarnos lo más posible a ella, a continuación se presenta el cuestionario realizado.

Cuestionario

1-Si existiera un dispositivo o app para invidentes ¿Qué actividades o problema te gustaría que te ayude a resolver? Ejemplo existen app para identificar monedas, dispositivos para lectura de textos Braille Impresora Braille, dispositivo con lectura de voz.

2-Si el dispositivo existiera ¿Qué forma te gustaría que tuviera?

- A) Forma de reloj (pulsera)
- B) Gafas

C) Dispositivo de bolsillo

D) Tablet

3- ¿Alguna vez has utilizado un dispositivo Braille o similar?

4-¿Qué fue lo que te gustó y disgustó del dispositivo?

5-Si existiera un dispositivo Braille con los puntos con un relieve mayor al estándar o un diámetro mayor al estándar en los puntos ¿Te sería de utilidad?.

6- Si existiera un dispositivo tipo tablet que trazara gráficas o contorno de imágenes, ¿Con que preferirías que se trazaran los relieves de los contornos con una línea continua, discontinua o puntos?

7- En la actualidad hay impresiones en las que se ocupan diferentes alturas de relieve para representar distintos colores, asociándose a un color o tono claro una altura menor en el relieve y a un color o tono fuerte un relieve con altura mayor, ¿Has utilizado este tipo de impresiones? si es así, ¿ Te parecen de utilidad o prefieres un solo tamaño de relieve?

8- Para la impresión de gráficas comúnmente se tiene los ejes con un relieve mayor a lo que está dentro de la gráfica ¿esto es de utilidad? ¿o sería mejor tener la misma altura?

9-En la impresión de gráficas se tiene una cuadrícula dentro de los ejes ¿Es de utilidad?

10- En una imagen o gráfico impreso con relieve ¿Cómo identificas cual es la parte superior y cuál la inferior?

11-¿Tiene algún comentario respecto al tema que quiera compartir?

A continuación se presentan las entrevistas realizadas:

Entrevistas

Encuestado 1

1-Si existiera un dispositivo o app para invidentes ¿Qué actividades o problema te gustaría que te ayudara a resolver? Ejemplo existen app para identificar monedas, dispositivos para lectura de textos Braille Impresora Braille, dispositivo con lectura de voz.

- Dispositivo o app que de apoyo al desplazamiento y traslado por las calles que te ubique y te indique si se presenta un auto o un peatón.
- Juegos para ciegos

2-Si el dispositivo existiera ¿Qué forma te gustaría que tuviera?

A) Forma de reloj (pulsera)

B) Gafas

C) Dispositivo de bolsillo

D) Tablet

Comentarios: Un reloj resistente al agua, gafas resistentes a caídas, un dispositivo que no se vea llamativo y lujoso por seguridad en cuestión de robos que se pueda utilizar en las calles

3- Alguna vez has utilizado un dispositivo Braille o similar?

Si

4-Qué fue lo que te gustó y disgustó del dispositivo?

Disgusto: Que funcionen solo con internet, hay lugares donde no se tiene acceso a internet como en algunos pueblos o en el avión.

Comentarios: Se requiere un dispositivo al que la batería le dure por lo menos un día para poder salir y usarlo durante el tiempo que se esté fuera y que no se alente.

5-Si existiera un dispositivo Braille con los puntos con un relieve mayor al estándar o un diámetro mayor al estándar en los puntos ¿Te sería de utilidad?.

En lo personal no, existen regletas con medidas diferentes para personas ciegas y diabéticas que no tienen tanta sensibilidad en las manos y en lo particular no me son de utilidad.

6- Si existiera un dispositivo tipo tablet que trazara gráficas o contorno de imágenes, ¿Con que preferirías que se trazaran los relieves de los contornos con una línea continua, discontinua o puntos?

Con puntos no, prefiero líneas continuas.

7- En la actualidad hay impresiones en las que se ocupan diferentes alturas de relieve para representar distintos colores, asociándose a un color o tono claro una altura menor en el relieve y a un color o tono fuerte un relieve con altura mayor, ¿Has utilizado este tipo de impresiones? si es así, ¿ Te parecen de utilidad o prefieres un solo tamaño de relieve?

Diferentes alturas de relieve y texturas diferentes.

8- Para la impresión de gráficas comúnmente se tiene los ejes con un relieve mayor a lo que está dentro de la gráfica ¿esto es de utilidad? ¿o sería mejor tener la misma altura?

Si es de utilidad

9-En la impresión de gráficas se tiene una cuadrícula dentro de los ejes ¿Es de utilidad?

Si pero seria mejor una cuadrícula mayor

10- En una imagen o gráfico impreso con relieve ¿Cómo identificas cual es la parte superior y cuál la inferior?

Por algún relieve o marca que se coloca por lo general en la parte superior derecha

11-¿Tiene algún comentario respecto al tema que quiera compartir?

Existen pinturas que aparte de tener un relieve tienen un olor relacionado con lo que se tiene en la pintura.

Existencia de la maqueta haptica FES Aragón

Encuestado 2

1-Si existiera un dispositivo o app para invidentes ¿Qué actividades o problema te gustaría que te ayude a resolver? Ejemplo existen app para identificar monedas, dispositivos para lectura de textos Braille Impresora Braille, dispositivo con lectura de voz.

Me gustaría que fuera de fácil manejo, una interfaz de fácil manejo.

2-Si el dispositivo existiera ¿Qué forma te gustaría que tuviera?

- A) Forma de reloj (pulsera)
- B) Gafas
- C) Dispositivo de bolsillo
- D) Tablet

Comentarios: No muy grande.

3- Alguna vez has utilizado un dispositivo Braille o similar?

He usado regleta, teclado de computadora con etiquetas Braille.

4-Qué fue lo que te gustó y disgustó del dispositivo?

El teclado tiene espacios innecesarios entre cada tecla (en el sistema Braille existe una dimensión entre un carácter y otro y el teclado de computadora no cumple con esto)

5-Si existiera un dispositivo Braille con los puntos con un relieve mayor al estándar o un diámetro mayor al estándar en los puntos ¿Te sería de utilidad?.

Podría funcionar cuando una persona está aprendiendo el sistema de lectura y escritura Braille desarrolla su sensibilidad y al inicio algunas personas no tienen su sensibilidad tan desarrollada y podría ser de utilidad de tener un punto algo mayor al estándar.

6- Si existiera un dispositivo tipo tablet que trazara gráficas o contorno de imágenes, ¿Con que preferirías que se trazaran los relieves de los contornos con una línea continua, discontinua o puntos?

Con puntos

7- En la actualidad hay impresiones en las que se ocupan diferentes alturas de relieve para representar distintos colores, asociándose a un color o tono claro una altura menor en el relieve y a un color o tono fuerte un relieve con altura mayor, ¿Has utilizado este tipo de impresiones? si es así, ¿Te parecen de utilidad o prefieres un solo tamaño de relieve?

No las he utilizado pero yo creo que si

8- Para la impresión de gráficas comúnmente se tiene los ejes con un relieve mayor a lo que está dentro de la gráfica ¿esto es de utilidad? ¿o sería mejor tener la misma altura?

Yo creo que si

9-En la impresión de gráficas se tiene una cuadrícula dentro de los ejes ¿Es de utilidad?

Si es de utilidad

10- En una imagen o gráfico impreso con relieve ¿Cómo identificas cual es la parte superior y cuál la inferior?

Al sentir que lo escrito tenga sentido o con el número de página o signo numerador

11-¿Tiene algún comentario respecto al tema que quiera compartir?

Que el punto Braille que genere el dispositivo mantenga su estructura para evitar confundir si esta con relieve o no

Encuestado 3

1-Si existiera un dispositivo o app para invidentes ¿Qué actividades o problema te gustaría que te ayude a resolver? Ejemplo existen app para identificar monedas, dispositivos para lectura de textos Braille Impresora Braille, dispositivo con lectura de voz.

Un dispositivo para orientación y movilidad.

2-Si el dispositivo existiera ¿Qué forma te gustaría que tuviera?

- A) Forma de reloj (pulsera)
- B) Gafas
- C) Dispositivo de bolsillo
- D) Tablet

3- ¿Alguna vez has utilizado un dispositivo Braille o similar?

Si

4-¿Qué fue lo que te gustó y disgustó del dispositivo?

No me gusto que tuviera muchos pasos para configurarlo o activarlo

5-Si existiera un dispositivo Braille con los puntos con un relieve mayor al estándar o un diámetro mayor al estándar en los puntos ¿Te sería de utilidad?.

Sería de utilidad para personas quedan ciegas a una edad grande ya que no tienen desarrollada la sensibilidad.

6- Si existiera un dispositivo tipo tablet que trazara gráficas o contorno de imágenes, ¿Con que preferirías que se trazarán los relieves de los contornos con una línea continua, discontinua o puntos?

Línea discontinua.

7- En la actualidad hay impresiones en las que se ocupan diferentes alturas de relieve para representar distintos colores, asociándose a un color o tono claro una altura menor en el relieve y a un color o tono fuerte un relieve con altura mayor, ¿Has utilizado este tipo de impresiones? si es así, ¿ Te parecen de utilidad o prefieres un solo tamaño de relieve?

No las he utilizado.

8- Para la impresión de gráficas comúnmente se tiene los ejes con un relieve mayor a lo que está dentro de la gráfica ¿esto es de utilidad? ¿o sería mejor tener la misma altura?

Si sería de utilidad.

9-En la impresión de gráficas se tiene una cuadrícula dentro de los ejes ¿Es de utilidad?

Si es de utilidad.

10- En una imagen o gráfico impreso con relieve ¿Cómo identificas cual es la parte superior y cuál la inferior?

Con el tacto y posición.

11-¿Tiene algún comentario respecto al tema que quiera compartir?

Tengo un comentario positivo de que se esté aportando en temas de lectura y escritura Braille para sensibilizar a más gente.

Encuestado 4

1-Si existiera un dispositivo o app para invidentes ¿Qué actividades o problema te gustaría que te ayude a resolver? Ejemplo existen app para identificar monedas, dispositivos para lectura de textos Braille Impresora Braille, dispositivo con lectura de voz.

Un dispositivo que promueva la sensibilidad para la inclusividad

2-Si el dispositivo existiera ¿Qué forma te gustaría que tuviera?

- A) Forma de reloj (pulsera)
- B) Gafas
- C) Dispositivo de bolsillo
- D) Tablet

3- ¿Alguna vez has utilizado un dispositivo Braille o similar?

El celular con la función de voz

4-¿Qué fue lo que te gustó y disgustó del dispositivo?

No me gusta el celular táctil porque es complicado saber qué estás seleccionando al ser la pantalla lisa (hay celulares que tienen teclas y me acomodo más con ese tipo de celular)

5-Si existiera un dispositivo Braille con los puntos con un relieve mayor al estándar o un diámetro mayor al estándar en los puntos ¿Te sería de utilidad?.

Puede ser que sí sea de utilidad porque hay personas que no tienen tan desarrollado el tacto

6- Si existiera un dispositivo tipo tablet que trazara gráficas o contorno de imágenes, ¿Con que preferirías que se trazaran los relieves de los contornos con una línea continua, discontinua o puntos?

Con puntos

7- En la actualidad hay impresiones en las que se ocupan diferentes alturas de relieve para representar distintos colores, asociándose a un color o tono claro una altura menor en el relieve y a un color o tono fuerte un relieve con altura mayor, ¿Has utilizado este tipo de impresiones? si es así, ¿ Te parecen de utilidad o prefieres un solo tamaño de relieve?

Preferiría un solo tamaño de relieve

8- Para la impresión de gráficas comúnmente se tiene los ejes con un relieve mayor a lo que está dentro de la gráfica ¿esto es de utilidad? ¿o sería mejor tener la misma altura?

Si es de utilidad

9-En la impresión de gráficas se tiene una cuadrícula dentro de los ejes ¿Es de utilidad?

Si para orientarse

10- En una imagen o gráfico impreso con relieve ¿Cómo identificas cual es la parte superior y cuál la inferior?

Tacto y movilidad

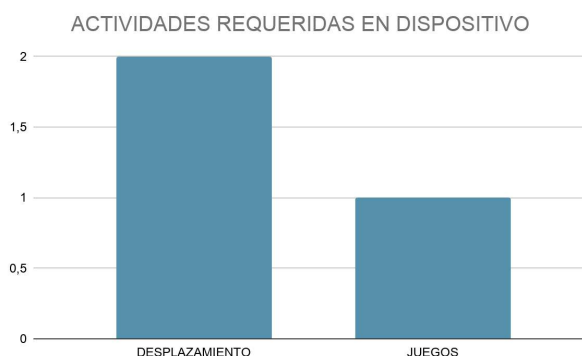
11-¿Tiene algún comentario respecto al tema que quiera compartir?

Hay que diferenciar una persona débil visual de ciego.

Descripción de los resultados

A continuación se presenta la descripción de los resultados, para algunas tablas o gráficas se presentan más o menos de 4 votos, durante las entrevistas se dio libertad de elegir más de una opción o no elegir y en algunos casos las respuestas se dieron implícitas en preguntas anteriores o posteriores o en comentarios, las respuestas completas con detalles se presentan en el apartado anterior **Entrevistas**.

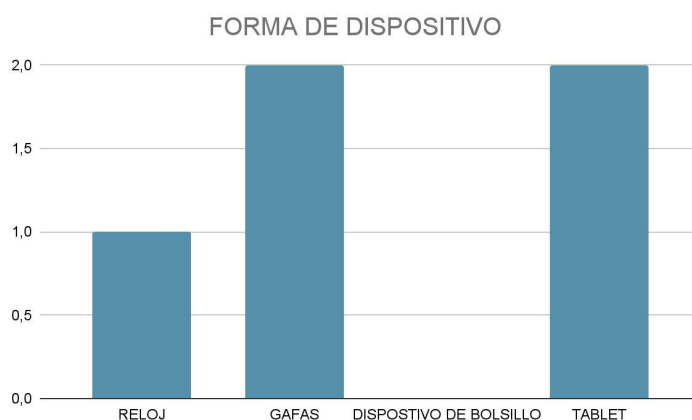
1- Actividades requeridas en un dispositivo	
Actividad	Votos
Desplazamiento, traslado por calles	2
Juegos	1



En esta gráfica podemos observar que una actividad requerida es el desplazamiento pero nos enfocaremos en la actividad de juegos porque la investigación está centrada en el sistema Braille y es más factible que esta pudiera ser cubierta con un dispositivo Braille, para la actividad desplazamiento

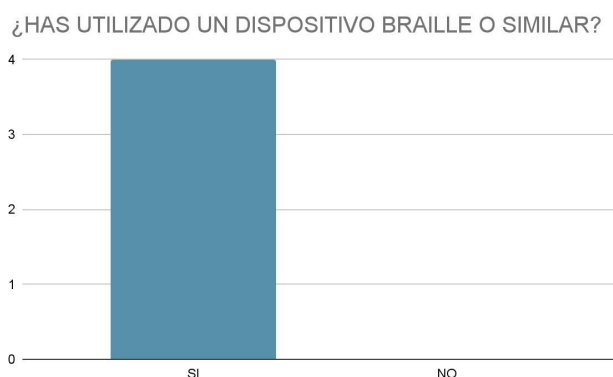
se requerirían otras áreas de investigación totalmente diferentes a las aquí presentadas pero es importante mencionarlas ya que este trabajo busca dar visibilidad a lo que se requiere y no solo a lo que se podría cubrir con un dispositivo Braille.

2- Forma de dispositivo	
Forma	Votos
Reloj	1
Gafas	2
Dispositivo de bolsillo	0
Tablet	2



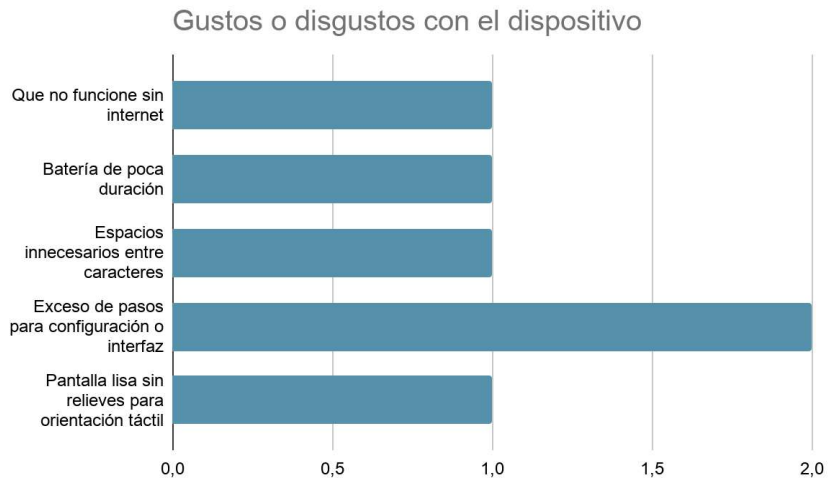
En esta pregunta no encontramos comentarios negativos en particular hacia una forma, ni comentarios extra que nos dieran una perspectiva diferente existe en forma de dispositivos Braille fuera de lo que comúnmente se maneja en dispositivos Braille, es decir generalmente los dispositivos Braille son presentados con una forma similar a la de una tablet, una problemática mencionada en cuanto al entorno y no por sí solo el dispositivo es que el dispositivo no se vea llamativo por cuestiones de seguridad.

3-¿Has utilizado un dispositivo Braille o similar?	
Opción	Votos
Si	4
No	0



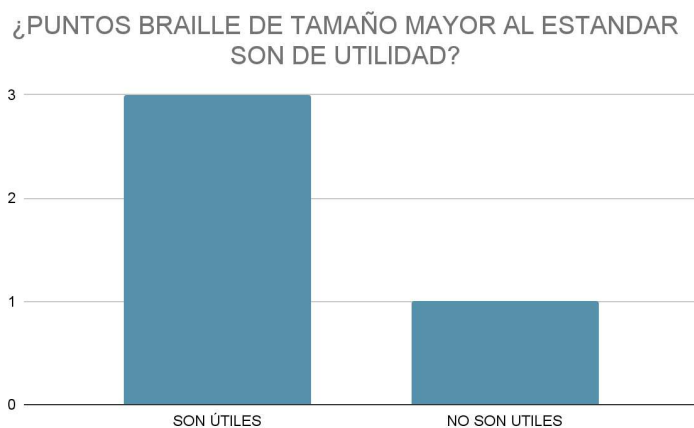
En la gráfica se muestra que los dispositivos Braille o métodos que se manejan bajo este sistema son muy comunes o conocidos y que este sistema es adecuado para el acceso a la información al ser conocido.

4- Gustos o disgustos con el dispositivo	
Opción	Votos
Que no funcione sin internet	1
Batería de poca duración	1
Espacios innecesarios entre caracteres	1
Exceso de pasos para configuración o interfaz	2
Pantalla lisa sin relieves para orientación táctil (celular táctil sin teclas)	1



En la gráfica es posible observar que existen diferentes puntos de disgusto en dispositivos siendo el exceso de pasos para configuración el que tiene mayor número de votos.

5-¿Puntos Braille de tamaño mayor al estándar son de utilidad?	
Opción	Votos
Son útiles	3
No son útiles	1

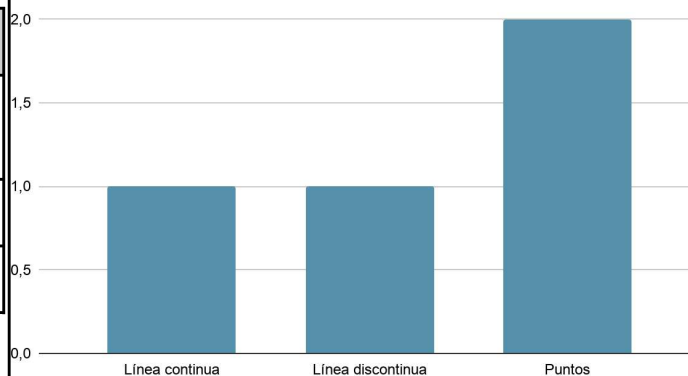


En esta gráfica podemos ver dos perspectivas para usuarios con experiencia y sensibilidad táctil desarrollada (no son útiles puntos mayores) y para usuarios en proceso de desarrollo de sensibilidad táctil o que se encuentran aprendiendo el sistema Braille (son útiles puntos mayores).

6-Preferencia de trazo para contornos.

Opción	Votos
Línea continua	1
Línea discontinua	1
Puntos	2

PREFERENCIA DE TRAZO PARA PUNTOS

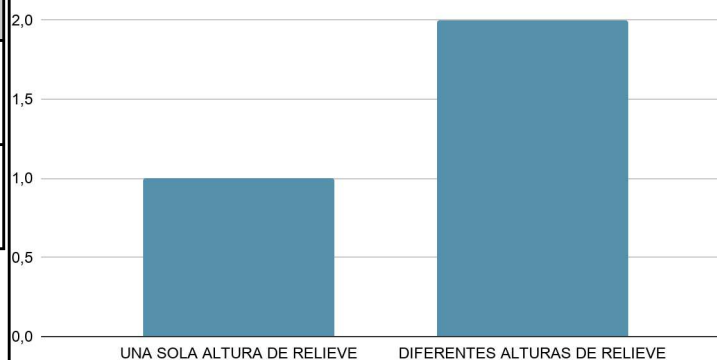


En esta pregunta se observaron las preferencias pero no hubieron comentarios en particular negativos o positivos por alguna opción.

7-Diferentes alturas de relieve para representar colores.

Opción	Votos
Una sola altura de relieve	1
Diferentes alturas de relieve	2

DIFERENTES ALTURAS DE RELIEVE PARA REPRESENTAR COLORES

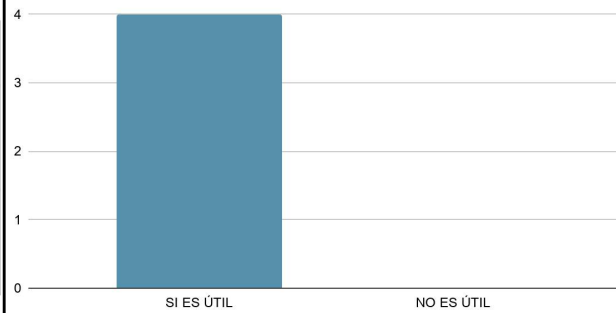


Como comentario extra se dijo que no había relevancia en identificar los colores para la opción “una sola altura de relieve”.

8-¿Es útil tener ejes con un relieve de altura mayor en gráficas?

Opción	Votos
Si es útil	4
No es útil	0

¿ES ÚTIL TENER EJES CON UN RELIEVE DE ALTURA MAYOR EN GRÁFICAS?

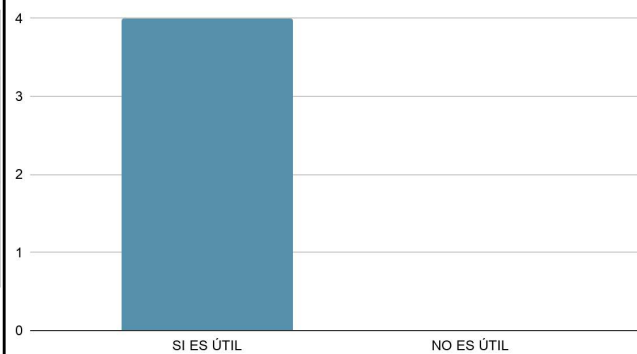


Para la pregunta 8 y 9 como comentarios extra se mencionó que es “si es útil” para ubicarse o tener de referencia.

9-Cuadrícula dentro de ejes de gráfica.

Opción	Votos
Si es útil	4
No es útil	0

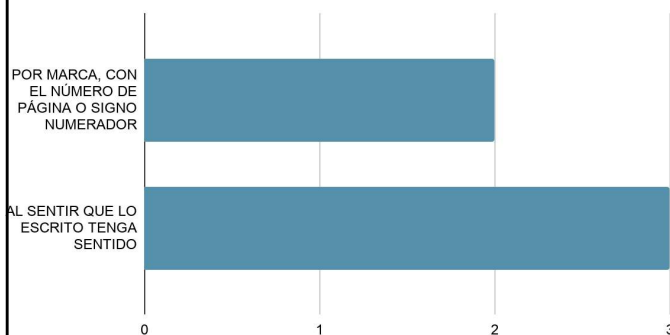
CUADRÍCULA DENTRO DE EJES DE GRÁFICA



10-¿Cómo identificas cual es la parte superior y cuál la inferior?

Opción	Votos
Por marca, con el número de página o signo numerador	2
Al sentir que lo escrito tenga sentido	3

¿CÓMO IDENTIFICAS CUAL ES LA PARTE SUPERIOR Y CUÁL LA INFERIOR?



11- En la pregunta 11 se pidió compartir un comentario sobre el tema para ampliar la investigación y conocer si había algún punto que faltara agregar que no se mencionara en las preguntas anteriores.

En esta pregunta se recibieron comentarios que ampliaron los conocimientos ya que se mencionó el hecho de que existen maquetas y pinturas que no solo tienen relieves como los puntos Braille sino también relieves con diferentes texturas o incluso un olor relacionado con lo que se presenta, también se aconsejó que el dispositivo debería tener puntos Braille que mantengan su estructura para evitar confundir un punto con relieve a uno sin relieve, se nos aclaró la definición entre el concepto débil visual y ciego, que sería débil visual persona que tiene dificultad para ver aun usando lentes pero puede o no tener cierto grado de visión y ciego persona que no puede ver por completo, también se recibió un comentario positivo de estar tratando estos temas.

Información extra

Durante la entrevista se permitió tomar fotografía de algunos objetos como los que se muestran a continuación.

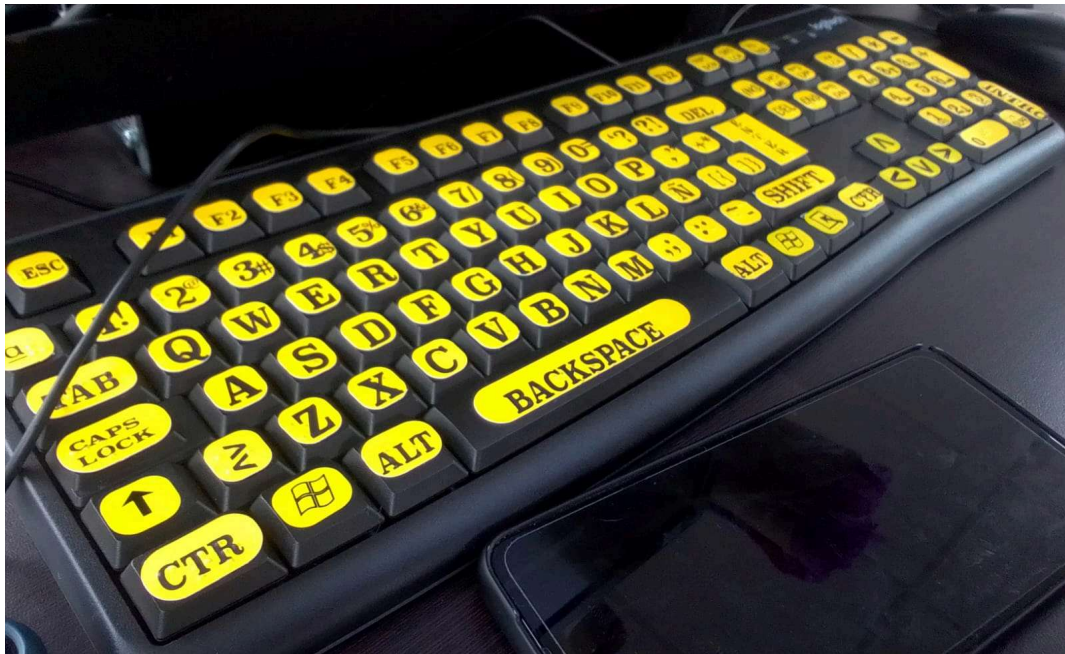


Figura 6 Teclado con etiquetas Braille.

Cada etiqueta tiene la imagen del carácter pintada y el relieve con puntos Braille del carácter que representa, el inconveniente presentado es la distancia que existe entre cada tecla ya que esta distancia no es la distancia que está establecida en el sistema Braille.



Figura 7 Regleta Braille.

Esta regleta es utilizada para escribir en el sistema Braille se tienen en ella orificios agrupados en 6, se coloca una hoja de opalina en medio de la regleta y con un punzón se van marcando ciertos puntos para representar las letras o números.

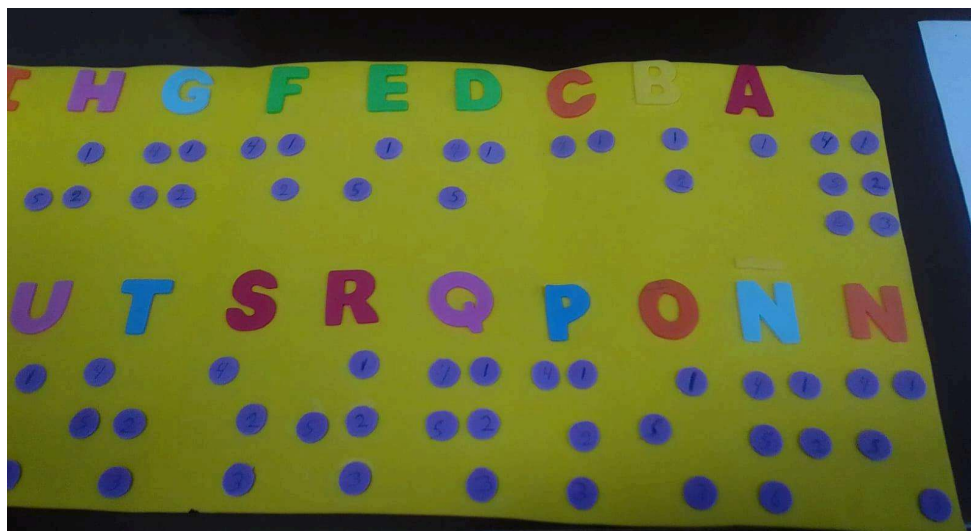


Figura 8 *Tablero abecedario en Braille.*

Este tablero es utilizado por profesores para enseñar Braille en él se muestran las letras con los puntos correspondientes para representarlas, los puntos son de un tamaño mayor ya que generalmente las personas que están aprendiendo Braille están en proceso de desarrollar su sensibilidad táctil, este tapete representa como se escriben las letras a continuación se mencionara la diferencia entre escribir y leer en Braille, para profundizar más en el sistema Braille se asistió a clases Braille se presenta una breve información sobre cómo escribir y leer en Braille.

Clases Braille

En el sistema Braille las letras se representan por 6 puntos en dos columnas de 3 puntos dependiendo de qué carácter se desee representar se tienen ciertos puntos en relieve o no, para generar estos puntos, es decir escribir en el sistema Braille se requiere utilizar una regleta, una hoja que puede ser de opalina y un punzón, la regleta se abre y en ella se coloca la hoja y con el punzón se presionan o marcan los puntos para ir escribiendo ahora para escribir es necesario hacerlo de derecha a izquierda y marcando los puntos en espejo de cómo sería el patron del caracter al leerlo ya que al marcar o presionar con el punzón la hoja el relieve quedará hacia abajo y al terminar de escribir la hoja se volteara para que el relieve ahora esté hacia arriba y sea posible leer de izquierda a derecha.

Para escribir un número se requieren 2 grupos de 6 puntos el primer grupo nos indicará que lo escrito es un número y el segundo grupo nos indicará qué número estamos escribiendo, como se muestra en la **Figura 1** los puntos marcados para indicar que se está escribiendo un número son

los puntos en relieve 3,4,5 y 6 y para el 2 grupo que nos indicará que número es se utilizan las primeras letras del abecedario, es decir para escribir el número **1** tendremos primero marcado en el grupo 1 los puntos **3,4,5 y 6** y en el grupo 2 tendremos marcado el punto que requiere para representar la letra **a** mientras que para escribir el número **2** tendremos primero marcado en el grupo 1 los puntos **3,4,5 y 6** y en el grupo 2 tendremos marcado el punto que requiere para representar la letra **b**, en la **Figura 9** se observa al inicio escrito en Braille los números 1 y 2.

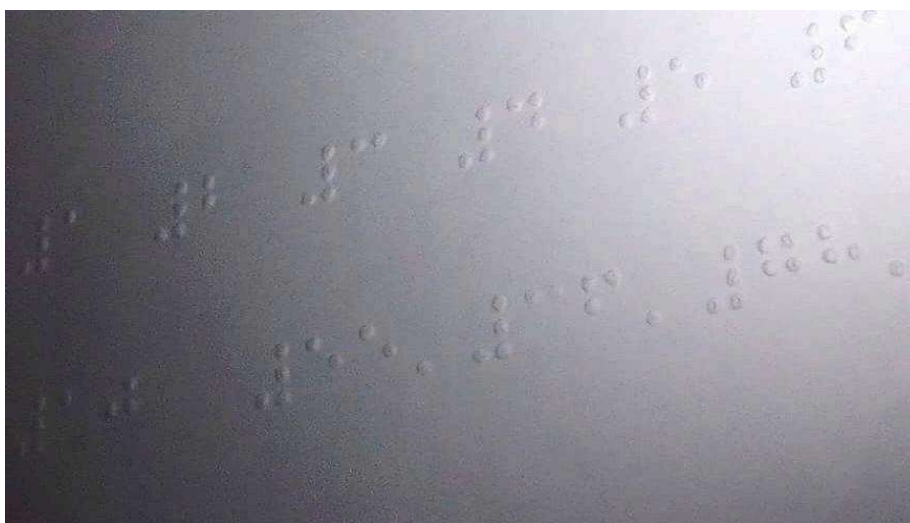


Figura 9 *Escritura Braille.*

Para memorizar las letras es posible hacer una relación entre ellas para que resulte más fácil recordarlas, las letras de la **k** a la **t** son las letras de la **a** a la **j** pero añadiendo marcar el punto **3**, para la letra **u** se tendrá la letra **a** más añadiendo marcar el punto **3** y **6** para la letra **v** se tendrá la letra **b** más añadiendo marcar el punto **3** y **6** para la letra **w** se tendrá la letra **j** más añadiendo marcar el punto **6**, y así memorizando las primeras letras del abecedario y recordando que puntos añadir es posible recordar letras posteriores.

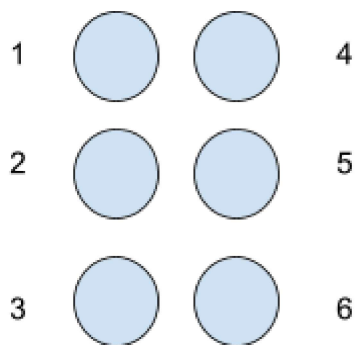


Figura 10 *Numeración de puntos Braille.*

Conclusiones de las entrevistas

Con la entrevista realizada se tiene una perspectiva más amplia de los retos que debería superar el futuro dispositivo Braille, para comenzar se encontró que el dispositivo no debería solo cubrir el apoyo con actividades cotidianas sino también con actividades recreativas como juegos otro reto importante a superar sería que dicho dispositivo lograra funcionar sin internet, se confirmó que distintas alturas de punto son favorables. Para la creación de juegos se podría implementar sensores táctiles al dispositivo para que el usuario pueda dar “respuesta” al dispositivo. En cuanto a la preferencia de trazo líneas continuas/ discontinuas o puntos para trazar contornos con línea continua el dispositivo tendría que presentar puntos a elevar próximos unos de otros para satisfacer este caso y para casos distintos se activarán intercalados los puntos para líneas discontinuas o puntos para el caso de línea continua entonces el reto a superar para tener actuadores próximos unos de otros estos tendrían que ser de dimensiones pequeñas sin embargo si esto no se lograra o llevará tiempo llegar a un tamaño reducido en el actuador si se tuviera un actuador de un tamaño mayor al tamaño de un punto Braille podría ser útil para personas que se encuentran en proceso de aprendizaje del sistema Braille o en proceso de desarrollar su sensibilidad táctil.

En cuanto a la forma seleccionada del dispositivo es común que dispositivos que cumplen funciones similares tengan forma de tablet o teclado sin embargo en la pregunta se dieron opciones a elegir fuera de lo común para mantener las posibilidades abiertas para encontrar comentarios positivos o negativos de las diferentes formas pero no hubo un desagrado o agrado por alguna razón en específico sino una preferencia o gusto por gafas y tablet, por funciones a cumplir se tendría presentar en el dispositivo textos, imágenes, gráficas y juegos, un dispositivo en forma de tablet tendría el tamaño y forma adecuada para esto ya que en un espacio más reducido al que tiene aproximadamente una tablet sería poco adecuado representar imágenes complejas o gráficas y como se vio en el sistema Braille la regleta abarca el tamaño de la hoja para escribir un renglón (existen regletas tamaño carta, tamaño oficio e incluso un tamaño aún más reducido para notas) al querer representar textos se podría optar por un tamaño similar al tamaño carta en el dispositivo, en la **Figura 7** se observa una regleta que horizontalmente es prácticamente del tamaño de una hoja carta, es colocada en una hoja tamaño carta, para escribir en una hoja completa la regleta se va bajando verticalmente cada vez que se terminan los renglones pero existen otras regletas que son tanto vertical como horizontalmente del tamaño de la hoja con una u otra regleta se puede escribir en la hoja completa la diferencia está en que una se tiene que ir moviendo al terminar de marcar los renglones. Otro punto importante que se mencionó en las entrevistas sería lamentablemente tener un diseño en el dispositivo no llamativo por razones de seguridad, tal vez un diseño al que se le coloque algún logo o palabra para distinguirlo de una tablet y reconocerlo como un dispositivo Braille.

Hasta este punto se han visto los antecedentes necesarios para el diseño o función del dispositivo en cuanto al tema de sistema Braille a continuación se abordan los temas que servirán de antecedente para la manufactura del dispositivo.

1.4 Materiales dieléctricos, aislantes y conductores

Podemos clasificar a los materiales en conductores y aislantes, dentro de los aislantes encontramos a los dieléctricos, se clasifica al material como aislante o conductor de acuerdo con el valor de su resistividad.

Resistividad (Resistencia específica): La resistividad es la inversa de la conductividad y cada material tiene una magnitud de resistividad, nos indica la capacidad del material de oponerse o resistir el flujo de corriente y está dada por la resistencia que presenta un material de 1 m de longitud y 1 mm² de sección a una temperatura de 20°.

Se puede definir entonces que los materiales que son buenos conductores tienen valores bajos de resistividad mientras que los que son buenos aislantes tienen valores altos de resistividad [7] [11]. Al medir la resistencia de diferentes materiales con misma longitud, área y temperatura permite hacer un comparativo respecto a cuál es mejor o peor conductor o aislante, es por esto la importancia del valor de la resistividad o su inversa la conductividad. Los materiales conductores presentan una resistividad superficial inferior a $1 \times 10^5 \frac{\Omega}{sq}$ o resistividad volumétrica inferior a $1 \times 10^4 \Omega cm$ los materiales aislantes presentan una resistividad superficial de por lo menos $1 \times 10^{12} \frac{\Omega}{sq}$ o una resistividad volumétrica de $1 \times 10^{11} \Omega cm$ [6].

Tabla 1

Resistividad de algunos materiales a 20 grados centígrados.

Material	Resistividad ρ [$\Omega * m$]
Plata	1.59×10^{-8}
Cobre	1.724×10^{-8}
Aluminio	2.65×10^{-8}
Carbono	$(3-60) \times 10^{-5}$

Datos obtenidos de la referencia: Olmo, M., & Nave, R. (n.d.). *Table of Resistivity*. HyperPhysics. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Tables/rstiv.html>

DIELÉCTRICO

Un dieléctrico es un material aislante, no todos los materiales aislantes son dieléctricos pero todos los materiales dieléctricos son aislantes. Un dieléctrico impide el movimiento de las cargas eléctricas, puede almacenar carga eléctrica esto es debido a que las moléculas o átomos se

polarizan al aplicarle un campo eléctrico, generando así un campo eléctrico en el dieléctrico [1] [13].

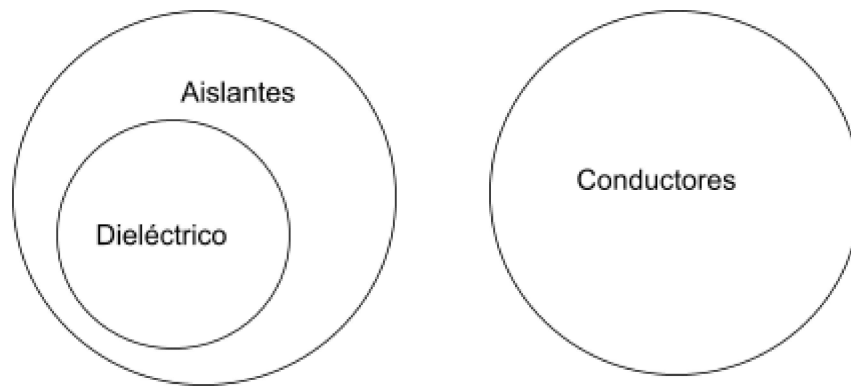


Figura 11 *Aislantes y conductores.*

Tipos de dieléctricos:

- Sólidos
- Líquidos
- Gaseosos

CONSTANTE DIELECTRICA

La constante dieléctrica o conocida también como permitividad relativa es adimensional y nos indica la capacidad del material para resistir o permitir la *disminución o no del campo eléctrico dentro de él. *El campo eléctrico disminuye cuando pasa del vacío a un material debido a la constante dieléctrica.

La constante dieléctrica o permitividad relativa, es la permitividad del material entre la permitividad del vacío.

$$k = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

1.5 Conceptos, leyes y dispositivos electrónicos

CONCEPTOS PREVIOS

Voltaje: Diferencia de potencial

Electrón: Partícula con propiedades como masa y carga.

Carga eléctrica: Propiedad de una partícula o cuerpo cargado que se manifiesta según sea la perturbación del campo eléctrico que lo rodea [16].

Campo eléctrico: Es una propiedad del espacio, el campo se perturba ante la presencia de cargas eléctricas. La magnitud de un campo eléctrico es proporcional a las cargas eléctricas [15].

Capacidad

$$C = \frac{Q}{V}$$

Q carga existente en el cuerpo
V el potencial del cuerpo

LEY COULOMB

Esta ley nos dice que la magnitud de la fuerza eléctrica es inversamente proporcional a la distancia al cuadrado entre las partículas cargadas y directamente proporcional al producto de las cargas eléctricas de las partículas [20].

$$F = \frac{K*(q1*q2)}{r^2}$$

F Fuerza eléctrica
q1 q2 cargas eléctricas
r distancia entre cargas
K constante de coulomb o constante dieléctrica.

DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

Resistencia eléctrica: Es la capacidad del elemento de oponerse al flujo de corriente y su valor dependerá del material del que esté hecho (resistividad del material), su longitud y área de su sección transversal, la resistencia eléctrica será entonces proporcional a la resistividad y longitud e inversamente proporcional a su área.

$$R = \frac{\rho L}{a}$$

ρ resistividad del material
L longitud
a área

Condensador: Un condensador tiene la función de almacenar cargas eléctricas, el condensador puede estar constituido por dos placas conductoras paralelas separadas por un dieléctrico, el dieléctrico tiene el objetivo de aumentar la capacitancia (Rela A, 2010).

Ejemplos del funcionamiento del condensador

Caso 1

En un condensador es posible que se presente la polarización del dieléctrico, es decir las cargas positivas serán atraídas por el electrodo cargado negativamente y las negativas serán atraídas por las positivas esto puede suceder cuando el condensador es conectado y desconectado a una pila, al suceder esto las cargas se “neutralizan” lo que hará que el voltaje disminuya.

Sabemos que la capacitancia es igual a:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Por lo tanto si el voltaje disminuye la capacitancia aumenta

$$\uparrow C = \frac{Q}{\downarrow V}$$

Caso 2

Al aumentar la carga y mantener el mismo voltaje aumentará la capacitancia.

$$\uparrow C = \frac{\uparrow Q}{V}$$

Capacidad

$$C = \frac{K\epsilon_0 A}{d}$$

1.6 Arco eléctrico

Arco eléctrico: El arco eléctrico es un cortocircuito que se da en el aire produciendo chispas, se puede dar por medio de un conductor activo a otro conductor, el cortocircuito puede producir energía térmica y energía acústica.

Cortocircuito: En el corto circuito la corriente eléctrica sigue su trayectoria a través de distancia más corta de la originalmente establecida, se da cuando un conductor que lleva corriente entra en contacto con otro y en esta nueva trayectoria la corriente atraviesa una menor resistencia en comparación a la resistencia que originalmente atravesaría, lo que causará un aumento en la corriente y por lo tanto también un aumento de temperatura [5].

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{Al disminuir } R, \text{ aumentará } I$$

La siguiente imagen es la representación de dos esferas de metal a las que se les aplica un alto voltaje, en primer instante surge un corto circuito a través de la trayectoria más cercana entre ellas pero posteriormente el aire se ionizará, perderá electrones y actuará como conductor, su temperatura aumentará por lo cual su densidad disminuirá y al disminuir su densidad este aire caliente subirá por lo que ahora el arco eléctrico se producirá en la parte superior, por encima de las esferas, ya que arriba estará el aire ionizado que presenta una menor resistencia.

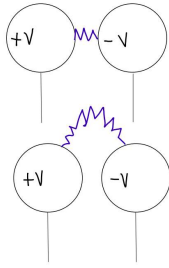


Figura 12 *Arco eléctrico en esferas.*

Imagen inspirada en la referencia: Juan Bautista Chávez. (2024, febrero 25). *Arco eléctrico y PLASMA* [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=RbbXIKbNCew&list=LL&index=1>.

CAPÍTULO 2. ACTUADOR HASEL Y ACTUADOR INSPIRADO EN EL ACTUADOR HASEL

2.1 Actuador HASEL

Los actuadores HASEL llamados así por sus siglas en inglés Hydraulically Amplified Self-healing ELectrostatic (HASEL) actuators, están constituidos por una carcasa que contiene dieléctrico en su interior y en su exterior electrodos a los que se les aplica voltaje, al aplicarseles este voltaje se presente la fuerza eléctrica entre el electrodo superior e inferior lo que provoca el movimiento del dieléctrico.

El actuador HASEL se encuentra en el área de la robótica blanda (soft robotics) y fue diseñado por científicos de la Universidad de Colorado Boulder.

El actuador Peano-HASEL es un actuador que tiene la capacidad de tomar objetos como huevos, frambuesas sin aplastarlos otro tipo de actuadores sólidos podrían aplastar o romper este tipo de objetos.

Los actuadores HASEL podrían ser utilizados en prótesis o en la industria para el envasado de alimentos [32].

Principio de funcionamiento y composición de los actuadores HASEL: Los actuadores están compuestos por una carcasa de polímeros que contiene un líquido dieléctrico, que está recubierta en una parte por electrodos opuestos, su composición es similar a la composición de los condensadores ya que se tiene un material conductor (electrodo) superior e inferior y entre ellos un material aislante dieléctrico; al conectar a un voltaje a los electrodos existe una fuerza eléctrica entre ellos lo que provoca que se atraigan y el dieléctrico líquido se mueva.

A continuación se hará una descripción de lo que es un actuador HASEL y su funcionamiento.

Descripción actuador HASEL

Existen diferentes “versiones/modelos” de los actuadores HASEL pero en ellos es posible observar una estructura similar una carcasa con electrodos (material conductor) en la parte superior e inferior en una área específica, la carcasa constituida por un material aislante y en su interior un dieléctrico, como se presenta en la siguiente imagen.

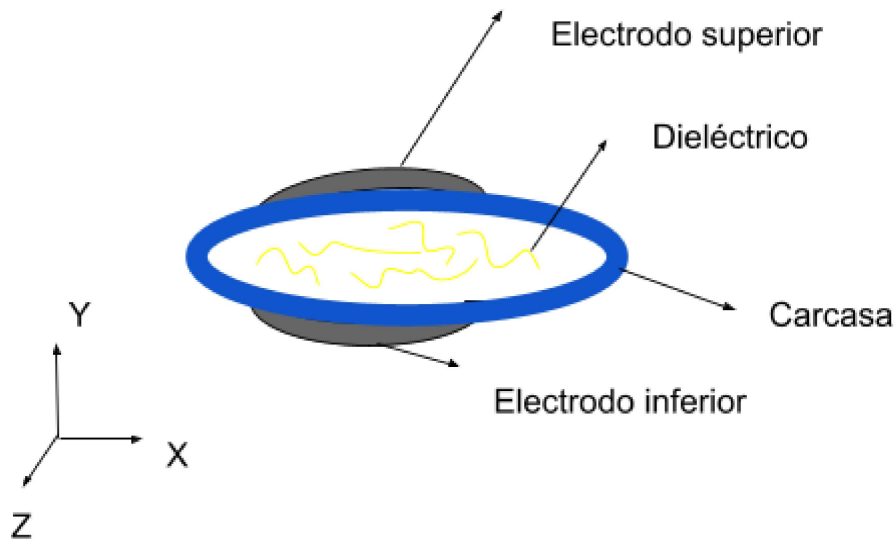


Figura 13 *Partes del actuador.*

Si trazamos un plano de referencia en zx que corte por la mitad al actuador podemos observar que el electrodo inferior y superior son simétricos respecto a este plano de referencia toda esta estructura es similar a la que se tiene en un condensador, en los condensadores generalmente el material de electrodos o dieléctrico son placas (material sólido) pero en el caso del actuador HASSEL se tiene un dieléctrico líquido y una carcasa de material aislante flexible, la función del actuador es presentar un movimiento y este movimiento podría ser utilizado para realizar múltiples funciones si es utilizado solo o en conjunto con más actuadores.

Descripción del movimiento

Al activar el actuador es decir conectarlo a un voltaje el electrodo superior e inferior son atraídos, debido a esta atracción la distancia entre el electrodo superior e inferior va disminuyendo recordando que el dieléctrico contenido dentro del actuador inicialmente estaba esparcido en la carcasa pero al disminuir la distancia entre los electrodos el dielectrico va desplazándose hacia fuera del área de los electrodos.

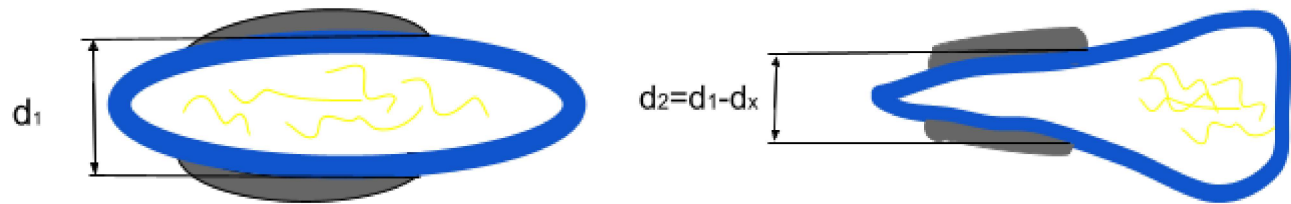


Figura 14 *Desplazamiento de dieléctrico.*

Recordando que la carcasa es de un material aislante ¿Como es posible tener atracción que permita ir reduciendo la distancia entre los electrodos y desplazar el dieléctrico? Si existe un material aislante que los separa, esto se logra utilizando un alto voltaje al tener un alto voltaje se pueden presentar problemas como el arco eléctrico tema visto en el punto 1.6, en la naturaleza podemos encontrar un fenómeno natural con similitud al arco eléctrico, el rayo, los rayos pueden causar daños en dispositivos o sistemas es por esto que existen dispositivos para proteger a estos sistemas de este fenómeno natural pero para probar la funcionalidad de estos dispositivos son usados rayos no naturales para las pruebas, en este trabajo para obtener un alto voltaje será utilizado un generador de pulso de alto voltaje [35].

En la referencia [35] se menciona el spark gap donde se nos habla de dos electrodos separados por un espacio lleno de un gas como lo es el aire, en el que se presenta una chispa eléctrica, la chispa se presenta cuando el voltaje entre los electrodos supera el voltaje de ruptura del gas, el voltaje de ruptura está relacionado con la distancia entre los electrodos y el voltaje, en el actuador tenemos un espacio en el que se puede presentar una chispa ya que a pesar de tener un material aislante entre el electrodo superior e inferior alrededor del actuador tenemos aire y en los electrodos un alto voltaje en el rango de los kilovolts en este trabajo en temas posteriores mencionaremos los problemas encontrados al manufacturar un actuador y como fueron solucionados entre ellos se presentó el tener un arco eléctrico.

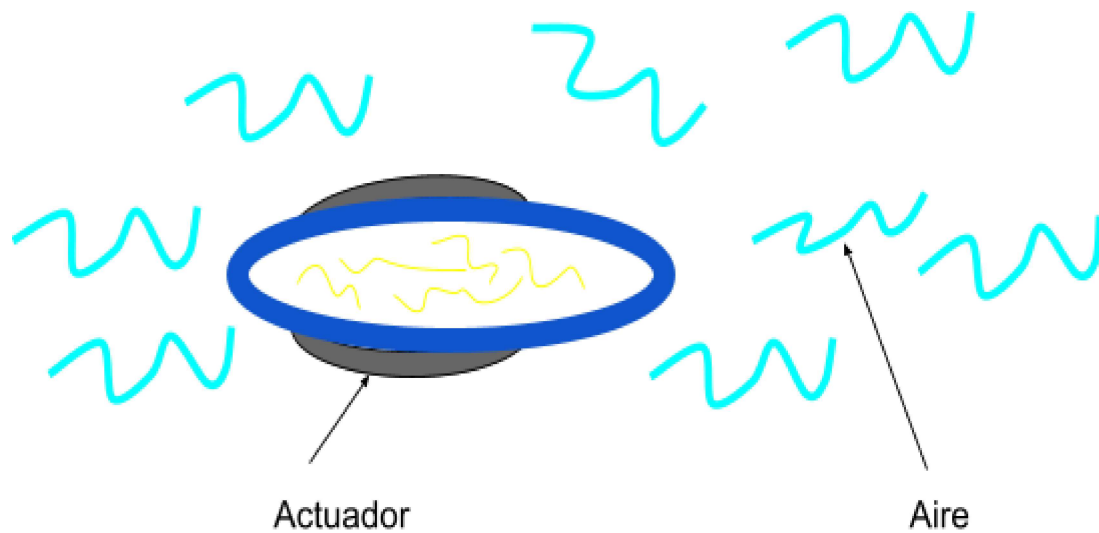


Figura 15 Actuador y aire.

Finalmente se puede agregar mencionar que estos actuadores podrían tener diferentes funciones, actualmente ellos pueden cumplir la función de tomar objetos delicados como huevos, frambuesas, etc. sin aplastarlos, esto se logra teniendo actuadores en el lateral derecho e izquierdo del objeto a tomar, al activar dichos actuadores el dieléctrico se desplaza y al desplazarse la carcasa del actuador se infla y al inflarse se elimina la distancia entre los actuadores y el objeto a tomar, los actuadores actúan como un tipo de pinza pero al no estar hechos de material sólido no aplastan o rompen el objeto a tomar.

2.2 Actuador inspirado en el actuador HASEL

En el artículo científico *Hydraulically Amplified Self-Healing ELectrostatic (HASEL) Inspired Actuators* se construye un actuador inspirado en el actuador HASEL

Este actuador está compuesto por aceite vegetal como líquido dieléctrico, la carcasa está hecha por láminas de polipropileno (contenedor hidráulico) para los electrodos fue utilizado silver paint y el sellado se realiza mediante un grabador láser. [30]

CAPÍTULO 3. DISEÑO Y MANUFACTURA DE ACTUADOR INSPIRADO EN EL ACTUADOR HASEL

Algunos de los temas que se abordarán en este capítulo son diseño, selección de materiales para los distintos componentes que formarán al actuador (carcasa, dieléctrico y electrodo) y procesos de sellado, como se mencionó anteriormente el actuador tiene una composición similar a la de un condensador se tendrá un electrodo superior e inferior y entre ellos una carcasa con dieléctrico.

Inicialmente se buscaba crear una pantalla táctil en el que cada actuador representará un punto Braille y al activar el actuador se presentará el relieve de esta forma teniendo actuadores activados o no activados se representarán figuras, letras, números o caracteres.

En resumen se describe la forma en la que es posible manufacturar un actuador y posteriormente se profundizará en el proceso.

Manufactura general del actuador

Materiales

- Láminas de material adecuado (Ejemplo PP)
- Tinta conductiva
- Sellador para las láminas (plancha o grabadora/cortadora laser y pluma 3D)
- Cinta de Aluminio
- Dieléctrico (Aceite de Soya)
- Jeringa sin aguja
- Multímetro

Procedimiento

Como primer paso se sellaran las láminas para formar una carcasa dejando una abertura, después del sellado se coloca la tinta conductiva por ambos lados superior e inferior exterior de la carcasa fuera del área de sellado de forma simétrica respecto a un plano paralelo entre ambas láminas, se localizan los puntos de fuga y se da un segundo sellado, se introduce el dieléctrico (aceite de soya) el dieléctrico puede ser introducido con ayuda de una jeringa sin aguja (la carcasa será llenada aproximadamente al 50%), se sella la abertura por la que se ingresa el dieléctrico y finalmente se coloca una cinta de aluminio en el lado superior exterior sobre la tinta y otra sobre el lado inferior exterior a 180 grados una de otra.

Para cada actuador se verificó que existiera conductividad entre la cinta de aluminio y la tinta conductiva con un multímetro, si no existe conductividad podría deberse a falta de tinta en alguna área correspondiente o el pegamento de la cinta actuando como aislante entre la tinta y el aluminio si este es el caso se pegara la cinta del lado del aluminio hacia la tinta con otro pedazo de la cinta.

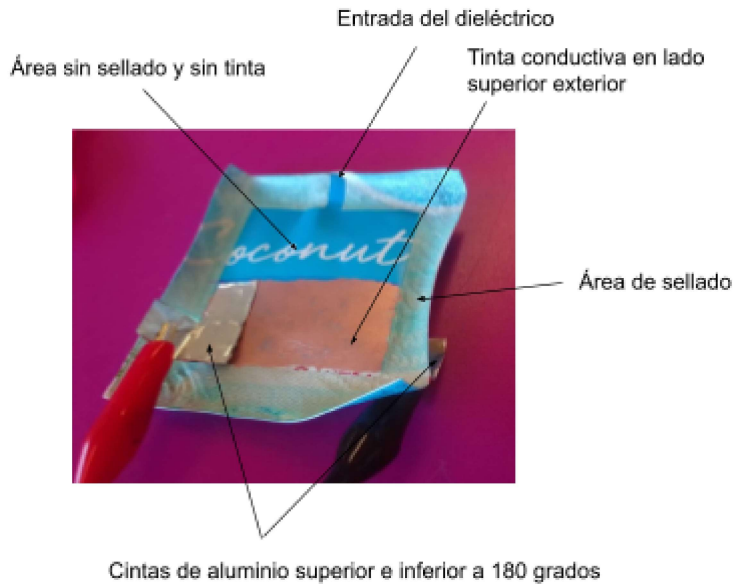


Figura 16 *Partes del actuador.*

3.1 Electrodo

El electrodo será el conductor que irá en la superficie de la carcasa se requiere que pueda adherirse a esta, a continuación se presentarán las tintas o pinturas que existen o se pueden elaborar y la selección que se realizó.

Elaboración de tinta conductiva de grafito

La tinta conductiva permite tener un conductor sobre una superficie en la que no es posible soldar un conductor, como por ejemplo plástico, cartón, etc. Para la elaboración de tinta conductiva se realizó la mezcla de esmalte de uñas transparente con un material conductor [27].

Experimentación 0

Materiales:

- Lápiz de grafito
- Barniz transparente
- Sacapuntas
- Multímetro

Procedimiento:

1. Como primer paso se comprobó que el lápiz fuera de grafito y tuviera conductividad, para eso se colocó la perilla del multímetro en conductividad y se colocaron las puntas de prueba del multímetro sobre la punta del lápiz y se comprobó la conductividad del material al escuchar el pitido del multímetro.
2. Con ayuda del sacapuntas se fueron sacando puntas o partes de grafito
3. Posteriormente los pedazos de grafito se mezclaron con el barniz, en una proporción de 30% de barniz y 70% de grafito.
4. Se pintó sobre un empaque de plástico y se dejó secar.

Resultados: Se obtuvo una pintura negra con brillo

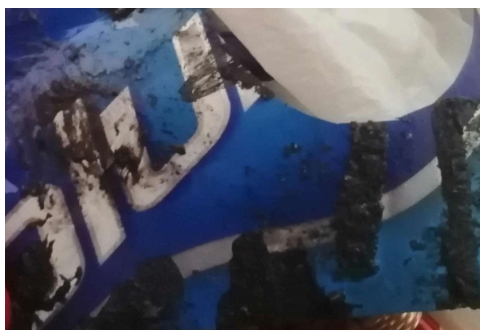


Figura 17 *Experimentación 0.*

Conclusiones: Los pedazos de grafito no eran lo suficientemente pequeños para mezclarse bien con el barniz.

Experimentación 1

Materiales:

- Lápiz de grafito
- Barniz transparente
- Papel de lija
- Sacapuntas
- Multímetro

Procedimiento:

1. Como primer paso se comprobó que el lápiz fuera de grafito y tuviera conductividad, para eso se colocó la perilla del multímetro en conductividad y se colocaron las puntas de

prueba del multímetro sobre la punta del lápiz y se comprobó la conductividad del material al escuchar el pitido del multímetro.

2. Con ayuda del sacapuntas se fueron sacando puntas o partes de grafito.
3. Posteriormente las puntas de grafito se lijaron con el papel lija hasta obtener un polvo de grafito (durante este paso es importante obtener un polvo muy fino o granos muy finos de grafito).
4. Se hizo una mezcla con un aproximado de 30% de barniz transparente y 70% de grafito en polvo para que este paso se realizará correctamente y se obtuviera una mezcla homogénea fue necesario un polvo muy fino de grafito.
5. Al obtener esta mezcla o pintura se tomó un poco y se pintó con ella sobre un cartón.
6. Se dejó secar por alrededor de 20 minutos y se observó una mezcla con coloración gris y pastosa.
7. Nuevamente se colocó la perilla del multímetro en continuidad y las puntas del multímetro sobre la pintura del cartón.

Resultados: Al tener la perilla del multímetro en continuidad y las puntas del multímetro sobre la pintura el multímetro no emitió pitido pero sí emitió una resistencia de 1040 Ω .

Conclusiones: Para que el multímetro emita un pitido o detecte continuidad el conductor debe tener una resistencia baja de aproximadamente 50 o menos de 50 ohms, al tener la mancha de pintura una resistencia de 1040 Ω aproximadamente según el multímetro, el multímetro no pudo detectar la mancha de pintura con continuidad debido a su alta resistencia pero con la medida de resistencia obtenida en la mancha de pintura se puede confirmar el paso de electrones a través de dicha mancha de pintura.

Experimentación 2

La segunda experimentación se realizó con cantidades mayores y con mayor exactitud

Materiales:

- 3.75 ml de polvo de grafito
- 29-34 Gotas de barniz transparente
- 17 gotas de acetona
- Papel de lija
- Sacapuntas
- Multímetro
- Vaso dosificador de medicamento
- Gotero

Procedimiento:

1. Como primer paso se comprobó que el lápiz fuera de grafito y tuviera conductividad, para eso se colocó la perilla del multímetro en conductividad y se colocaron las puntas de

prueba del multímetro sobre la punta del lápiz y se comprobó la conductividad del material al escuchar el pitido del multímetro.

2. Con ayuda del sacapuntas se fueron sacando puntas o partes de grafito.
3. Posteriormente las puntas de grafito se lijaron con el papel lija hasta obtener un polvo de grafito (durante este paso es importante obtener un polvo muy fino o granos muy finos de grafito).
4. Con vasos dosificadores se hizo la medición del polvo de grafito y con goteros se hizo la medición de barniz y acetona.
5. Se mezclaron 3.75 ml de polvo de grafito, 29-34 Gotas de barniz transparente y 17 gotas de acetona.
6. Se pintó sobre cartón y se dejó secar.

Resultados: Con las cantidades utilizadas se obtuvo una pintura líquida, opaca, mate y sin grumos, la resistencia medida en ohms de las manchas va alrededor de los 18,000 ohms pero debe tenerse en cuenta que esta medición no depende solo de la pintura sino también del tamaño de área y espesor de la mancha de pintura.



Figura 18 Manchas de pintura obtenidas con la segunda experimentación.



Figura 19 Medición de la resistencia de una mancha de pintura.

Experimentación 3

Se modificaron las cantidades utilizadas para no solo lograr conductividad sino bajar la resistencia, se obtuvo una masa suave, moldeable, opaca y mate.

Resultados: Para utilizar esta masa se extiende sobre la superficie un poco de la masa y se deja secar, el resultado al secarse sobre una superficie es visiblemente similar al de la pintura experimentación 2 se obtuvo una mancha opaca y mate.



Figura 20 *Pintura obtenida con la experimentación 3.*

Conclusiones: Pros y contras con esta tercera experimentación se logró el objetivo de bajar la resistencia considerablemente pero se tiene un menor control del espesor de la mancha, ya que la masa es sólida y no líquida como la tinta no se puede emplear el conteo de “pasadas” de pintura. Una desventaja presente en esta experimentación es que la masa se seca en un menor tiempo que la pintura, se colocó la masa en un recipiente de cristal cerrado y después de unos días la masa se volvió dura y quebradiza, se desmorona y de este modo no es posible emplearla.



Figura 21 *Mancha de pintura.*

Selección tinta conductiva

Para el electrodo se requiere un conductor que pueda adherirse a la carcasa sin soldarse existente diferentes conductores que podrían satisfacer este requerimiento como la tinta de grafito, tinta de cobre y pintura de plata, se pudo comprobar el funcionamiento de la tinta conductiva de grafito pero debido a su no tan baja resistividad se optó por la utilización de una pluma de tinta conductiva comercial a base de cobre, ya que el cobre tiene una resistividad cercana a la resistividad de la plata esta pluma da una ventaja cercana a la que podría dar la pintura de plata y a su vez también una ventaja en un precio bajo cercano al de la tinta de grafito.

Tabla 2

Tinta conductiva	Resistividad a 20 grados centígrados del material a base del que está hecho el producto	Precio aproximado por unidad de producto.
Tinta de grafito	$(3-60) \times 10^{-5} [\Omega * m]$	\$120
Tinta de cobre	$1.724 \times 10^{-8} [\Omega * m]$	\$300
Tinta de plata	$1.59 \times 10^{-8} [\Omega * m]$	\$3,326

Datos de resistividad obtenidos de la referencia: Olmo, M., & Nave, R. (n.d.). *Table of Resistivity*. HyperPhysics. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Tables/rstiv.html>

3.2 Selección e identificación de materiales de la carcasa

Selección de material carcasa

Para la fabricación de la carcasa se planteó la selección del material, puntos importantes que se pueden tomar en cuenta en la selección del material son propiedades físicas y mecánicas del material, que el material pueda ser sometido al modo de fabricación deseado en este caso termosellado, el material aplicado ofrezca una solución económica aceptable y por último pero no menos importante que se evite el daño al medio ambiente (utilización del reciclaje).

Características necesarias:

- Material termosellable.
- Material no poroso (capaz de contener líquido para evitar derrame de dieléctrico líquido).
- Resistividad eléctrica (no se requiere un material conductor pero la resistividad que presente el material será un factor determinante del voltaje requerido para el funcionamiento del actuador).

Tabla 3

Posibles materiales para la carcasa.

Material	Resistividad ρ [$\Omega * m$]	Punto de fusión [$^{\circ}C$]
Polipropileno	$> 10^{19}$	160
PET		250
PE	10^{20}	Baja densidad 105 a 115 Media y alta densidad 120 a 130

Datos obtenidos de las referencias [24] [25].

Identificación de materiales

A continuación se presentarán algunas formas en las que es posible identificar materiales

1.- Para identificar materiales en envases es posible hacerlo con el símbolo de reciclaje que tienen algunos empaques.



Figura 22.

Nota. Tomada de “El Analista Económico-Financiero”, 2013, [Imagen] (<https://elanalistaeconomicofinanciero.blogspot.com/2013/10/que-significan-los-numeros-en-el.html>)

2.- También es posible identificar a los plásticos mediante sus propiedades mecánicas (rígido, semirrígido o flexible) las propiedades ópticas (transparente, translúcido u opaco) y la densidad.

IDENTIFICACIÓN DE MATERIAL	
RÍGIDO	PMMA, PUR-R, SAN, EP, MF, PF, EPS, UP
SEMIRRÍGIDO	POM, PBT, PEAD, ABS, PET, PP, PVC-R, PC, UP-FV, PA6 , PSMI, UHMWPE, PA 6/6, PSAL
TRANSPARENTE	PMMA, PC, PVC-F, PS, PVC-R, PET, SAN, EP, SB, UP
OPACO	ABS, PUR-F, PTE, PUR-R, MF, PF, PBT, TPU, PSAL, SI, EPS
TRANSLÚCIDO	POM, PSMI, PP, CA, PET, TPU, EVA, PEAD, UP-FV, PA6, PEBD, PA 6/6, UHMWPE
FLOTA EN AGUA	EVA, PEBD, PTE, PP, EPS, PUR-F, PEAD, PUR-R, UHMWPE
NO FLOTA EN AGUA	POM, TPU, CA, EP, PVC-R, PF, MF, UP, PBT, UP-FV, PET, SI
NO FLOTA EN ALCOHOL	EVA, PTE, PEAD
FLOTA EN SOLUCIÓN DILUIDA	ABS, PS, SAN, PSMI, SB, PSA
FLOTA EN SOLUCIÓN CONCENTRADA	PMMA, PVC-F, PA 6, PA 6/6, PC

3.-Identificación de polipropileno: Es posible identificar el polipropileno por la prueba de fuego directo, si el polipropileno es expuesto al fuego directo el material se fundirá y goteará, si es polipropileno se identificara una flama de fuego azul y humo blanco y suave [23].

Identificación del material 1

El material 1 fue reciclado se obtuvo de una bolsa de jabón líquido el empaque no contenía algún símbolo para la identificación de su material, fue elegido para su identificación porque presenta características requeridas para su uso es termosellable y es capaz de contener líquido.

Pruebas realizadas:

Para identificar el material del empaque utilizado se le realizó la prueba de fuego directo y la prueba de densidad, en este caso no se pudo realizar la identificación mediante el símbolo de reciclaje porque el empaque no lo contiene.

Resultados:

Al material utilizado se le hizo la prueba de fuego directo y se identificó la flama azul, el material se funde y comenzó a gotear y un humo blanco y suave.



Figura 23 *Material goteando.*

Nota. Material goteando al aplicar la prueba de fuego directo.



Figura 24 *Humo blanco.*

Nota. Identificación de humo blanco al aplicarle la prueba de fuego directo al material.



Figura 25 *Flama azul*

Nota. Identificación de flama azul al aplicarle la prueba de fuego directo al material



Figura 26 *Prueba de densidad.*

Nota. Prueba de densidad, material flotando en agua.

Conclusiones:

Con los resultados obtenidos se puede concluir que el material 1 del empaque es polipropileno PP.

Materia 1

Material: Polipropileno PP

Color:Empaque con diferentes colores, color predominante azul. Espesor: 0.1714 mm

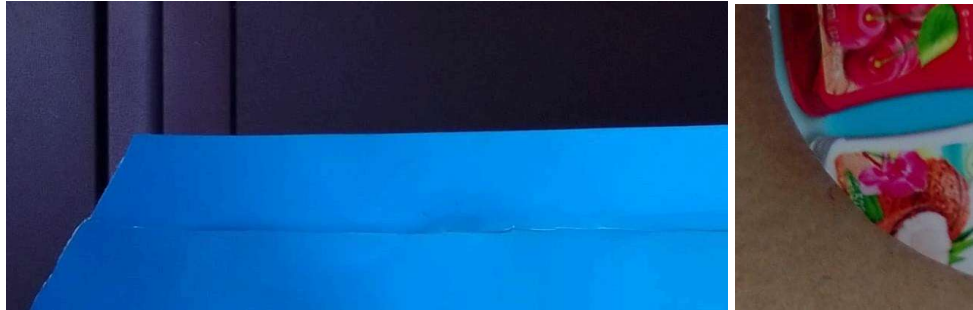


Figura 27 *Material 1 PP.*

Material 2

El material 2 fue obtenido de bolsas que son empleadas para guardar alimentos o bebidas, cumple con características requeridas es termosellable y capaz de contener líquidos, no fue necesario hacer pruebas de identificación de material ya que el vendedor proporciona la información

Material: PET + PE

Color: Transparente Espesor:0.0428 mm



Figura 28 *Material 2 PET + PE.*

3.3 Diseño actuadores

En esta parte del proceso se hará el diseño de la carcasa que contendrá al dielectrico, se realizaron diferentes diseños todos cumplan con la característica de tener una abertura para introducir el dieléctrico que posteriormente de introducir el dieléctrico a la carcasa sería sellada, los métodos por los cuales se sellaron las carcasas serán mencionados en el siguiente tema, este tema se enfocará en el diseño.

Se realizaron diseños que consistían en dos circunferencias con una abertura formando una “C” se buscaba que este diseño representará un punto Braille, para estos diseños también se realizó una

pieza en mdf que serviría como guía para pintar la carcasa con tinta conductiva, la pieza de mdf era colocada sobre la carcasa y se pintaba el orificio que quedaba descubierto, estos diseños fueron descartados de las pruebas ya que el introducir dieléctrico en una carcasa tan pequeña y sellar la abertura sin que saliera resultaba complejo.

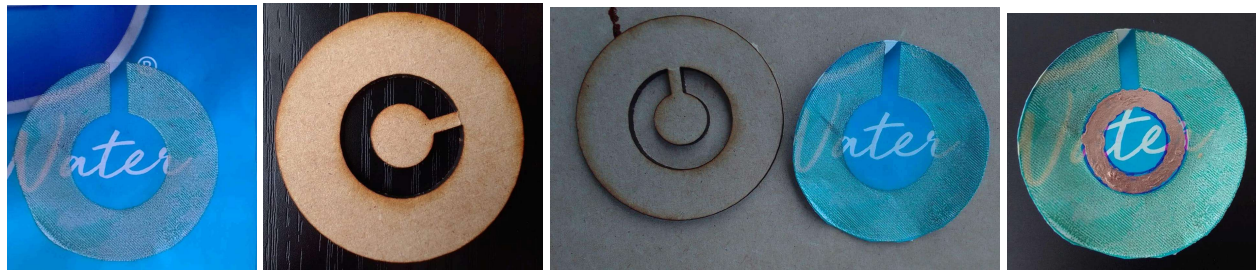


Figura 29 Carcasa “C” y pieza mdf.

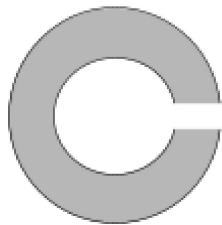


Figura 30.

Otro diseño fue un cuadrado que era sellado por tres de sus laterales dejando una lateral o parte de ella sin sellar para introducir el dieléctrico y ser sellado posteriormente, se realizaron diferentes carcasas manteniendo constante el área de la cámara que contendrá el dieléctrico y variando el ancho del área de sellado, las carcasas se sometieron a pruebas para ver con que ancho de sello no se presentaba arco eléctrico y así tener un correcto funcionamiento.



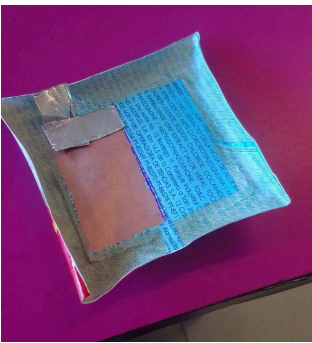
a)



b)



c)



d)



e)

Figura 31 Carcasas cuadradas con diferentes áreas de sellado.

Tabla 4

X_i	Ancho de sellado
X1	3 cm
X2	1.5 cm
X3	1.25 cm
X4	1.125 cm
X5	0.5 cm

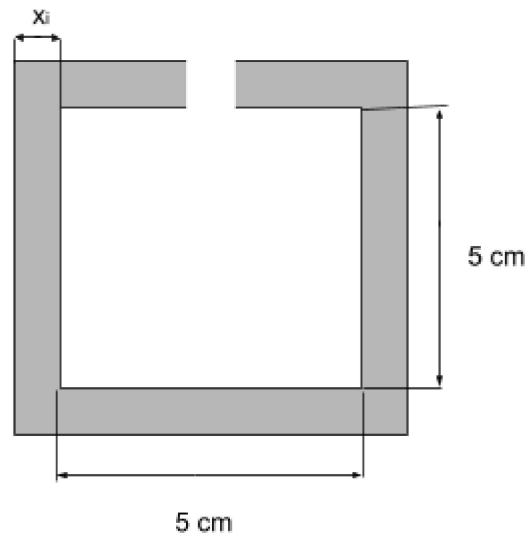


Figura 32.

Buscando reducir el tamaño del condensador para acercarse a la funcionalidad de los puntos Braille se llegó a este diseño preliminar en el que se reduce la cámara que contiene al dieléctrico, inicialmente se pretendía que cada círculo sin tinta representará un punto Braille y que el área rectangular entre la tinta fuera sellada para separar un punto del otro, así se reduciría tamaño teniendo un mismo sello para ambos puntos y se introduciría el dieléctrico más fácilmente pero al realizar la prueba se presentó arco eléctrico.

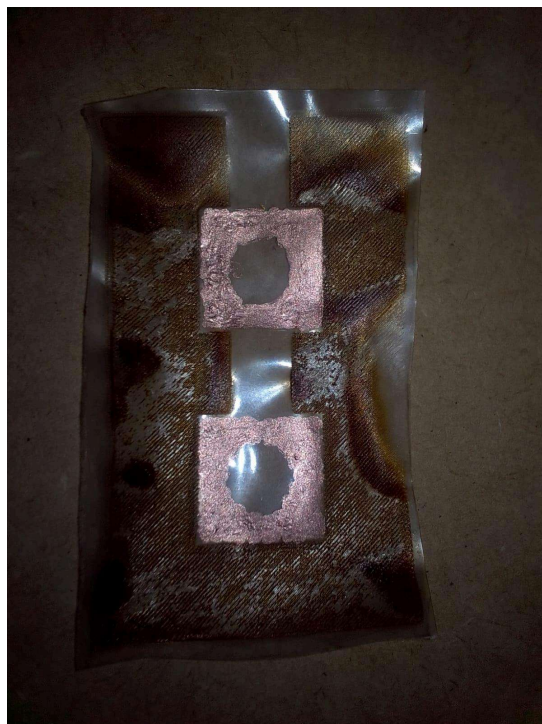


Figura 33.

3.4 Manufactura de carcasa: Sellado

Un proceso de la fabricación de la carcasa del condensador es el sellado de la misma es por esto que es importante definir lo que es un buen sello, para este caso definiremos un buen sello como aquel que es lo suficientemente resistente para contener el dieléctrico y no presenta canales de fuga o aberturas ni tampoco derretimiento o deformación excesiva del polímero.

En los sellados térmicos se manejan los factores temperatura, tiempo y presión al realizar el sellado de la carcasa con la grabadora/cortadora láser los parámetros que se establecen son velocidad, potencia y líneas/mm.

Es posible realizar el sellado de la carcasa por distintos procesos, a través de pluma 3D, termosellado, con grabadora/cortadora laser a continuación mencionaremos como se realizó el

sellado de diferentes carcasas comenzaremos hablando sobre el sellado mediante grabadora/cortadora laser de una carcasa con el Material 1 Polipropileno.

Sellado mediante grabadora/cortadora laser material 1

Se cortó dos láminas del mismo tamaño del material 1 que fueron colocadas una sobre otra en el área de trabajo de la cortadora/grabadora laser (debajo del material a cortar/grabar/sellar se debe colocar un material de sacrificio)

Se colocó el cilindro sobre las láminas de pp para la calibración de la altura del láser (distancia entre láser y láminas de pp) como se muestra en la imagen, utilizar lentes de protección.



Figura 34.

En la cortadora/grabadora láser los parámetros que se pueden modificar son

- Velocidad
- Potencia
- Intervalo o distancia que existe entre las líneas de grabado (cuando se ocupa la operación relleno).

Para la fabricación de la carcasa se requiere:

1. Hacer un sellado térmico.
2. Que el área de sellado sea resistente, que una lámina no se despegue de la otra con facilidad.

Se evitará:

1. Que en el área sellado exista o se haga con el láser alguna abertura u orificio por el que pudiera salir el dieléctrico.

Mediante pruebas se buscó el valor de los parámetros (velocidad, potencia y distancia de líneas entre grabado) adecuados para realizar el sellado de la carcasa.

Pruebas termosellado

Para lo siguiente se realizó una prueba variando **velocidades y potencias**, esta prueba será de gran utilidad para el área de sellado.

Prueba 1

Se cortaron dos láminas de plástico y se colocaron una sobre otra y se pusieron en la cortadora-grabadora láser.

La cortadora se programó para que realizara el grabado de contornos de cuadros variando en cada cuadro la velocidad y potencia, quedando una cuadrícula en la que en el **eje x** se varía la potencia y en el **eje y** se varía la velocidad.



Figura 36.

Figura 35 Prueba 1. variación de velocidades y potencias.

Con esta prueba se consideró que los valores adecuados para la unión de las láminas es decir los valores que se ocuparan para los parámetros de la operación de relleno podrían ser:

Speed (mm/m)=640

Power(%)=50

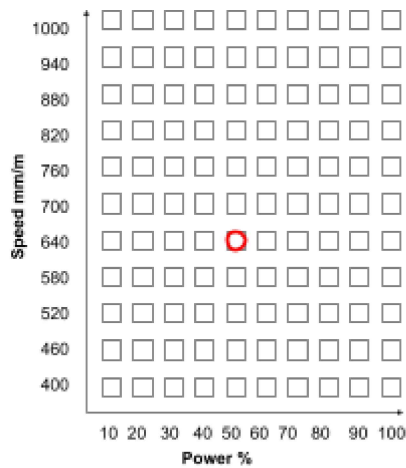


Figura 37.

Estos valores permiten unir las láminas, con los valores inferiores o superiores las láminas se cortan o no se unen.

Prueba 2

En esta prueba se buscó el diseño adecuado, se realizó el boceto del diseño para posteriormente pasarlo al software de la cortadora láser, este diseño consta de dos circunferencias con los siguientes valores en los parámetros:

Speed (mm/m)=640

Power(%)=50

Utilizando la operación de relleno



Figura 38.



Figura 39.

Para reducir los puntos de fuga con este tipo de sellado más adelante se mencionaran tipos de sellado (termosellado con pluma 3D y plancha) que serán complementos de este.

Sellado mediante grabadora/cortadora laser material 2

Se cortó dos láminas del mismo tamaño del material 2 que fueron colocadas una sobre otra en el área de trabajo de la cortadora/grabadora laser (debajo del material a cortar/grabar/sellar se debe colocar un material de sacrificio)

Se colocó el cilindro sobre las láminas del material 2 para la calibración de la altura del láser (distancia entre láser y láminas) como se muestra en la imagen, utilizando lentes de protección.

Material PET transparente + PE Transparente

Para encontrar los parámetros adecuados para este material se siguió un procedimiento algo distinto al del material 1, el sellado se realizó con la grabadora laser se colocaron ciertos parámetros y estos fueron modificados hasta encontrar los más adecuados, una potencia alta se utiliza para materiales de mayor espesor o dureza mientras que para materiales de menor espesor o menor dureza se requiere una menor potencia y en cuanto a la velocidad velocidades altas son ocupadas para materiales de menor espesor y menor dureza y velocidades bajas para materiales de mayor espesor y dureza.

- Si se observaba que las hojas de PET + PE no se unían se aumentaba la potencia y/o se reducía la velocidad.
- Si se observaba que las hojas de PET + PE se derriten o son cortadas en lugar de unidas se reducía la potencia y/o se aumentaba la velocidad.

Finalmente se encontró que una adecuada potencia y velocidad de 900 mm/min y 34% respectivamente.



Figura 40 Pruebas con parámetros erróneos para el sellado.

Carcasa 1 con material 2

Con los parámetros encontrados se realizó el primer diseño de la carcasa para el material 2 utilizando la herramienta **línea a línea** dirección diagonal.

Velocidad: 900 mm/min

Potencia: 34%

Calidad: 3 líneas/mm

Dirección: Diagonal



Figura 41.

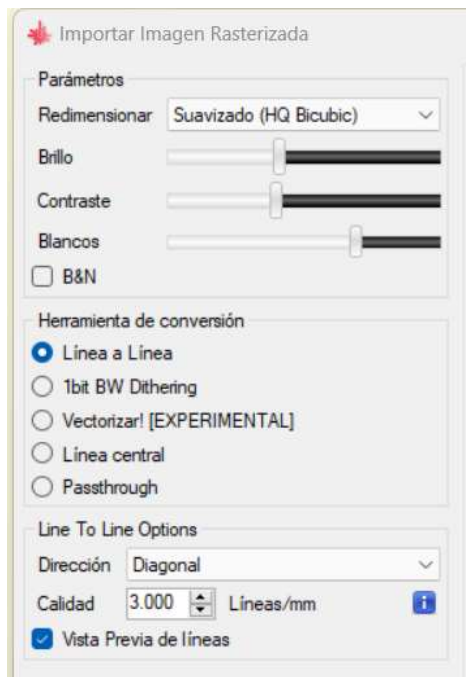


Figura 42.
Nota. Captura de pantalla del software [LaserGRBL][Software de computadora].

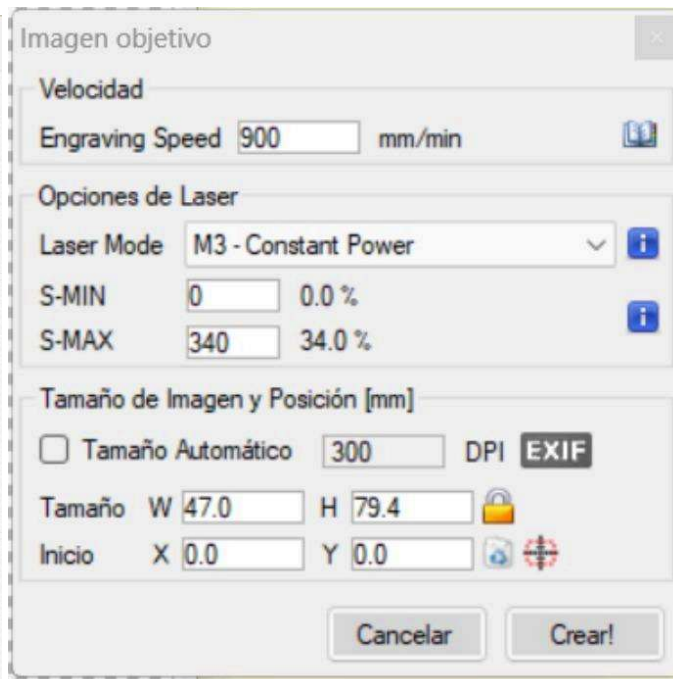


Figura 43.
Nota. Captura de pantalla del software [LaserGRBL][Software de computadora].

Se obtuvo un buen sello en aproximadamente el 80% del área, la pequeña área que no fue sellada se selló posteriormente con una pluma 3D la pluma se utilizó a una temperatura de 235, se pasó la punta de la pluma por las áreas no selladas, con la pluma 3D se mejoró el sellado pero al introducir el dieléctrico en la carcasa aún se observan puntos de fuga por los que salía el dieléctrico.



Figura 44 *Pluma 3D con temperatura 235 para sellado de puntos de fuga.*



Figura 45 *Carcasa 1 material 2.*

Carcasa 2 con material 2

Para reducir los puntos de fuga en esta carcasa se dividió la imagen del diseño en dos imágenes para poder realizar una parte del grabado en dirección horizontal y otra en dirección vertical observándose mejores resultados que el sellado anterior en una sola dirección diagonal.



Figura 46 Carcasa 2 con material 2: Combinación de grabado horizontal y vertical.

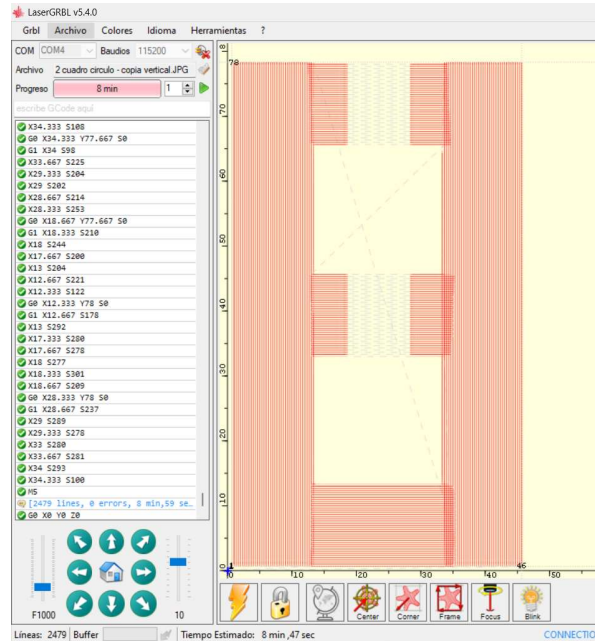


Figura 47.
Nota. Captura de pantalla del software [LaserGRBL][Software de computadora].

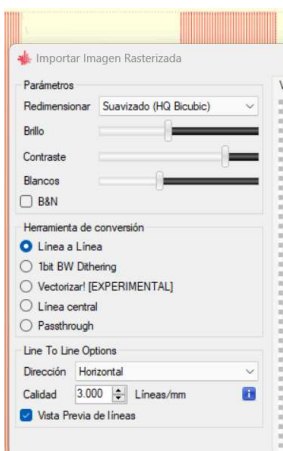


Figura 48.
Nota. Captura de pantalla del software [LaserGRBL][Software de computadora].

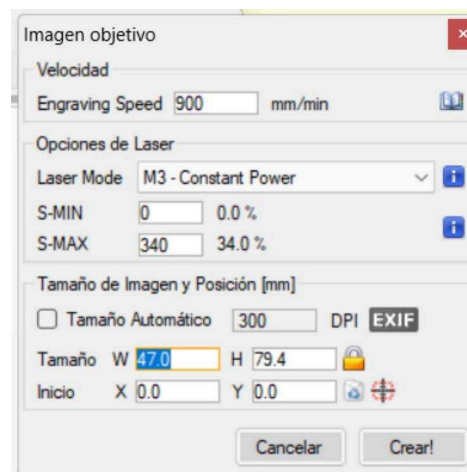


Figura 49.
Nota. Captura de pantalla del software [LaserGRBL][Software de computadora].

Si el material a grabar se llega a levantar podría chocar con el lente del láser provocando que el material se mueva de lugar y por tanto el sellado quede fuera del área correspondiente.

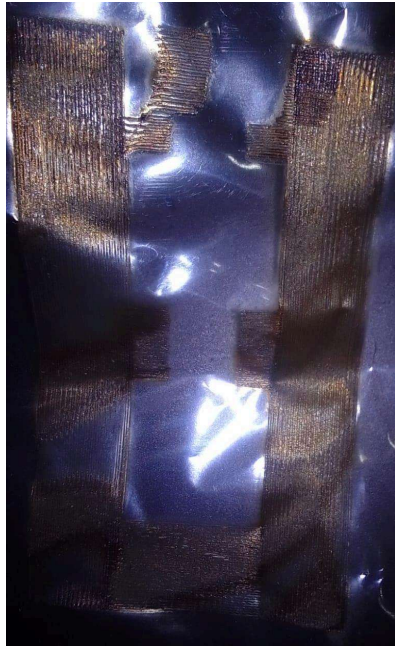


Figura 50 *Primer intento fallido de carcasa 2 material 2.*

Termosellado

Otro método menos complejo pero muy efectivo para realizar el sellado de la carcasa es a través del uso de plancha de cabello para este método se cortó dos láminas del material 1 y posteriormente con una regla y plumín se marcó el contorno del área a sellar la plancha se colocó en el área a sellar por unos segundos y se retiró.



Figura 51 *Carcasas hechas por termosellado con plancha.*

En los anteriores condensadores se realizó el sellado con grabadora/cortadora láser y para el sellado de la abertura para introducir el dieléctrico y los puntos faltantes que no fueron unidos con el láser (puntos de fuga), se utilizó una plancha de cabello, pero al reducir el tamaño y forma del condensador era necesario corregir o mejorar el sellado que hacía la cortadora/grabadora láser con algo que brindara mayor exactitud que la plancha de cabello así que para los siguientes condensadores se utilizó una pluma 3D esto mejoró el sellado ya que también evitaba que el condensador se deformara o derritiera en el área del sello ya que al mejorar el sellado con la plancha no se tenía un buen control de la temperatura ni del área a sellar por la geometría de las placas de la plancha, con la pluma 3D es posible establecer o elegir la temperatura y aunque no es posible cuantificar la presión utilizada sabemos que existe al tener en contacto la punta de la pluma con los puntos que se busca sellar y el tiempo estará dado porque tan rapido o lento pasemos por dichos puntos.



Figura 52 Carcasas selladas con grabadora/cortadora láser y posteriormente con plancha.

Tabla 5**Conclusiones de sellado.**

Sellado con grabadora/cortadora laser	Sellado con plancha	Sellado con pluma 3D
<p>Ventajas La grabadora/cortadora láser da un sellado de geometría y tamaño exacto.</p> <p>Desventajas El sellado no es uniforme, quedan puntos de fuga, el láser calienta la hoja del material y hace que algunas veces se levante y apesar de tener una base lisa una pequeña inclinación no visible causa que la distancia del láser a la hoja no sea la misma en toda el área de la hoja lo que causas un sellado no uniforme</p> <p>Problemáticas en el proceso</p> <p>La máquina algunas veces se pausa y esto causa que la velocidad del láser sea 0 lo que puede causar que el láser atraviese ambas hojas</p>	<p>Ventajas El sellado es uniforme es poco común que se presente puntos de fuga</p> <p>Desventajas El sellado no es exacto, no se pueden realizar diferentes geometrías ni tamaños pequeños de sellado, generalmente el sellado presenta deformación y en algunos casos derretimiento.</p> <p>Problemáticas en el proceso El proceso está sujeto al error humano el tiempo que se deja calentar la plancha y el tiempo que se deja sobre las hojas para realiza el sello</p>	<p>Ventajas Este sellado complementa el sellado de la cortadora/ grabadora laser</p> <p>Problemáticas en el proceso El proceso está sujeto al error humano con que velocidad se pasa sobre las hojas.</p>

En el proceso del nuevo diseño de condensador de tamaño reducido los principales problemas fueron que ya no era tan factible la utilización de la plancha para hacer un sellado complementario y a pesar de que la plancha hace un sello que deforma las hojas de pp es un sello no presenta o casi no presenta canales de fuga, otro problema presente a resolver era que al tener un condensador más pequeño el dieléctrico de relleno será menor y al ser menor la cantidad de dieléctrico resulta complicado introducirlo en el condensador y evitar que salga por la abertura no sellada por la que se introdujo, en los condensadores anteriores pequeñas cantidades de dieléctrico tambien salian por la abertura pero no eran un porcentaje significativo, y el condensador quedaba con un porcentaje.

Capítulo 4. Dispositivo requeridos para la manufactura y funcionamiento del actuador

4.1 Cortadora/grabadora laser

Uno de los métodos por los que fue sellada la carcasa fue a través de una cortadora/grabadora laser a continuación se dará una breve descripción del uso de la grabadora/cortadora laser Sculpfun S9 5.5W con el software LaserGRBL, la cortadora/grabadora laser como su nombre lo indica sirve para cortar y grabar ciertos materiales como por ejemplo MDF y acrílico pero en este caso será ocupada principalmente para unir dos láminas de polímero, es decir realizar el sellado de la carcasa, cuando se ocupa para realizar grabado o corte de algún material se tienen que establecer los parámetros adecuados estos parámetros dependen del material, espesor e incluso el color del material, para el caso del sellado también es necesario establecer los parámetros adecuados para realizar el sellado sino se ocupan los parámetros adecuados el material podría cortarse en lugar de unirse o no sellarse los parámetros que tenemos son:

- Velocidad mm/min
- Potencia %
- Calidad Líneas/mm

La máquina debe estar conectada a una computadora con el software para su funcionamiento, el material se colocó en el área sobre un material de sacrificio (MDF) de trabajo y se calibró la altura del láser con el cilindro de aluminio posteriormente se retiró el cilindro.

El proceso desarrollado para el sellado consistió en abrir en el software la imagen que sería el sellado de la carcasa esto teniendo la máquina encendida y conectada a la computadora, el software cuenta con diferentes herramientas como: Línea a línea, 1 bit BW Dithering, Vectorizar, Línea central y Passthrough, cada herramienta tiene una función en la herramienta de Vectorizar el láser pasa por el contorno de la imagen esta función es utilizada para cortar materiales (en esta herramienta no se selecciona la calidad líneas/mm ya que no se tiene un relleno de líneas solo un contorno) pero como lo que se buscaba era sellar un área se requería que el láser pasara por toda el área a sellar y no solo por el contorno se utilizó para el material 2 la herramienta línea a línea con calidad 3 líneas/mm velocidad 900 mm/min una potencia de 34% y se le dio a la imagen el tamaño correspondiente en mm, los parámetros adecuados fueron seleccionados con una metodología de prueba y error conociendo que una potencia alta se utiliza para materiales de mayor espesor o dureza mientras que para materiales de menor espesor o menor dureza se requiere una menor potencia y en cuanto a la velocidad velocidades altas son ocupadas para materiales de menor espesor y menor dureza y velocidades bajas para materiales de mayor espesor y dureza,

para el sellado de las laminas unicamente se dio una pasada, cuando se requiere cortar un material duro o grueso se puede requerir mas de una pasada es decir que el laser repita la trayectoria mas de una vez.

- Si se observaba que las hojas de PET + PE no se unían se aumentaba la potencia y/o se reducía la velocidad.
- Si se observaba que las hojas de PET + PE se derriten o son cortadas en lugar de unidas se reducía la potencia y/o se aumentaba la velocidad.

Al configurar la máquina con los datos correspondientes se seleccionó el botón “Crear!”

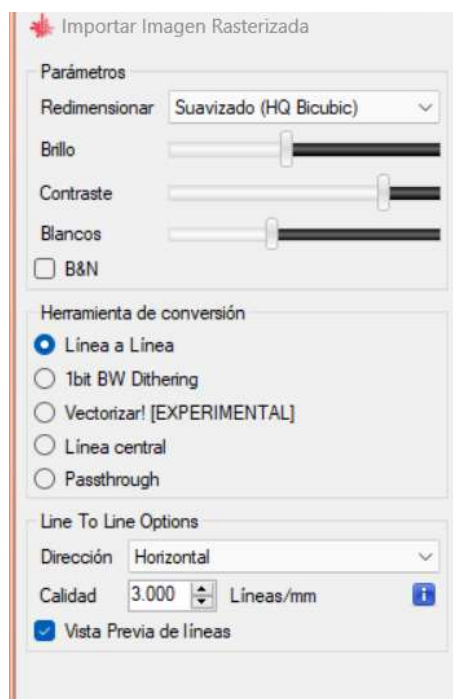


Figura 53.

Nota. Captura de pantalla del software [LaserGRBL][Software de computadora].

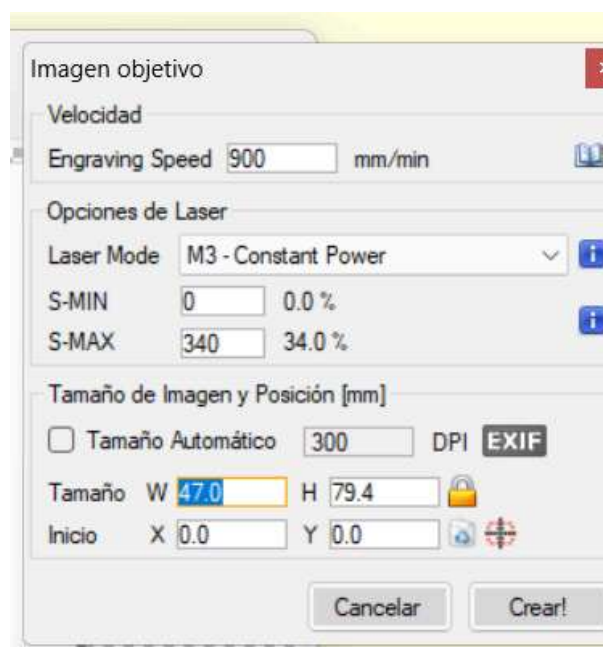
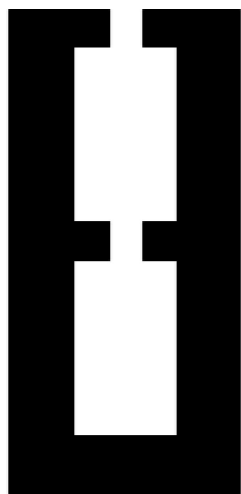


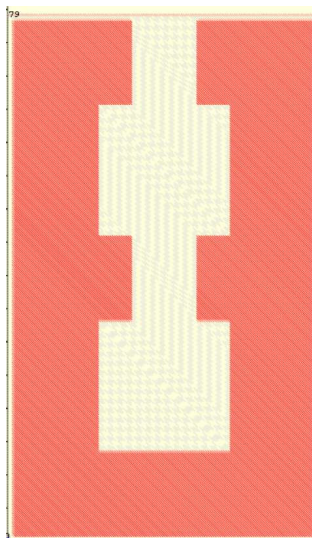
Figura 54.

Nota. Captura de pantalla del software [LaserGRBL][Software de computadora].

En las primeras carcasas se utilizaron líneas en dirección diagonal para el relleno del sellado y en las siguientes se ocupó un relleno de líneas horizontales y líneas verticales esto se logró configurando la parte 1 del sellado en una dirección y posteriormente seleccionando “Agregar archivo” para agregar la parte 2 del sellado en otra dirección.



=



Sellado dirección diagonal

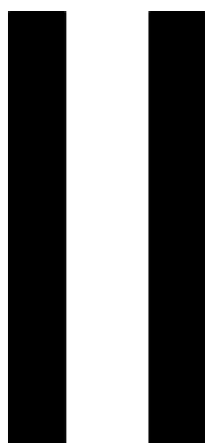
Figura 55.

Figura 56.

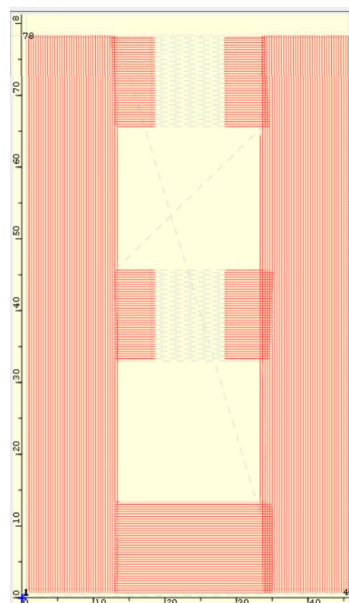
Nota. Captura de pantalla del software [LaserGRBL][Software de computadora].



+



=



Sellado dirección horizontal

Sellado dirección vertical

Figura 57.

Figura 58.

Nota. Captura de pantalla del software [LaserGRBL][Software de computadora].

Para el proceso de sellado y centrado de láser fue necesario el uso de lentes de protección, se presionó el botón “Center” y manualmente se colocó el láser en el centro del área a sellar luego fue presionado el botón “Frame” con este botón el láser hace un marco del contorno del área a sellar de este modo fue posible verificar que el láser realizará el sellado en el área correspondiente y no fuera de ella, si el láser hacia el marco fuera del área a sellar se repetía el proceso presionando el botón “Center” y moviendo el láser en la dirección correspondiente finalmente se le dió “play” a la máquina y la máquina encenderá el láser y comenzará a trabajar.

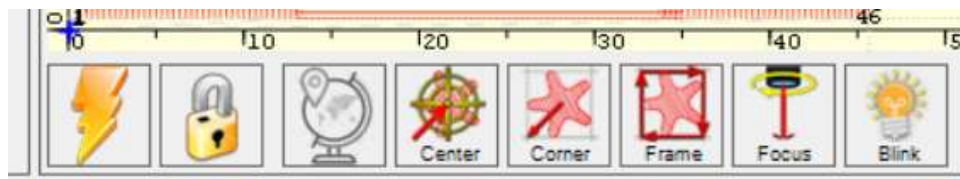


Figura 59.

Nota. Captura de pantalla del software [LaserGRBL][Software de computadora].

Para las piezas de MDF que servirán de guía para pintar con tinta los condensadores se utilizaron los siguientes parámetros:

- Velocidad 280 mm/min
- Potencia 87%

Herramienta vectorizar 3 pasadas.

4.2 Pluma 3D

La pluma 3D tiene la función de imprimir en 3D se le introduce un filamento de PLA o ABS se ajusta la pluma a la temperatura adecuada y el polímero sale derretido por la punta, en este caso será ocupada para sellar y no para imprimir en 3D así que no se le colocara filamento solo se encenderá y ajustará la temperatura a 235 grados, la punta se calentara y se pasará por las láminas del material 2 para sellar los puntos de fuga.



Figura 60 Pluma 3D.

4.3 Generador de Pulsos de Alto Voltaje

Para activar el actuador es necesario conectarlo a un alto voltaje para esto se requiere el generador de pulsos de alto voltaje en la descripción del producto se dice que da un voltaje de salida de 3KV a los 11KV pero al medir su voltaje con el multímetro y sonda de alto voltaje se midió un voltaje mayor, los cables delgados se conectaron a un voltaje de entrada y los cables de salida al actuador.

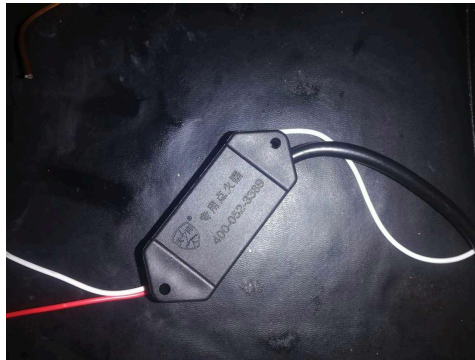


Figura 61 Generador de Pulsos de Alto Voltaje.

4.4 Sonda de alto voltaje

Una sonda de alto voltaje al ser conectada a un voltímetro permite ampliar el rango de medición del mismo, como ya se mencionó el actuador fue conectado a un alto voltaje por lo que se requería una sonda de alto voltaje que permitiera medir dicho voltaje.

Elaboración de sonda de alto voltaje

Para aumentar el rango de medición del multímetro y así poder medir el voltaje de salida del generador de alto voltaje se construirá una sonda de alto voltaje.

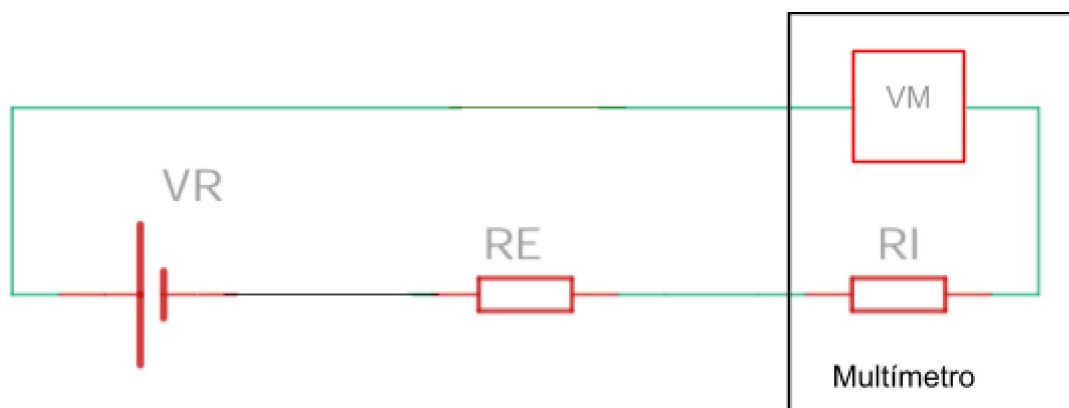
La sonda de voltaje que se construirá será básicamente una resistencia externa que se conectara al multímetro, al medir voltajes el multímetro dará un voltaje menor al real al estar conectada la sonda o resistencia, este valor será dividido por un factor que dependerá del valor de la resistencia externa para obtener el valor real del voltaje.

Materiales

- Resistencias
- Thermofit
- Cinta teflon
- Cautin
- Soldadura
- Base cautin

Teoría y calculos para elaboración de sonda de alto voltaje

El multímetro tiene una resistencia interna, si la sonda tiene una resistencia externa de igual valor a la interna el multímetro leerá un valor de la mitad del voltaje real que se mide y la otra mitad del valor voltaje se encontrara en la resistencia externa, si colocamos una sonda que tenga una resistencia externa que sea cuatro veces el valor de la resistencia interna entonces el multímetro leerá una quinta parte del voltaje real.



R_I Resistencia interna

R_E Resistencia externa

V_R Voltaje real

V_M Voltaje medido

Figura 62.

Imagen inspirada en la referencia: Electrónica Práctica Paso a Paso. (2015, abril 1). *Como Aumentar el Rango de Medición DC de un Multímetro* [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=H4MxW-c2mus&t=271s>

Nota. Captura de pantalla del circuito realizado en Tinkercad. (editado)

Caso 1: Si se tiene $R_E = R_I$ (1) V_M será igual a $\frac{V_R}{2}$ (3)

Caso 2: Si se tiene $R_E = 4R_I$ (2) V_M será igual a $\frac{V_R}{5}$ (4)

Por lo tanto la relación entre V_M y V_R será:

$$V_M = \frac{R_I}{R_E + R_I} V_R \quad (5)$$

Evaluando el **caso 1** donde $R_E = R_I$ en la ecuación:

$$V_M = \frac{R_I}{R_E + R_I} V_R \quad (6)$$

$$V_M = \frac{R_I}{R_I + R_I} V_R \quad (7)$$

$$V_M = \frac{R_I}{2R_I} V_R \quad (8)$$

$$V_M = \frac{V_R}{2} \quad (9)$$

Evaluando el **caso 2** donde $R_E = 4R_I$ en la ecuación:

$$V_M = \frac{R_I}{R_E + R_I} V_R \quad (10)$$

$$V_M = \frac{R_I}{4R_I + R_I} V_R \quad (11)$$

$$V_M = \frac{R_I}{5R_I} V_R \quad (12)$$

$$V_M = \frac{V_R}{5} \quad (13)$$

Si se requiere que el multímetro mida una décima parte del voltaje real

$$\frac{R_I}{R_E + R_I} = \frac{1}{10} \quad (14) \quad \rightarrow \quad R_E = 9R_I \quad (15)$$

Si se requiere que el multímetro mida una quinceava parte del voltaje real

$$\frac{R_I}{R_E + R_I} = \frac{1}{15} \quad (16) \quad \rightarrow \quad R_E = 14R_I \quad (17)$$

Para conocer el valor de la resistencia interna del multímetro se medirá el voltaje de una pila y posteriormente se medirá el voltaje conectando una resistencia en serie entre el multímetro y la pila .

$$V_M = \frac{R_I}{R_E + R_I} V_R \quad (18)$$

Reordenando la ecuación anterior

$$\frac{V_M}{V_R} = \frac{R_I}{R_E + R_I} \quad (19)$$

$$(R_E + R_I) \frac{V_M}{V_R} = R_I \quad (20)$$

$$R_E \left(1 + \frac{R_I}{R_E}\right) \frac{V_M}{V_R} = R_I \quad (21)$$

$$R_E \frac{V_M}{V_R} = \frac{R_I}{\left(1 + \frac{R_I}{R_E}\right)} \quad (22)$$

R_I Resistencia interna =?

R_E Resistencia externa = Valor de la resistencia = 1.01 M Ω

V_R Voltaje real = Voltaje de la pila = 6.78V

V_M Voltaje medido = Voltaje medido al conectar en serie pila y resistencia = 3.36V

Sustituyendo los valores en la ecuación anterior:

$$R_E \frac{V_M}{V_R} = \frac{R_I}{\left(1 + \frac{R_I}{R_E}\right)} \quad (23)$$

$$(1.01M\Omega) \frac{3.36V}{6.78V} = \frac{R_I}{\left(1 + \frac{R_I}{1.01M\Omega}\right)} \quad (24)$$

$$(1.01M\Omega)(0.49557522) = \frac{R_I}{\left(1 + \frac{R_I}{1.01M\Omega}\right)} \quad (25)$$

$$0.50053097[M\Omega] = \frac{R_I}{\left(1 + \frac{R_I}{1.01M\Omega}\right)} \quad (26)$$

$$(0.50053097[M\Omega]) \left(1 + \frac{R_I}{1.01M\Omega}\right) = R_I \quad (27)$$

$$(0.50053097[M\Omega]) + (0.49557522)R_I = R_I \quad (28)$$

$$(0.50053097[M\Omega]) + (0.49557522)R_I - 1R_I = 0 \quad (29)$$

$$(0.50053097[M\Omega]) - 0.50442477R_I = 0 \quad (30)$$

$$(0.50053097[M\Omega]) = 0.50442477R_I \quad (31)$$

$$R_I = \frac{0.50053097[M\Omega]}{0.50442477} \quad (32)$$

$$R_I = 0.9922807121 [M\Omega]$$

[45]

Para ampliar el rango de medición del multímetro dieciséis veces

$$V_M = \frac{R_I}{R_E + R_I} V_R \quad (33)$$

$$V_M = \frac{1}{16} V_R \quad (34)$$

$$\frac{R_I}{R_E + R_I} = \frac{1}{16} \quad (35) \quad \rightarrow \quad R_E = 15R_I \quad (36)$$

$$\text{como } R_I = 0.9922807121 [M\Omega] \quad \rightarrow \quad R_E = 15(0.9922807121 [M\Omega]) \quad (37)$$

$$R_E = 14.8842106815 [M\Omega] \approx 15 [M\Omega]$$

Para hacer la sonda de alto voltaje ocuparemos 15 resistencias de 1 MΩ para que el voltaje quede repartido en las resistencias.

$$0.419[V] = \frac{R_I}{R_E + R_I} 6.78[V] \quad (38)$$

$$\frac{R_I}{R_E + R_I} = 0.419[V] / 6.78[V] \quad (39)$$

$$\frac{R_I}{R_E + R_I} = 0.0617 \quad (40)$$

Por lo tanto el factor por el cual se dividirá el V_M para obtener el V_R será:

F=0.0617

Procedimiento

1. Se soldaron 15 resistencias de 1 [M Ω] en serie.
2. Se envolvieron las resistencias soldadas en varias capas de cinta teflón y posteriormente se les colocó el thermofit con ayuda de una vela para contraerlo (dejando solo los extremos de la tira de resistencias sin aislante)
3. Se colocaron dos pedazos de thermofit sobre las resistencias, se soldado un cable de multímetro a los extremos de las resistencias soldadas y finalmente se deslizaron los pedazos de cable a las nuevas uniones y se contrajo en thermofit con ayuda de una vela.



Figura 63 *Elaboración de sonda de alto voltaje.*

Capítulo 5. Pruebas de funcionamiento de actuadores

5.1 Pruebas de actuadores con material 1

A continuación se realizarán las pruebas de funcionamiento a diferentes actuadores hechos con el material 1 PP estas pruebas consistirán en aplicar voltaje a los actuadores se describe lo observado y los ajustes hechos para tener un funcionamiento.

ACTUADOR ALIMENTADO POR CIRCUITO DOBLADOR DE VOLTAJE

Para realizar las pruebas de funcionamiento se tomó un actuador de carcasa cuadrada con una cámara de 5 cm x 5 cm de área para contener el dieléctrico y un sellado de 0.5 cm de ancho con una tira de tinta en el eje central como primera prueba se conectaron las cintas de aluminio a un circuito doblador de voltaje que daba un voltaje de salida de 14.19 V el circuito se encontraba alimentado por una pila no se observó ningún accionamiento en el actuador.

Resultados: El dieléctrico no se desplaza fuera del área del electrodo, permanece sin movimiento.

Conclusión: Se requiere un voltaje mayor.

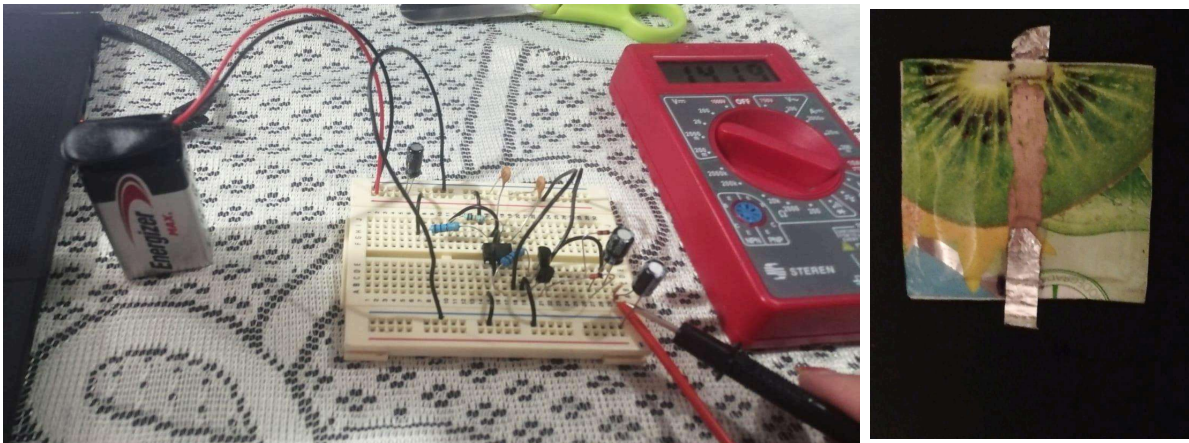


Figura 64.

ACTUADOR ALIMENTADO POR GENERADOR DE PULSOS DE ALTO VOLTAJE

Al no observar accionamiento en la prueba anterior, se conectó el actuador a un generador de pulsos de alto voltaje para aplicarle al actuador un voltaje mayor. Se conectaron los cables de voltaje de salida del generador al actuador y se le aplicaron distintos voltajes de entrada al generador mediante pila y/o el circuito 3.6V, 6V y 12V no se observaron cambios o accionamiento del actuador.

Resultados: El dieléctrico no se desplaza fuera del área del electrodo, permanece sin movimiento.

Conclusión: Se requiere un voltaje mayor y aumentar el área de atracción entre el electrodo superior e inferior para ello se aumentará el área a pintar en la carcasa.

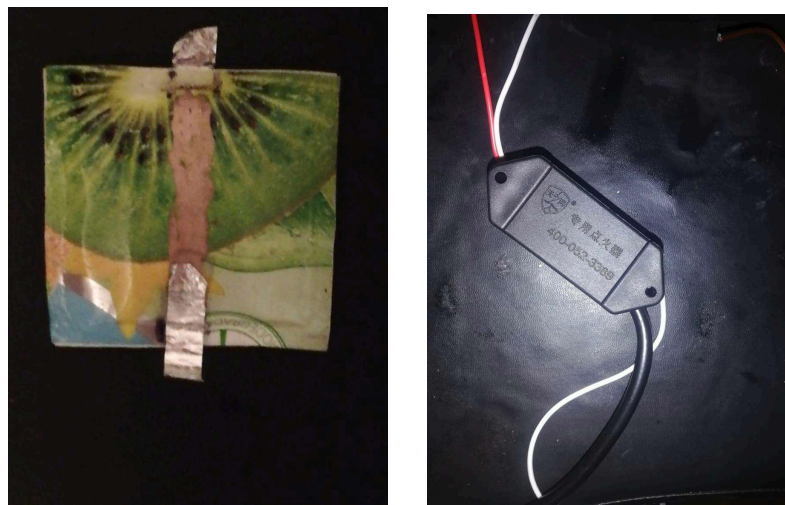


Figura 65.

ACTUADOR CON MAYOR ÁREA DE ELECTRODO ALIMENTADO POR GENERADOR DE PULSOS DE ALTO VOLTAJE

Al no observar accionamiento del actuador se realizó pruebas con otro actuador con las mismas medidas pero con una área mayor de tinta de 2.5 cm x 5 cm se conectaron los cables de voltaje de salida del generador al actuador y se le aplicó un voltaje de entrada al generador de 12V, no se observó ningún accionamiento es decir no se observó cambio o movimiento del dieléctrico pero al finalizar la prueba se midió un voltaje de 22 mV en el actuador lo que nos indica que si estaba teniendo una función como condensador.

Resultados: El dieléctrico no se desplaza fuera del área del electrodo, permanece sin movimiento pero existe un voltaje de 22 mV en el actuador.

Conclusión: El voltaje medido nos indica que el actuador si estaba teniendo una función como condensador.

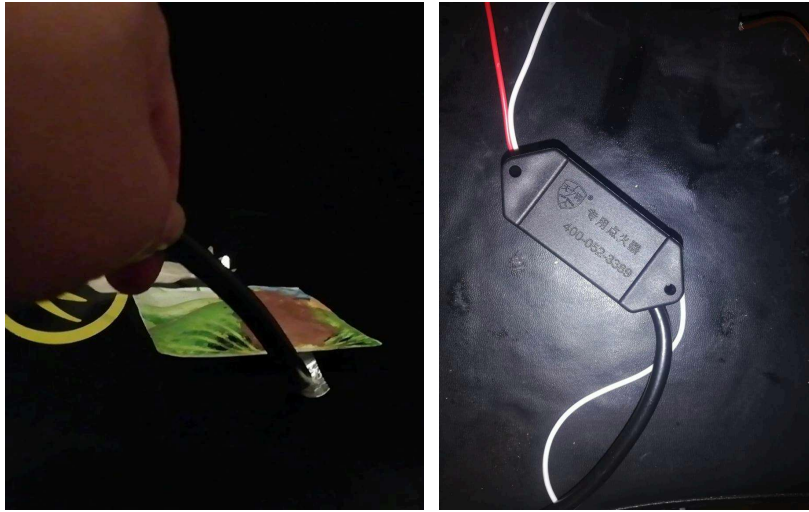


Figura 66.

FUENTE DE VOLTAJE COMO ALIMENTACIÓN DEL GENERADOR DE PULSOS DE ALTO VOLTAJE

Se conectó el actuador al voltaje de salida del generador de alto voltaje y le fue aplicado voltaje al generador por medio de una fuente de voltaje.

Datos en la fuente de voltaje para alimentación del generador de pulsos de alto voltaje:

$$I=0.3 \text{ [A]}$$

$$V \approx (3 - 4) \text{ [V]}$$

Resultados: Se observó que la tinta en el condensador se rompía, se quebraba y se observaron chispas por encima de la parte superior de la tinta, no se unieron los electrodos y se perdió la conductancia al quebrarse la tinta. (con la pila y/o circuito no hubieron chispas en las pruebas anteriores).

Conclusión: Las chispas y sonido producido nos indica un arco eléctrico cortocircuito, por lo que podemos asumir que el generador está dando un voltaje a la salida que se encuentre en los Kilovolts, para evitar el arco eléctrico en la siguiente prueba se aumentará el ancho del sellado de la carcasa.

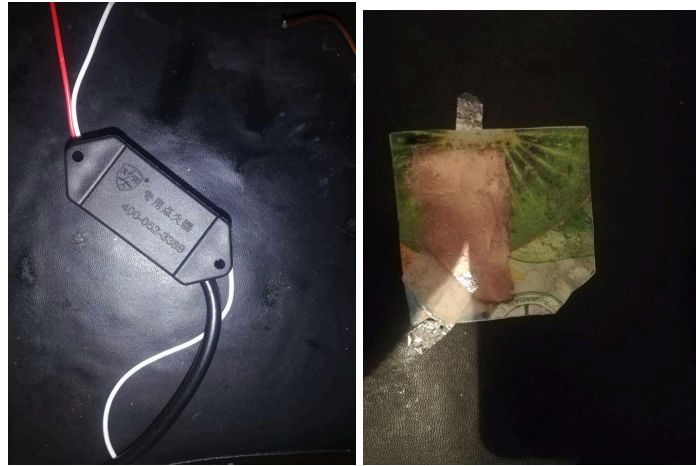


Figura 67.

ACTUADOR CON ANCHO DE SELLADO DE 3 CENTÍMETROS

Para evitar arcos eléctricos se realizó una modificación en el diseño que consistió en aumentar el área de sellado manteniendo la misma área destinada para los electrodos y para contener el dieléctrico, el ancho de sello en los anteriores actuadores era de 0.5 cm en esta prueba se utilizará un actuador con 3 cm de sello. Se conectó la fuente de voltaje a la entrada del generador de alto voltaje y la salida del generador de alto voltaje se conectó al condensador por medio de caimanos y finalmente se conectó el multímetro a la salida del generador con la sonda de alto voltaje.

Datos en la fuente de voltaje para alimentación del generador de pulsos de alto voltaje:

Voltaje en la fuente de voltaje 25V

Corriente en la fuente de voltaje 0.9 A

Voltaje medido en la salida del generador de alto voltaje con el multímetro y la sonda 713 V

$$V_M = FV_R$$

Donde

$$F=0.0617$$

V_M = Voltaje medido en el multímetro con la sonda

V_R = Voltaje real

Voltaje real en la salida del generador de alto voltaje 11,555 V

Resultados: Se observó un un ligero cambio en el volumen de condensador donde se encuentra el dieléctrico

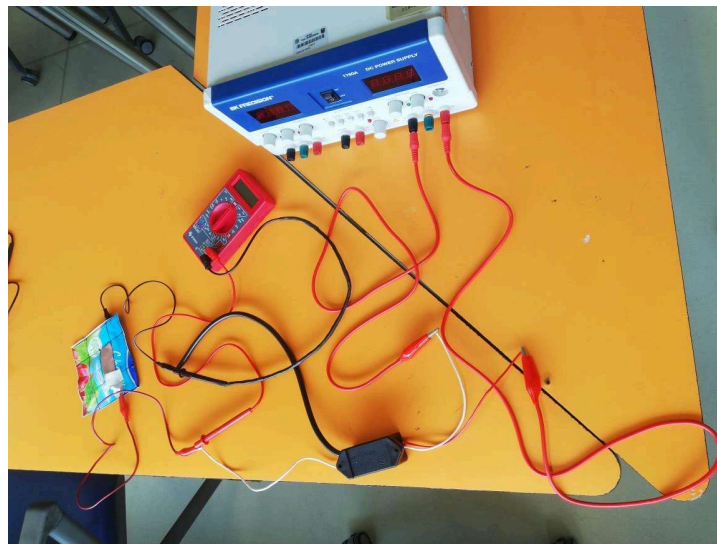


Figura 68.

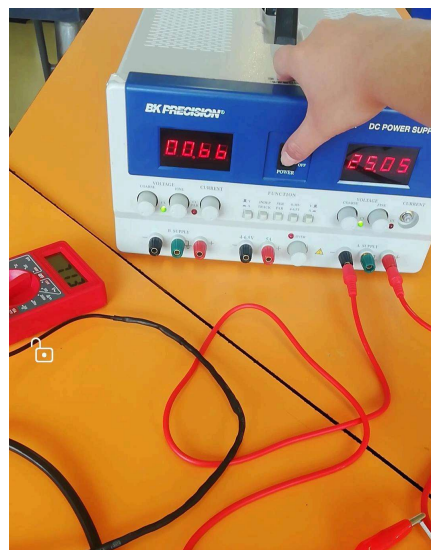


Figura 69.

Conclusiones: Al comprobarse que al aumentar el sellado se evitaba el arco eléctrico y se cumplía el funcionamiento del actuador, se optó por realizar pruebas con distintos condensadores en los que se mantenía constante el área de contenedor de aceite y se variaba el área del sellado.

ACTUADOR CON ANCHO DE SELLADO DE 1.5 CENTÍMETROS

Área de contenedor de aceite 5x 5 cm, ancho de sellado 1.5 cm. Se conectó la fuente de voltaje a la entrada del generador de alto voltaje y la salida del generador de alto voltaje se conectó al condensador por medio de caimanes y finalmente se conectó el multímetro a la salida del generador con la sonda de alto voltaje.

Voltaje medido con el multímetro y la sonda en la salida del generador de alto voltaje 713 V

$$V_M = FV_R$$

Donde $F=0.0617$

Voltaje real en la salida del generador de alto voltaje 11,555 V

Resultados: Se observó un ligero cambio en el volumen de condensador donde se encuentra el dieléctrico, del condensador se levantó de la mesa.

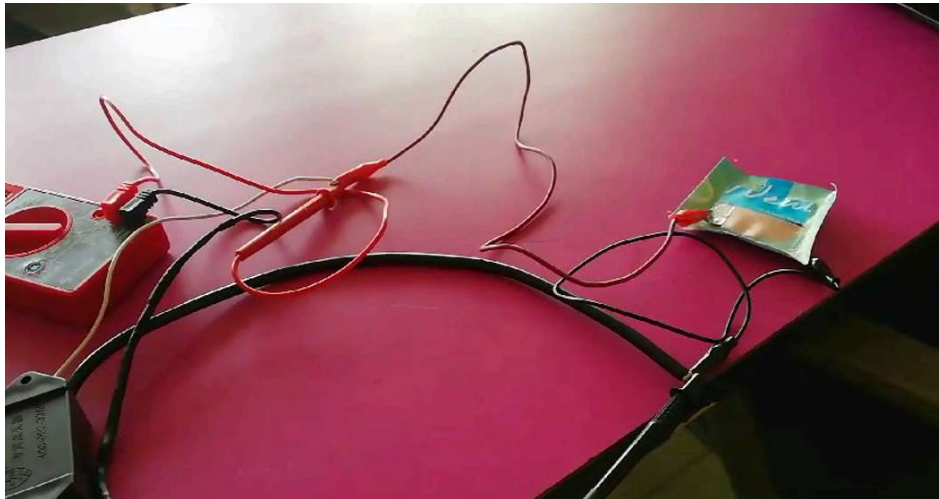


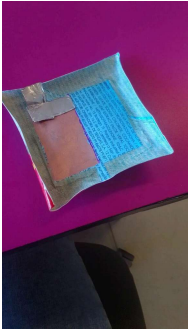




Figura 70.

Tabla 6 Pruebas con diferentes anchos de sellado en las carcasas.

Actuador	Área de contenedor de aceite	Ancho de sellado	Funcionamiento del actuador	Observaciones
Condensador diseño 2 	5 cm x 5 cm	3 cm	El actuador funciona Voltaje medio con multímetro y sonda aproximadamente 713	No se produce arco eléctrico
Condensador diseño 3 	5 cm x 5 cm	1.5 cm	El actuador funciona Voltaje medio con multímetro y sonda aproximadamente 713	No se produce arco eléctrico
Condensador diseño 4 	5 cm x 5 cm	1.25 cm	Es difícil percibir el accionamiento del actuador Voltaje medio con multímetro y sonda aproximadamente 650-713	No se produce arco eléctrico
Condensador diseño 5 	5 cm x 5 cm	1.125 cm	El actuador funciona Voltaje medio con multímetro y sonda aproximadamente 650	En la segunda prueba se produjo un arco eléctrico, se observan chispas, la tinta conductiva se quebró y al quebrarse se perdió la conductividad de los electrodos.

Condensador diseño 1 	5 cm x 5 cm	0.5 cm	El actuador no funciona	Se produce arco eléctrico, se observó chispas y la presencia de energía acústica
--	-------------	--------	-------------------------	--

5.2 Pruebas de actuadores con material 2

ACTUADOR DE 7.75 [cm] X 4.5 [cm]

En estos actuadores se buscó reducir el tamaño la idea inicial de este diseño era sellar la parte central de la carcasa para tener dos actuadores en una misma pieza, es decir el sello central sería sello para ambos, se quería que al activar el actuador el dieléctrico se concentra dentro del área del círculo pero al probar el actuador aun sin sellar el centro de la carcasa las cintas de aluminio tenían poco espacio para ser colocadas así que quedaban prácticamente sobre el área del sello se tiene la hipótesis de que esta es la razón por la cual al probar el actuador se presentó el arco eléctrico.



Figura 71.

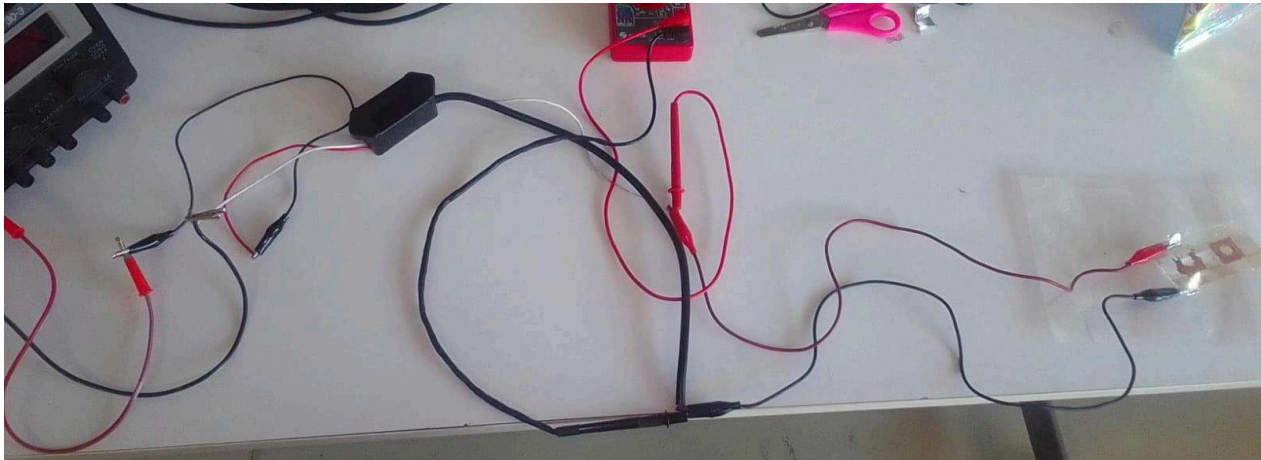


Figura 72.

Al observar esto se aumentó el área del electrodo colocando tinta en el área del círculo y de esta forma poder colocar las cintas evitando lo más posible que estuvieran sobre el área de sellado para evitar esto también se recortaron las cintas, de esta forma no se presentó arco eléctrico y al ser transparente la carcasa era posible observar el movimiento del dieléctrico.

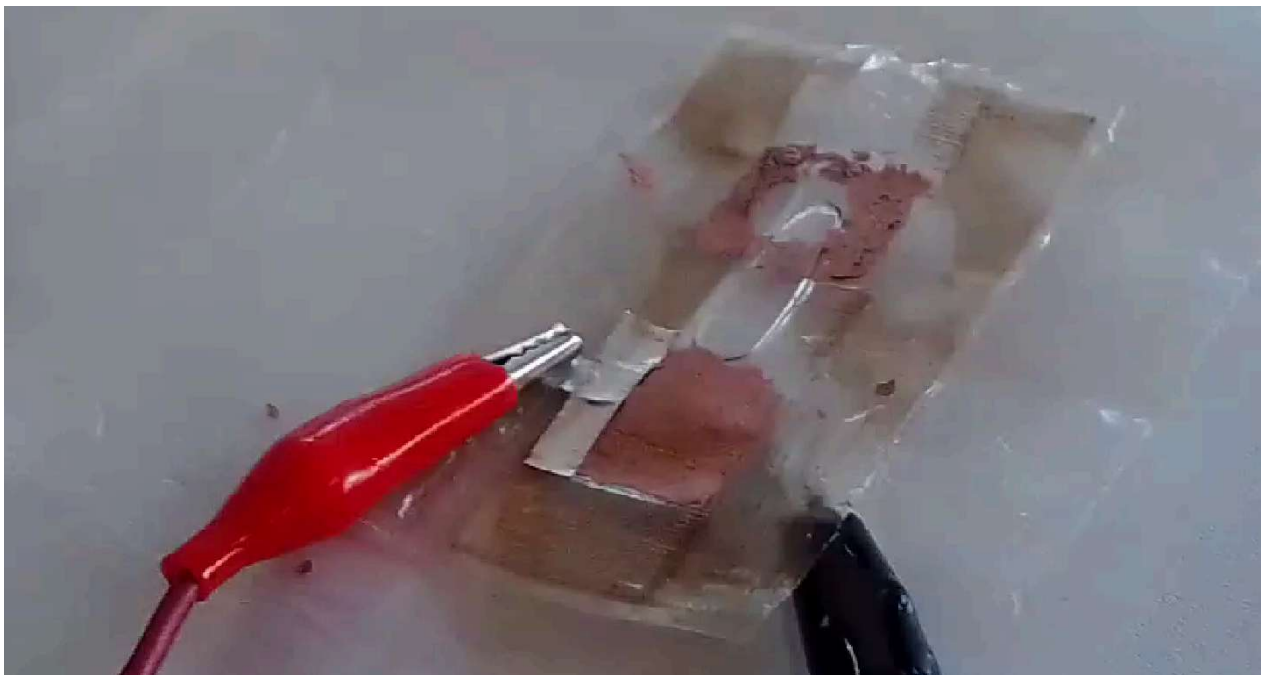


Figura 73.

ACTUADOR CON ANCHO DE SELLADO DE 1.5 CENTÍMETROS

Este actuador se hizo con las mismas medidas de un actuador hecho con el material 1 pero esta vez con el material 2 con las medidas de la cámara del dieléctrico de 5 cm x 5 cm y un ancho de sellado de 1.25 cm, el actuador se llenó al 50% aproximadamente, este actuador fue sellado mediante la grabadora laser y la pluma 3D presento puntos de fuga pequeños por lo que fue vaciándose la carcasa de dieléctrico después de 24 horas y al activarlo.

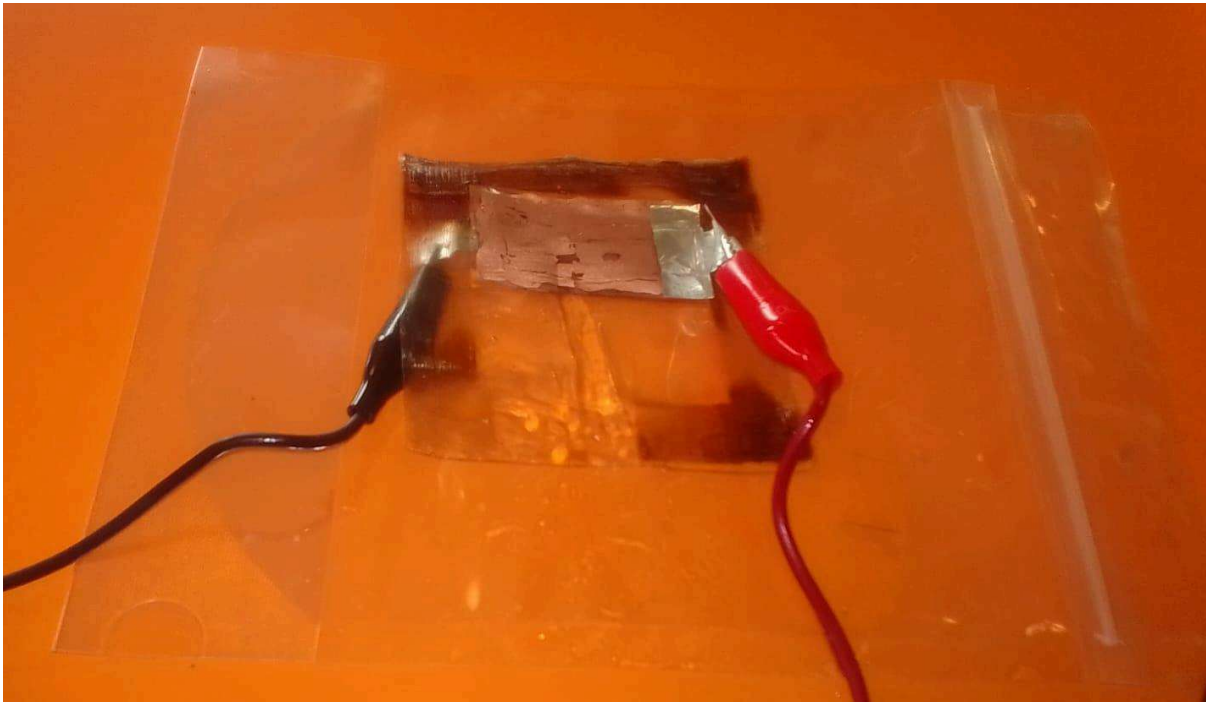


Figura 74.

Se conectó la fuente de voltaje a la entrada del generador de pulsos de alto voltaje y la salida de generador de pulsos de alto voltaje fue conectada al actuador y al multímetro con la sonda de alto voltaje.

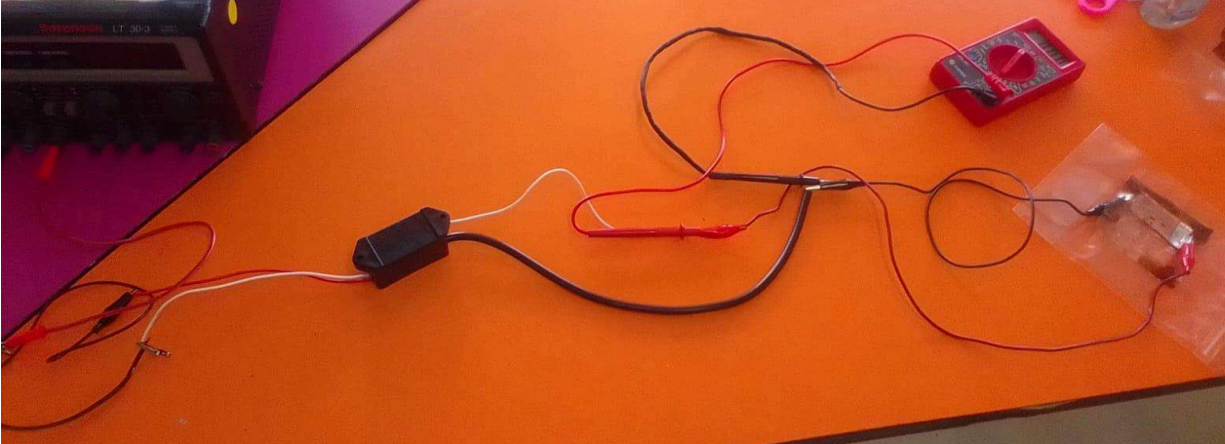


Figura 75.

El voltaje leído con la sonda y el multímetro fue 643

$$V_M = F V_R$$

Donde $F=0.0617$

Por lo que el voltaje real fue 10,421 [V]

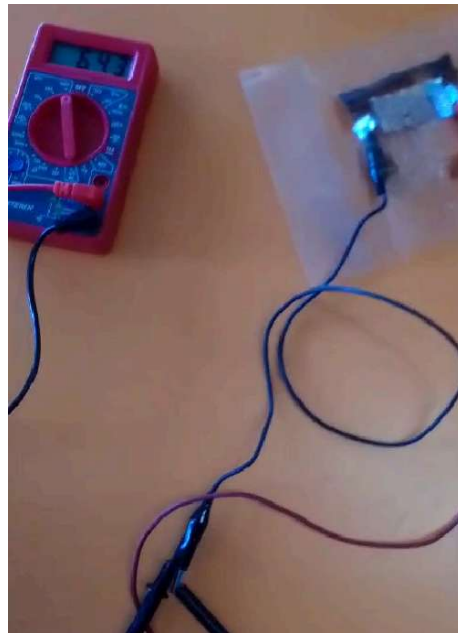


Figura 76.

En las primeras pruebas de este actuador se observó la activación y el desplazamiento del dieléctrico a el área de la carcasa sin tinta pero a la quinta prueba del actuador después de que parte del dieléctrico saliera por los puntos de fuga se presentó arco eléctrico al suministrarle energía.

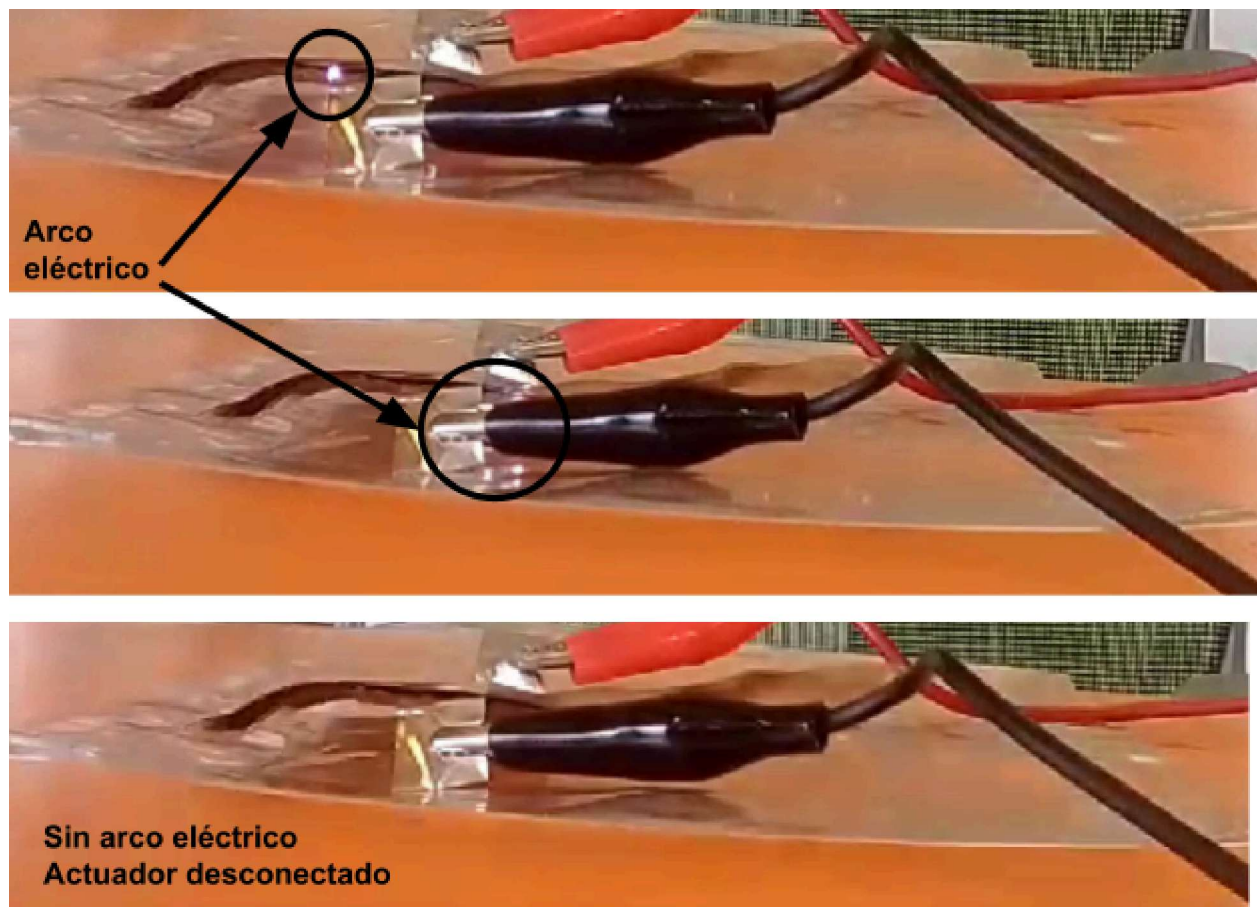


Figura 77 *Arco eléctrico en actuador.*

Capítulo 6. Conclusiones

Se puede concluir que para la manufactura y funcionamiento de un actuador hay varios puntos y parámetros que se deben tener en cuenta como el diseño, selección de materiales, procesos para manufacturar y dispositivos requeridos para activarlo, el tener un polímero como carcasa nos hace requerir un voltaje alto para activarlo, para evitar arcos eléctricos es necesario que el actuador cuente con un área de sello adecuada, es posible manufacturar un actuador con diferentes polímeros como por ejemplo PP y PET + PE, existen diferentes procesos por los que es posible manufacturar un actuador como termosellado o mediante grabado láser que presentarán ventajas y desventajas entre ellos, el sellado mediante grabado láser ofrece la posibilidad de hacer un sellado de formas o geometrías complejas mientras que un termosellado realizado con plancha ofrece un mejor sellado en comparación con el sellado mediante grabado láser ya que se presentan menos puntos de fuga pero no es posible realizar un sellado de formas complejas mediante el termosellado con plancha, se puede concluir que para reducir puntos de fuga en un sellado mediante grabado láser es mejor la utilización de un sellado vertical más un sellado horizontal en comparación con un sellado diagonal y que para reducir puntos de fuga ya sea en un sellado mediante grabado laser o termosellado mediante plancha es de utilidad realizar un segundo sellado con pluma 3D en puntos de fuga.

Los actuadores podrán tener una variedad de aplicaciones como las ya mencionadas utilizados en prótesis o en la industria para el envasado de alimentos pero se considera que si se logra rebasar en un futuro la barrera al reducir su tamaño se abrirán nuevas posibilidades de aplicaciones como la de una pantalla táctil Braille y que aun con un tamaño mayor al de un punto Braille podrían ser útiles para realizar una pantalla Braille para personas que se encuentran en proceso de desarrollar su sensibilidad táctil.

En el presente trabajo se dio solución a los posibles problemas que se pueden presentar al manufacturar o diseñar un actuador o razones por las cuales un actuador no es activado, en un principio podría parecer sencilla la manufactura de un actuador, a simple vista parecería solo ser un dispositivo con electrodos y dieléctrico en su interior pero simples detalles como aumentar el área de electrodo o encontrar el grosor de sellado para evitar el arco eléctrico marcan la diferencia entre un dispositivo funcional o solo una carcasa rellena de dieléctrico, hasta este punto se observó que para un actuador con área de dieléctrico de 5 cm x 5 cm y área de electrodo de 5 cm x 2.5 cm se requiere un ancho de sellado de mínimo 1.25 cm para no presentar arco eléctrico. Se buscaron y encontraron ideas accesibles para activar un actuador, generalmente los voltajes en niveles de kilovolts son obtenidos de fuentes de voltaje que son capaces de dar altos voltajes pero como alternativa se encontró el uso de un generador de alto voltaje y para tener conocimiento de los voltajes manejados durante las pruebas de funcionamiento se dio la idea del uso de la sonda de alto voltaje, en cuanto al diseño de sellado se mostró como usar una máquina de grabado láser para hacer la combinación de un sellado horizontal + vertical porque se comprobó que es mejor que uno solo sellado en diagonal, como puntos a mejorar quedan encontrar una forma más sencilla y cuantificable de rellenar la carcasa de dieléctrico y mejorar aún más el sellado.

Con este trabajo se brindó una investigación del sistema Braille mencionando dimensiones y errores que se cometen al utilizarlo como no dejar carácter en blanco entre cada palabra o dejar caracteres en blanco de más, todo esto buscando más accesibilidad para todas y todos, el mundo no debe estar diseñado solo para algunos cuantos.

17. Juan Bautista Chávez. (2024, febrero 25). Arco eléctrico y PLASMA [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=RbbXIKbNCew&list=LL&index=1>
18. Lung, G. (2009, junio 3). Bicentenario de Louis Braille – el mundo en la punta de los dedos. Revista de la OMPI. Recuperado 2024, de <https://www.wipo.int/es/web/wipo-magazine/articles/bicentenary-of-louis-braille-the-world-at-our-fingertips-36832>
19. Martínez, F. J. (2006). Características de la rotulación para personas con discapacidad visual. ONCE.
20. Matan. (2024, enero 14). Constante de Coulomb | Fórmula y valor. Electricity - Magnetism. Recuperado junio 06, 2024, <https://www.electricity-magnetism.org/es/constante-de-coulomb-formula-y-valor/>
21. Olmo, M., & Nave, R. (s.f.). Table of Resistivity. HyperPhysics. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Tables/rstiv.html>
22. Pantalla Braille de diseño innovador y barata. (2014, diciembre 15). NCYT Amazings. Recuperado junio 16, 2023, de <https://noticiasdelaciencia.com/art/12202/pantalla-braille-de-diseno-innovador-y-barata>
23. Plásticos y Metales. (2022, abril 25). Como reconocer el polipropileno (PP)? [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=vpCVG0azcpl&list=LL&index=5>
24. Polietileno. (n.d.). Wikipedia. https://en-m-wikipedia-org.translate.goog/wiki/Polyethylene?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=For%20medium%2D%20and%20high%2Ddensity,221%20to%20239%20%C2%B0F
25. Polipropileno ¿Qué es? Ventajas y usos. (s.f.). Envaselia. Recuperado 2025, <https://www.ensavelia.com/blog/que-es-el-polipropileno-id13.htm>
26. Por fin una pantalla digital para ciegos. (s.f.). Escuela Técnica Superior de Ingeniería de SISTEMAS INFORMÁTICOS Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado junio 16, 23, https://www.etsisi.upm.es/noticia_tic/por_fin_pantalla_digital_para_ciegos
27. Quintana, E. (2016, septiembre 22). Elaboración de tinta conductiva [video]. RITSA. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=QM4OX_otTxc
28. Rela, A. (2010). ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA. Ministerio de Educación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica. (Obra original publicada en 2010)
29. Simón, C., Ochaíta, E., & Huertas, J. A. El sistema Braille: bases para su enseñanza-aprendizaje. CL&E, 1995, 28, pp. 91-102.
30. Wissman, J. P., Ikei, A. K., Sampath, K., & Rohde, C. A. (2021). Hydraulically Amplified Self-Healing Electrostatic (HASEL) Inspired Actuators. *arXiv preprint arXiv:2102.13039*.
31. Y. Yeh, N. Cisneros, Y. Wu, K. Rabenoroso and Y. L. Gorrec, "Modeling and Position Control of the HASEL Actuator via Port-Hamiltonian Approach," in IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 7, no. 3, pp. 7100-7107, July 2022, doi: 10.1109/LRA.2022.3181365.

32. Zachos, E. (2018, enero 09). Los músculos artificiales imitan cada vez mejor los movimientos humanos. NATIONAL GEOGRAPHIC. Recuperado 2024, <https://www.nationalgeographic.es/video/tv/los-musculos-artificiales-imitan-cada-vez-mejor-los-movimientos-humanos#:~:text=Para%20abreviar%2C%20es%20un%20actuador,similar%20al%20aceite%20de%20canola>
33. Zorrilla, J. P. (2013, octubre 14). ¿Qué significan los números en el triángulo de reciclaje de los plásticos? El Analista Económico-Financiero. Recuperado 2024, <https://elanalistaeconomicofinanciero.blogspot.com/2013/10/que-significan-los-numeros-en-el.html>
34. (s.f.). Recuperado junio 04, 2023, de <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/innovacion/tecnologia-para-invidentes-mas-alla-del-braille/>
35. Ur-Rehman, A. and Khan, N. (2016) Design and Fabrication of a High Voltage Lightning Impulse Generator. *Engineering*, **8**, 69-73. doi:10.4236/eng.2016.83008.