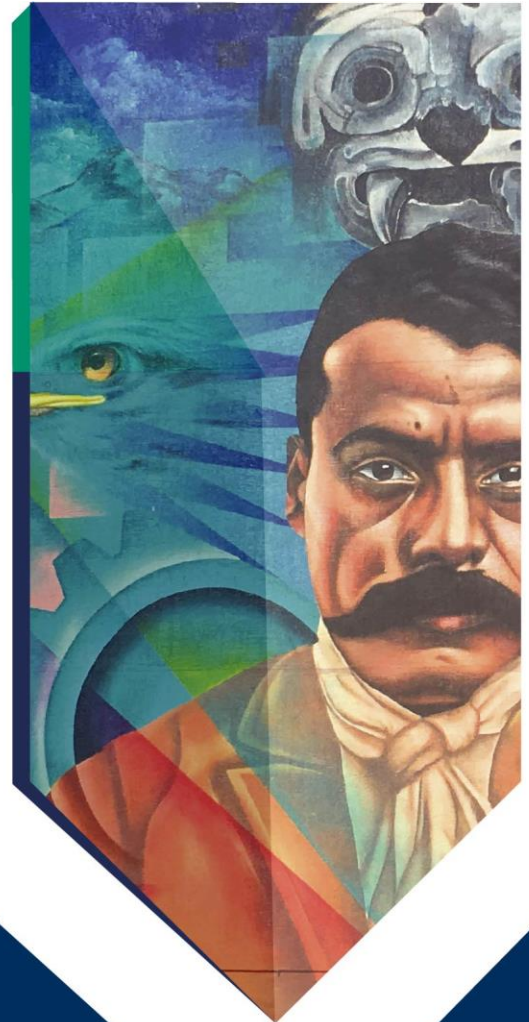


# **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EMILIANO ZAPATA DEL ESTADO DE MORELOS**

**DIVISIÓN ACADÉMICA DE MECÁNICA  
INDUSTRIAL**

**MEJORA EN LA MANUFACTURA DE  
PLACAS PBC A TRAVÉS DE UNA  
MAQUINA CNC PARA ALUMNOS DE  
TSU EN MECATRÓNICA DENTRO DE  
LA UTEZ.**



**PRESENTAN:**

**ARZATE VALLE JOSE MARTÍN  
FLORES FIGUEROA ALEJANDRO  
REYES ARAUJO ALDO  
ROQUE MORALES ALEJANDRO  
TZEC VARGAS ARATH**

**ASIGNATURA  
INGENIERÍA DE PROYECTOS**

**PROFESOR  
DR GUILLERMO RAMIREZ ZUÑIGA**

EMILIANO ZAPATA, MOR, AGOSTO DE 2022

---

## CONTENIDO

---

Índice de figuras

Índice de tablas

Resumen

<b>CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos .....	3
1.2.1 General.....	3
1.2.2 Específicos .....	3
1.3 Justificación .....	4
1.4 Alcances .....	4
1.5 Datos generales de la empresa.....	4
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1 Revisión Bibliográfica .....	6
2.1.1 ¿Qué es una CNC? .....	6
2.1.2 ¿Qué es un motor a pasos? .....	6
2.1.3 Rodamiento de tipo lineal modelo LM12UU .....	7
2.1.4 ¿Qué es un acoplamiento? .....	7
2.1.5 Sensor QRE1113.....	8
2.1.6 Arduino .....	9
2.1.7 Driver A4988.....	9
2.1.8 Filamento PETG .....	10
2.1.9 Husillo.....	10
<b>CAPÍTULO 3. DESARROLLO .....</b>	<b>11</b>
3.1 Planeación .....	11
3.2 Desarrollo del proyecto .....	12
3.2.1 Definición de proyecto .....	12
3.2.2 Elección de proyecto .....	12

3.2.3	Boceto .....	13
3.2.4	Presupuesto estimado del proyecto.....	13
3.2.5	Investigación de software de calibración de motores .....	14
3.2.6	Diseño en SolidWorks .....	14
3.2.7	Compra de materiales .....	15
3.2.8	Cortar perfiles de aluminio .....	16
3.2.9	Impresión de piezas 3D .....	16
3.2.10	Verificar y corregir tolerancias de las piezas impresas .....	17
3.2.11	Ensamble de maquina.....	17
3.2.12	Ajustar y lubricar los bujes, rodamientos, guías, etc. ....	18
3.2.13	Configuración del software de código G .....	19
3.3	Entrega del proyecto .....	19
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>		<b>20</b>
4.1	Resultados .....	20
4.1.1	Elección de proyecto .....	20
4.1.2	Boceto .....	20
4.1.3	Presupuesto final del proyecto.....	21
4.1.4	Compra de materiales .....	21
4.1.5	Cortar perfiles de aluminio .....	22
4.1.6	Impresión de piezas 3D .....	23
4.1.7	Corrección de tolerancias .....	23
4.1.8	Ensamble de la maquina .....	24
4.1.9	Lubricación de bujes, rodamientos y guías .....	24
4.1.10	Configuración de los drivers para motores paso a paso .....	25
4.1.11	Configuración de parámetros para el driver CNC -GRBL .....	28
4.1.12	Prueba de funcionamiento.....	32
4.2	Conclusiones y Recomendaciones .....	32

## REFERENCIAS

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1.1 Logotipo de la UTEZ .....	5
Figura 2.1 Maquinado en CNC.....	6
Figura 2.2 Motor a pasos .....	7
Figura 2.3 Rodamiento LM12UU.....	7
Figura 2.4 Acoplamiento .....	8
Figura 2.5 Sensor QRE1113.....	8
Figura 2.6 Arduino .....	9
Figura 2.7 Driver A4988 .....	9
Figura 2.8 Filamento PETG.....	10
Figura 2.9 Husillo .....	10
Figura 3.1 CNC de 3 ejes con guías lineales para trabajos en madera .....	13
Figura 3.2 CNC de 3 ejes con bandas .....	13
Figura 3.3 CNC de 3 ejes con guías lineales .....	13
Figura 3.4 Interfaz del software GRBL .....	14
Figura 3.5 Diseño en SolidWorks .....	15
Figura 3.6 Carrito de compras en Mercado Libre .....	15
Figura 3.7 Perfiles de aluminio .....	16
Figura 3.8 Impresión de piezas .....	16
Figura 3.9 Verificación de tolerancias .....	17
Figura 3.10 Ensamble eje Y .....	17
Figura 3.11 Base de madera montada .....	18
Figura 3.12 Montaje ejes X-Z .....	18
Figura 3.13 Soporte del motor.....	18
Figura 3.14 Interfaz Cnc.js .....	19
Figura 4.1 Boceto maquina CNC.....	20
Figura 4.2 Material adquirido.....	22
Figura 4.3 Perfiles de aluminio cortados .....	22

Figura 4.4 Soportes base eje Y .....	23
Figura 4.5 Soporte Motor .....	23
Figura 4.6 Soportes de los husillos .....	23
Figura 4.7 Rodamiento eje Y.....	23
Figura 4.8 Rodamiento en eje Z.....	23
Figura 4.9 Rodamientos eje X.....	23
Figura 4.10 Maquina CNC ensamblada .....	24
Figura 4.11 Lubricación eje Z.....	25
Figura 4.12 Lubricación eje X.....	25
Figura 4.13 Identificación de alimentación en el driver .....	26
Figura 4.14 Visualización de voltaje necesario para calibración .....	26
Figura 4.15 Ajuste de resistencia .....	27
Figura 4.16 Conexión de motores al driver.....	27
Figura 4.17 Pruebas a los motores .....	28
Figura 4.18 Driver empleado.....	28
Figura 4.19 Valor de los pasos.....	30
Figura 4.20 Velocidad por eje .....	30
Figura 4.21 Aceleración por eje .....	31
Figura 4.22 Distancias máximas .....	31
Figura 4.23 Lista de configuraciones.....	31
Figura 4.24 Prueba de funcionamiento .....	32

---

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 3.1 Diagrama de Gantt .....	11
Tabla 3.2 Tabla de propuestas.....	12
Tabla 3.3 Tabla de presupuesto.....	13
Tabla 4.1 Tabla de coste final del proyecto .....	21
Tabla 4.2 Tabla de configuración de pasos.....	29

---

## RESUMEN

---

Actualmente las máquinas CNC se encuentran en una infinidad de aplicaciones a lo largo y ancho del planeta, desde la fabricación de electrodomésticos, pasando por la ebanistería hasta la producción de piezas para automóviles y aviones. Los beneficios de este tipo de tecnología son muchos, tales como: alta precisión en el fresado, permite mecanizar piezas más complejas, alta repetibilidad, los ajustes iniciales son mínimos y reduce al máximo los errores cometidos por el operario, a la vez que no requiere mucha habilidad por parte del mismo.

Con la creación del prototipo de una máquina-herramienta CNC para el fresado y perforado automático de PCB, se brinda una calidad final muy alta a un costo de fabricación y esfuerzo muy bajo.

La máquina será de gran ayuda para los estudiantes de ingeniería en mecatrónica y todo tipo de personas que se dediquen al desarrollo de productos electrónicos, debido a que les permitirá llevar fácilmente sus circuitos desde la protoboard hasta la placa de impreso, en un tiempo de producción bastante corto. Por lo tanto, desde el punto de vista funcional, económico, y académico práctico, se confirma como necesario la sistematización del proceso de fabricación de placas de circuito impreso.

Es por la relevancia de esta máquina y el uso que se tiene intencionado hacia ésta que se ha decidido por optar la realización de un sistema que nos permita regular y mantener en buen estado la temperatura del motor de la máquina, esto debido a la importancia de este elemento dentro del funcionamiento de la máquina.

---

# CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

---

## 1.1 Planteamiento del problema

Las PCB son una pieza fundamental en el montaje final de todo tipo de desarrollo tecnológico, ya que permite darle firmeza al circuito y darle una presentación adecuada, lamentablemente cuando los estudiantes requieren llevar de la protoboard a una PCB sus desarrollos se realiza de manera artesanal como el serigrafiado el cual es un método muy costoso, otro método es el de planchado el cual requiere demasiado tiempo y el peor de los casos dibujar manualmente el circuito sobre la placa. Por supuesto el resultado final deja mucho que desear, ya que no es muy presentable o incluso se pueden generar cortocircuitos que no se observaron y por supuesto el uso de cloruro férrico el cual es nocivo para la salud y el medio ambiente.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 General

Crear una CNC que nos permita hacer PCBs de manera más precisa y con riesgo de falla mínimo.

### 1.2.2 Específicos

Realizar el diseño de cada una de las partes que conformarán la CNC.

Realizar la programación de la máquina-herramienta CNC, para fresar y perforar PCB de forma automática.

### **1.3 Justificación**

La razón de este proyecto es para que los estudiantes puedan pasar el desarrollo de sus circuitos en protoboard a una placa de circuito impreso con riesgo de falla mínimo, más preciso, barato y en el menor tiempo posible, ya que los métodos empleados actualmente son muy costosos, requieren de mucho tiempo y se usan sustancias nocivas para la salud, por otro lado, la posibilidad de falla por cortocircuito es mayor debido a que en muchos casos no es posible apreciar a simple vista los errores cometidos.

### **1.4 Alcances**

Con este proyecto se pretende diseñar, construir y programar un prototipo de máquina fresadora y perforadora para la elaboración automática de placas de circuito impreso, utilizando para ello el control numérico por computador (CNC). La máquina es capaz de fresar placas de una dimensión máxima de 26x24cm, para ello se utilizan motores paso a paso con una resolución de 200 pasos por vuelta en configuración de paso completo. El intercambio de herramientas en la máquina se realiza de forma manual, ya que por el reducido número de herramientas necesarias para el fresado y perforado de las PCB, no se hace necesario implementar un intercambiador automático.

### **1.5 Datos generales de la empresa**

#### **Nombre**

Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos



## Logotipo



Figura 1.1 Logotipo de la UTEZ

## Dirección

Av. Universidad Tecnológica 1, Palo Escrito, 62765 Emiliano Zapata, Mor.

## Giro

Institución educativa

## Asesor Institucional

Dr. Guillermo Ramírez Zúñiga

---

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

---

### 2.1 Revisión Bibliográfica

#### 2.1.1 ¿Qué es una CNC?

El control numérico por computadora es un sistema que permite controlar en todo momento la posición de un elemento físico.

En los procesos de mecanizado, se utiliza el CNC para controlar máquinas como tornos CNC o fresadoras CNC y obtener así productos seriados totalmente personalizados para el cliente final.



Figura 2.1 Maquinado en CNC

#### 2.1.2 ¿Qué es un motor a pasos?

El motor paso a paso es un motor de corriente continua sin escobillas en el que la rotación se divide en un cierto número de pasos resultantes de la estructura del motor.



Figura 2.2 Motor a pasos

### 2.1.3 Rodamiento de tipo lineal modelo LM12UU

Fabricado a base de acero GCR15, además los balines que se encuentran en su interior también son fabricados a base de este material, mediante un tratamiento térmico para que el cromo se endurezca. Este accesorio es usado como guía de precisión útil en maquinaria de alimentos, envasado, médica, impresión, textiles, maquinas CNC o impresoras 3D.



Figura 2.3 Rodamiento LM12UU

### 2.1.4 ¿Qué es un acoplamiento?

Los acoplamientos o acoples mecánicos son elementos de una máquina que sirven para prolongar líneas de transmisión de ejes o conectar tramos de diferentes ejes, en planos diferentes o con dirección paralela, para transmitir energía



Figura 2.4 Acoplamiento

### 2.1.5 Sensor QRE1113

QRE1113 es un sensor óptico infrarrojo de reflexión de corto alcance. El sensor QRE1113 posee un diseño compacto donde la fuente de emisión de luz (diodo IR) y el detector (fototransistor) están dispuestos en la misma dirección. El diodo IR emite un haz de luz infrarroja que al rebotar sobre una superficie reflectante (color blanco) es detectado por el fototransistor, que a su vez el paso de corriente de forma proporcional a la luz reflejada.



Figura 2.5 Sensor QRE1113

### 2.1.6 Arduino

Es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador re-programable y una serie de pines hembra. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables dupont).



Figura 2.6 Arduino

### 2.1.7 Driver A4988

El uso de un driver Pololu para el control de un motor paso a paso nos simplifica mucho el trabajo ya que este driver se encarga de generar todas las señales necesarias para su funcionamiento y además nos añade las protecciones necesarias de temperatura y corriente. Otra ventaja que nos proporciona es que solo necesitaremos un par de puertos del micro, en este caso Arduino para controlarlo todo, dejando más puertos libres para otras funciones.

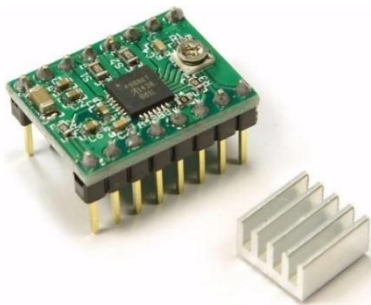


Figura 2.7 Driver A4988

### 2.1.8 Filamento PETG

Filamento de PETG. En lo que respecta a la impresión en 3D, el material PETG es la versión particular de este plástico que se utiliza en los procesos de impresión en 3D, mientras que la G significa «modificado con glicol».



Figura 2.8 Filamento PETG

### 2.1.9 Husillo

El husillo es un mecanismo destinado a transmitir el movimiento en ciertos elementos de las fresadoras y otras máquinas industriales que, mediante un tornillo sinfín, convierte un movimiento giratorio en un movimiento rectilíneo.




Figura 2.9 Husillo

## CAPÍTULO 3. DESARROLLO

### 3.1 Planeación

En la Tabla 3.1 se presenta el Diagrama de Gantt de las actividades a realizar en el proyecto.

Tabla 3.1 Diagrama de Gantt

		<b>Nombre del proyecto:</b> Mejora en la manufactura de placas PBC a través de una maquina CNC para alumnos de TSU en mecatrónica dentro de la UTEZ. <b>Periodo:</b> Mayo - Agosto 2022															
Actividad	MES	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO			
	SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Definición de proyecto																	
Elección de proyecto																	
Boceto del proyecto elegido																	
Presupuesto estimado del proyecto																	
Investigación de software de calibración de motores																	
Diseño en SolidWorks																	
Compra de materiales																	
Cortar los perfiles de aluminio																	
Impresión de piezas 3D																	
Verificar y corregir tolerancias de las piezas impresas																	
Ensamble de la máquina																	
Ajustar y lubricar los bujes; rodamientos; guías; etc																	





Reyes Araujo Aldo	Protección para soldadura de mano.
Roque Morales Alejandro	Sistema de enfriamiento de hielera.
Tzec Vargas Arath	Compuerta automática para perros.

### 3.2.3 Boceto

Para elaborar un boceto del proyecto se tomaron ideas de máquinas CNC que están a la venta y se muestran en las siguientes figuras.



Figura 3.1 CNC de 3 ejes con guías lineales para trabajos en madera

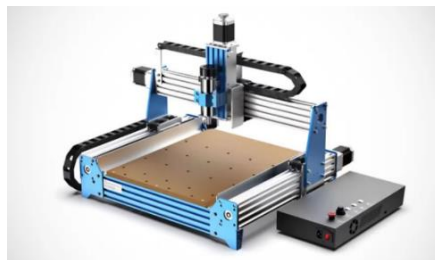


Figura 3.2 CNC de 3 ejes con bandas



Figura 3.3 CNC de 3 ejes con guías lineales

### 3.2.4 Presupuesto estimado del proyecto

La tabla 3.3 muestra un presupuesto estimado del proyecto, para proceder a la compra de los materiales necesarios para el desarrollo del proyecto.

Tabla 3.3 Tabla de presupuesto

Material	Cantidad	Precio Unitario	Total
Motor DC 755	1	\$748	\$748
Motor a pasos	3	\$170	\$510
Rollo de PETG 1.75mm 1KG	1	\$449	\$449
Fuente de alimentación 24V	1	\$ 409	\$409
Base soporte para riel eje lineal	4	\$55	\$220

Rodamiento LM12UU	8	\$65	\$520
Guía lineal 8mm 300mm	1	\$110	\$110
Perfil aluminio 2080 500mm	1	\$650	\$650
Perfil de aluminio 2040 400mm	2	\$258	\$516
Perfil de aluminio 2020 300mm	6	\$85	\$510
Guía lineal 12mmX1500mm	1	\$575	\$575
Guía lineal 10mmX300mm	1	\$230	\$230
Sensor de velocidad	1	\$150	\$150
Tabla de madera 240mmX160mm	1	\$200	\$200
Total			\$5,797

### 3.2.5 Investigación de software de calibración de motores

GRBL es un firmware para el control de máquinas CNC, está pensado para usarse en placas Arduino con un microcontrolador Atmega328, ya que nos permite configurar el control y desplazamiento de nuestra máquina. Los controladores paso a paso se clasifican para una longitud de impulso mínima de paso.

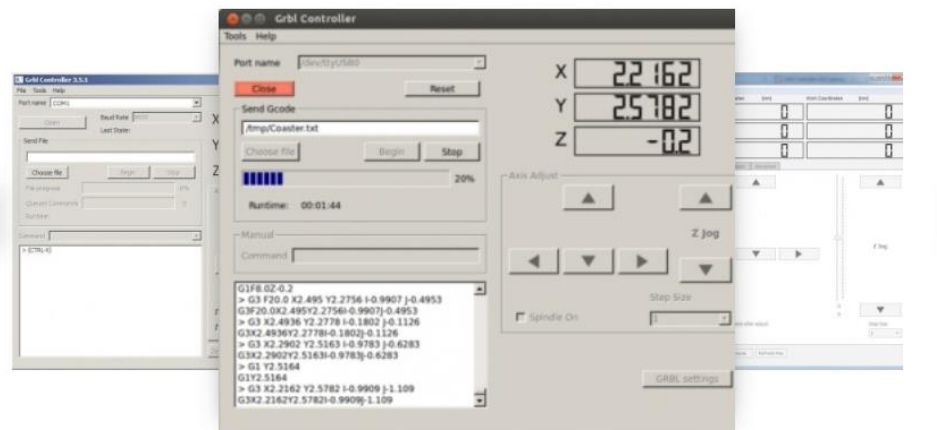


Figura 3.4 Interfaz del software GRBL

### 3.2.6 Diseño en SolidWorks

Para realizar el proyecto de manera física, primero se requiere un diseño que ayudará para evitar problemas y proporcionar parámetros para optimizar aspectos cruciales del proyecto. A continuación, se muestra el diseño en el programa SolidWorks:

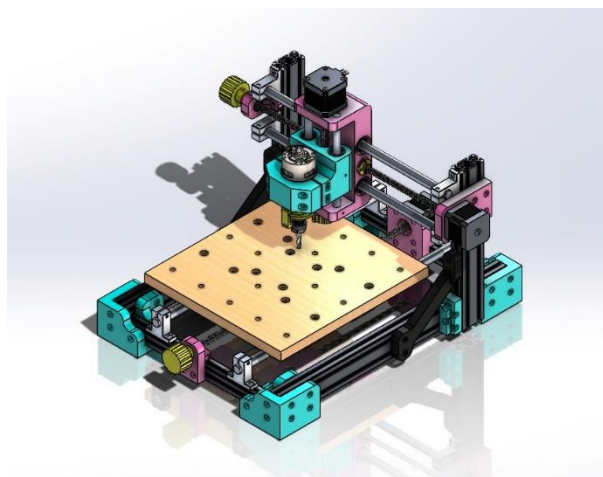


Figura 3.5 Diseño en SolidWorks

### 3.2.7 Compra de materiales

Se realizó la compra de los materiales listados anteriormente por medio de tiendas en línea como lo fueron Amazon y Mercado Libre, en la siguiente figura se muestra el material comprado.

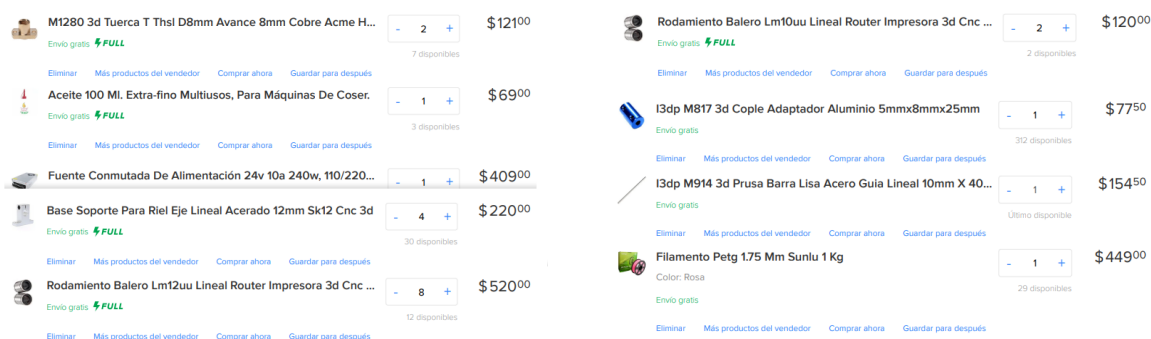


Figura 3.6 Carrito de compras en Mercado Libre

### 3.2.8 Cortar perfiles de aluminio

Se cortaron los perfiles de aluminio en medidas de:

- 40 cm
- 24 cm
- 25.5 cm



Figura 3.7 Perfiles de aluminio

### 3.2.9 Impresión de piezas 3D

Las piezas requeridas para el ensamble de la maquina CNC fueron elaboradas en SolidWorks e impresas en 3D con PETG.

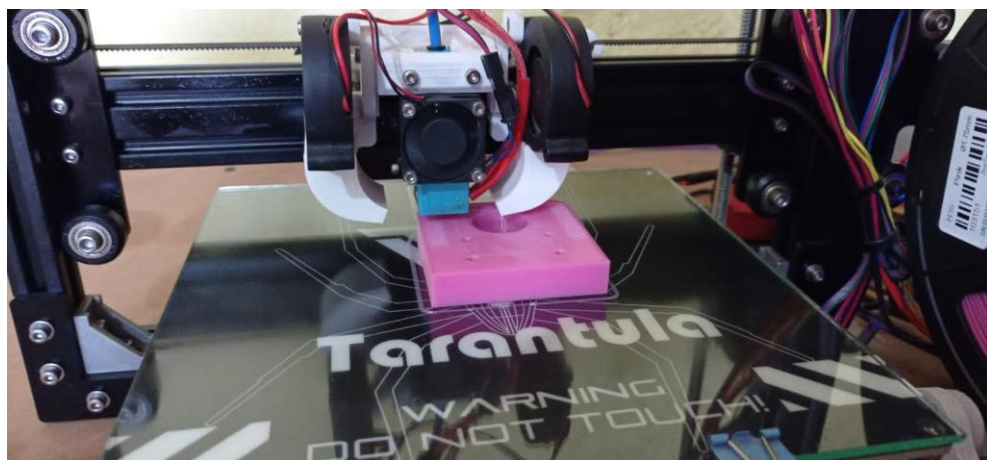


Figura 3.8 Impresión de piezas

### 3.2.10 Verificar y corregir tolerancias de las piezas impresas

Cuando las piezas son impresas en 3D algunas veces pueden tener un cierto grado de error, por lo tanto, para arreglar estas tolerancias, es necesario tomar alguna de estas dos acciones, lijar la pieza o hacer la corrección de este error en el diseño y volver a imprimir.



Figura 3.9 Verificación de tolerancias

### 3.2.11 Ensamble de maquina

Se comenzó con la base que albergara el eje Y como se muestra en la figura 3.10.

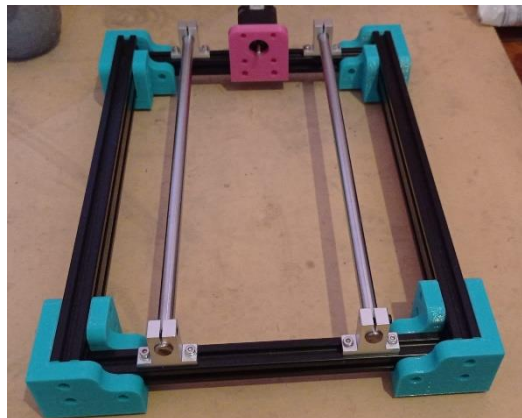


Figura 3.10 Ensamble eje Y

Posteriormente en la figura 3.11 se muestra montada la tabla a la cual se fijarán las PCBs para su maquinado.

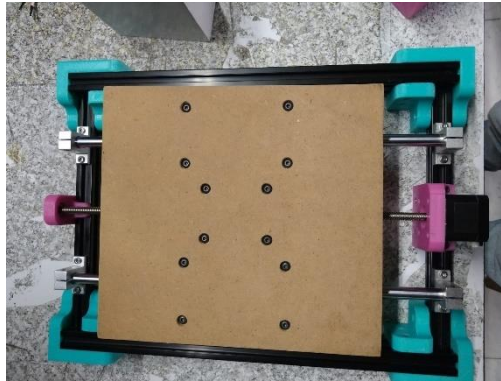


Figura 3.11 Base de madera montada

En la figura 3.12 se muestran los ejes X y Z colocados para finalmente montar el soporte del motor que se muestra en la figura 3.13.

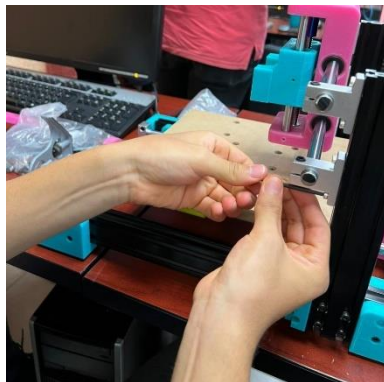


Figura 3.12 Montaje ejes X-Z

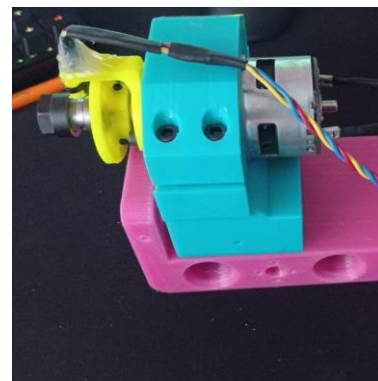


Figura 3.13 Soporte del motor

### 3.2.12 Ajustar y lubricar los bujes, rodamientos, guías, etc.

En este proyecto se decidió utilizar dos tipos de lubricación en los componentes mecánicos del mismo, por un lado, lubricación por aceite y por la otra lubricación por grasa.

### 3.2.13 Configuración del software de código G

Cnc.js que es una interfaz para el controlador de fresado CNC, la interfaz que este tiene nos pareció amigable y de un fácil uso para el usuario.

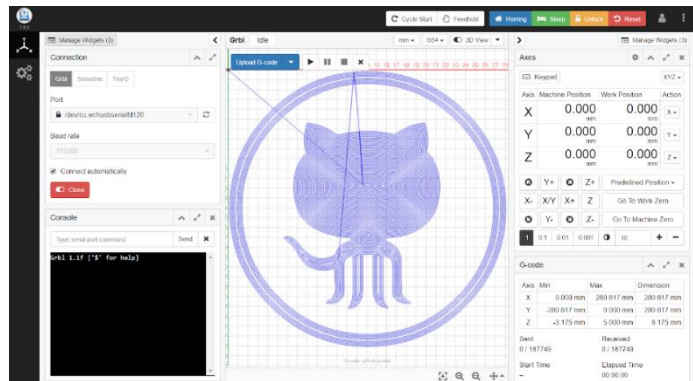


Figura 3.14 Interfaz Cnc.js

### 3.3 Entrega del proyecto

Se entrega una maquina CNC para la manufactura de PCBs con el fin de reducir el riesgo de falla, así como su respectivo reporte donde se presenta el desarrollo, resultado y conclusiones.



---

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

---

### 4.1 Resultados

En esta sección se describen los resultados obtenidos a lo largo del proceso de diseño y construcción de la maquina CNC para la mejora en la manufactura de PCBs y disminuir el riesgo de fallo.

#### 4.1.1 Elección de proyecto

Una vez realizadas las propuestas de los integrantes del equipo se procedió a analizar cada una de estas, por su viabilidad, interés y cantidad de conocimientos aplicados a dicha propuesta. La propuesta seleccionada fue la maquina CNC de Martín.

#### 4.1.2 Boceto

Después de tomar como inspiración algunos de los diseños de máquinas CNC que se encuentran a la venta en el mercado se realizó el boceto para posteriormente definirlo en el software de SolidWorks.

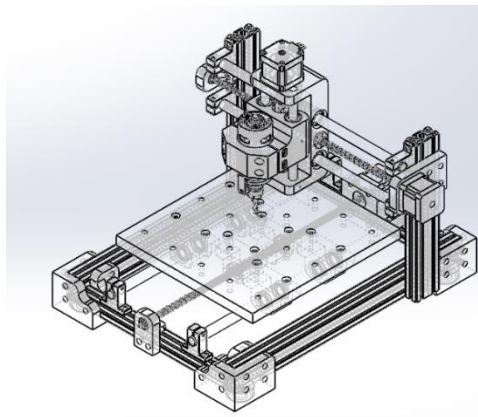


Figura 4.1 Boceto maquina CNC



### 4.1.3 Presupuesto final del proyecto

La tabla 4.1 muestra el coste final del proyecto, ya que se añadieron materiales que fueron anexándose durante el desarrollo del proyecto.

Tabla 4.1 Tabla de coste final del proyecto

Material	Cantidad	Precio Unitario	Total
Motor DC 755	1	\$748	\$748
Motor a pasos	3	\$170	\$510
Rollo de PETG 1.75mm 1KG	1	\$449	\$449
Fuente de alimentación 24V	1	\$409	\$409
Base soporte para riel eje lineal	8	\$55	\$440
Rodamiento LM12UU	8	\$65	\$520
Guía lineal 8mm 300mm	1	\$110	\$110
Perfil aluminio 2080 500mm	1	\$650	\$650
Perfil de aluminio 2040 400mm	2	\$258	\$516
Perfil de aluminio 2020 300mm	6	\$85	\$510
Guía lineal 12mmX1500mm	1	\$575	\$575
Guía lineal 10mmX300mm	1	\$230	\$230
Sensor de velocidad	1	\$150	\$150
Tabla de madera 240mmX160mm	1	\$200	\$200
Arduino UNO	1	\$150	\$150
Kit de tarjeta CNC shield	1	\$330	\$330
Tornillos cabeza Allen M4x12	47	1.5	70.5
Tornillos cabeza Allen M4x10	16	1	16
Tornillos cabeza Allen M4x20	8	1.5	12
Tornillos cabeza Allen M3x12	25	1.5	37.5
Tornillos cabeza circular o botón Allen M5x30	12	2	24
Tornillos cabeza Allen M5x35	4	1.5	6
Tuercas de seguridad M5	12	1.5	18
Tuercas T M4	71	6	426
			\$7,107

### 4.1.4 Compra de materiales

En la figura 4.2 se muestra el material adquirido por medio de tiendas digitales.



Figura 4.2 Material adquirido

#### 4.1.5 Cortar perfiles de aluminio

Se realizaron los cortes de los perfiles de aluminio en las medidas mencionadas con anterioridad, el resultado se muestra en la figura 4.2.



Figura 4.3 Perfiles de aluminio cortados

#### 4.1.6 Impresión de piezas 3D

En la siguiente serie de imágenes se muestran algunas de las piezas impresas en 3D como lo son los soportes de las esquinas en la base del eje “Y”, el soporte del motor y los soportes de los husillos.

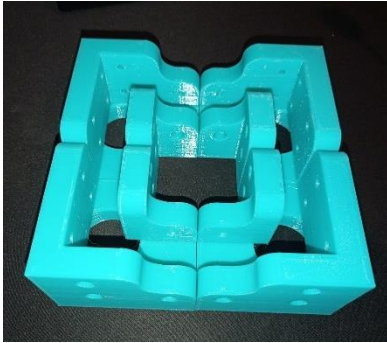


Figura 4.4 Soportes base eje Y



Figura 4.5 Soporte Motor



Figura 4.6 Soportes de los husillos

#### 4.1.7 Corrección de tolerancias

Como se había mencionado antes la corrección de tolerancias había dos opciones, hacer los ajustes en el diseño de cada una de las piezas o lijar, en este caso se decidió lijar hasta el punto en que los rodamientos entraran con una ligera presión, los resultados se muestran en las siguientes figuras.

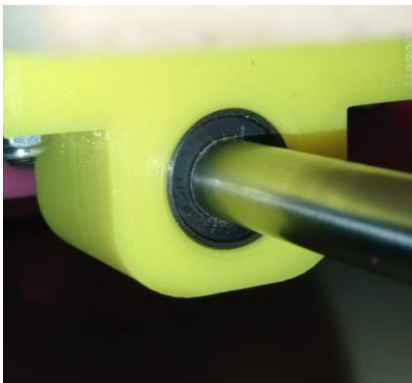


Figura 4.7 Rodamiento eje Y



Figura 4.8 Rodamiento en eje Z

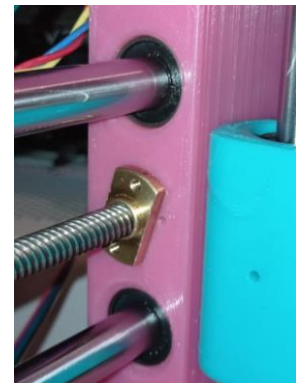


Figura 4.9 Rodamientos eje X

#### 4.1.8 Ensamble de la maquina

En la figura 4.10 se muestra el ensamble final de la maquina CNC, ya lista para realizar la lubricación en cada uno de los ejes y/o elementos involucrados en algún movimiento.

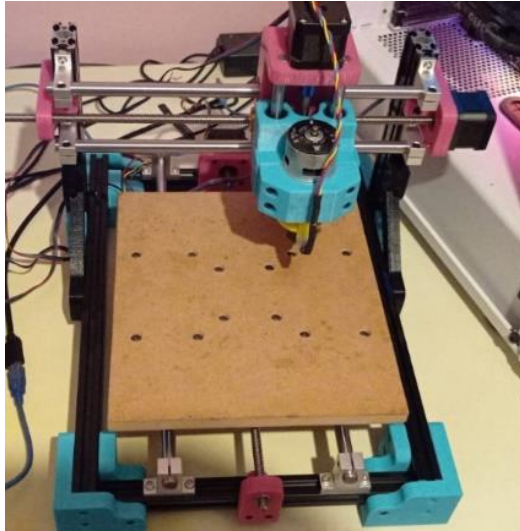


Figura 4.10 Maquina CNC ensamblada

#### 4.1.9 Lubricación de bujes, rodamientos y guías

La lubricación por aceite se destinó para las guías de la CNC, esto pues creemos que la lubricación por aceite en esas zonas nos ayudará a prevenir el calentamiento ya que son partes que están trabajando y moviéndose constantemente, además de que ésta misma naturaleza de trabajo lleva a un desgaste continuo de las partes lo cual la lubricación por aceite puede ayudar a mitigar, además de que los elementos rodantes son algo pequeños por lo cual nos vemos beneficiados al usar aceite pues estas zonas son más accesibles mediante la lubricación por aceite.



Figura 4.11 Lubricación eje Z



Figura 4.12 Lubricación eje X

En el caso de la grasa se eligió para los husillos, pues ayuda mucha a asegurar el buen funcionamiento de las piezas móviles de este tipo además de que nos puede ayudar a asegurar a dispersar algo del calor con el que se verá enfrentado este elemento de la CNC, además de que la grasa se mantendrá en su lugar una cantidad de tiempo mayor.

#### 4.1.10 Configuración de los drivers para motores paso a paso

##### Cálculos

Primeramente, se necesita calcular el voltaje que se necesitará para calibrar a los drivers de los motores, para esto se han utilizado las siguientes ecuaciones. La razón de esta ecuación es que se está tomando un motor que funciona con 1.5A al que se desea operar al 80% de su funcionamiento.

$$max = 1.5 * 0.8 \leq I_{max} = 1.2A$$

La siguiente fórmula es la fórmula general para calcular el voltaje necesario según el motor que se tiene.

$$V_{ref} = I_{max} 0.8 R_s$$

Se toma como dato que se tendrá un valor de  $.1 \Omega$  además de que se reemplazará  $I_{max}$  según el dato antes obtenido, después de sustituir estos datos dentro de la ecuación original podremos tener el voltaje que buscamos.

$$V_{ref} = 1.2A * 8 * 0.1 \leq \geq V_{ref} = 0.96v$$

### Procedimiento en el driver físico.

Se identificó en lugar se encontraba la tierra del driver, esto encontrando la parte que indica 5V/GND.

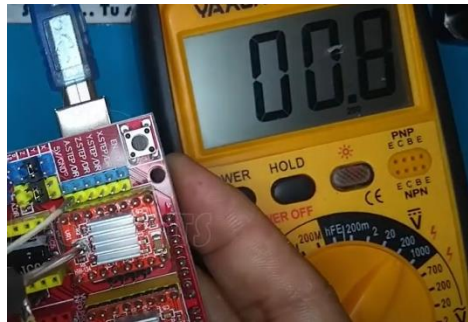


Figura 4.13 Identificación de alimentación en el driver

Posteriormente una vez identificada la tierra se utilizó un jumper para conectarlo a la punta positiva del multímetro, esto nos permitirá visualizar en el multímetro el voltaje que necesitaremos para calibrar al driver



Figura 4.14 Visualización de voltaje necesario para calibración



Una vez teniendo la habilidad de visualizar el voltaje lo que sigue es ajustar el potenciómetro del driver hasta llevarlo al valor deseado, se necesita de mantener las vueltas del potenciómetro con sutileza para lograr una mayor precisión y obtener el valor deseado o una lo suficientemente cercano.



Figura 4.15 Ajuste de resistencia

Una vez que se han calibrado los drivers se procede a conectar los dos motores a pasos en sus pines correspondientes, un motor servirá para moverse a lo largo del eje X y el segundo en el eje Y.



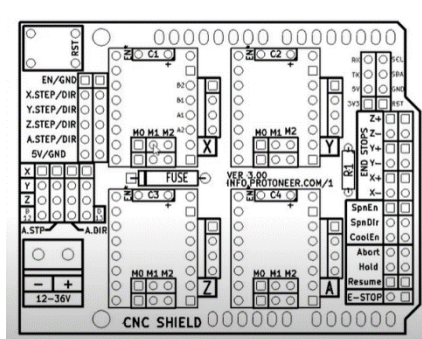
Figura 4.16 Conexión de motores al driver

Una vez conectados ambos motores lo que resta por hacer es conectar el driver a una fuente y voltaje y posteriormente conectarlo a una PC para llevar a cabo las pruebas de funcionamiento según el programa deseado.



#### 4.1.11 Configuración de parámetros para el driver CNC -GRBL

Se configuró los drivers a 1/8 de paso y los husillos del x y y tienen un paso de 8mm por vuelta Y el del eje z 2 mm por vuelta. En la siguiente imagen se muestran los drivers para los motores en nuestro caso se colocaron jumpers en M0 y M1, es por ello que se configuró a 1/8.



En la siguiente tabla se muestran los datos sobre la configuración de los pasos al nosotros tener configurado los drivers en 1/8 necesitaremos de 8 veces la cantidad de pasos para poder cubrir una distancia.



Tabla 4.2 Tabla de configuración de pasos

A4988			
	MS1 JUMPER	MS2 JUMPER	MS3 JUMPER
Single Step	0	0	0
1/2 Step	1	0	0
1/4 Step	0	1	0
1/8 Step	1	1	0
1/16 Step	1	1	1

El driver GRBL necesita una configuración previa para funcionar y tener la mejor precisión posible, para esto se configurarán los parámetros del \$0 -\$22, cabe mencionar que algunos parámetros se colocaron de default.

Dependiendo del motor a pasos que se compró, se buscó el datasheet para visualizar los grados por paso que da el motor, este motor cuenta con 1.8°, pero necesitamos saber cuántos pasos requiere para dar una vuelta, por lo tanto, se tiene lo siguiente:

$$\frac{360^{\circ}(\text{Un giro completo})}{1.8^{\circ}} = \text{Se requieren 200 pasos para una vuelta completa}$$

Lo que sigue después es saber dependiendo de la varilla, cuantos milímetros se recorre por cada vuelta, por lo tanto, para las varillas que se compraron se tiene que por cada vuelta recorre 8 milímetros, con estos datos sabemos que necesitamos 200 pasos para cubrir una distancia, pero al estar configurado en 1/8 esto quiere decir que necesitaremos 8 veces esa cantidad de pasos, por lo que se hace una multiplicación:  
200 pasos\*8=1600

Esta cantidad de pasos será dividida entre la cantidad de mm que tiene de avance por vuelta la varilla que será utilizada en el proyecto, en nuestro caso el avance es de 8mm por vuelta, por lo tanto:

$$\frac{1600}{8} = 200 \text{ pasos}$$

De esta manera se colocan los parámetros del \$100 al \$101 que corresponden a los pasos por milímetros de los motores x, y; para el caso del motor z el dato cambia pues en este se recorren 2 mm en lugar de 8 por lo tanto:

$$200 \text{ pasos} \cdot 8 = 1600$$

$$\frac{1600}{2} = 800 \text{ pasos}$$

Después configurar el ancho de pulso que manda el Arduino, se colocó en 10.

```
$0=10 (step pulse, usec)
```

Se colocaron los valores de los pasos en los diferentes valores según los datos que se habían calculado.

```
$100=200.000 (x, step/mm)
$101=200.000 (y, step/mm)
$102=800.000 (z, step/mm)
```

Figura 4.19 Valor de los pasos

Los puntos del 110 al 112 por otro lado son los datos que nosotros indicamos como la velocidad máxima a la que nosotros configuramos a los motores para alcanzar como una condición fija.

```
$110=400.000 (x max rate, mm/min)
$111=400.000 (y max rate, mm/min)
$112=400.000 (z max rate, mm/min)
```

Figura 4.20 Velocidad por eje

Los datos del 120 al 122 muestran los datos de aceleración que nosotros designamos a los motores y también el límite de aceleración que estos tienen. Se configuró a 999 para desactivar la aceleración.

```

$120=999.000 (x accel, mm/sec^2)
$121=999.000 (y accel, mm/sec^2)
$122=999.000 (z accel, mm/sec^2)

```

Figura 4.21 Aceleración por eje

En el caso de los datos del 130 al 132 son los parámetros que nosotros establecimos como la distancia máxima a la que el motor va a viajar es decir la delimitación que nosotros le estamos otorgando para desplazar.

```

$130=200.000 (x max travel, mm)
$131=200.000 (y max travel, mm)
$132=200.000 (z max travel, mm)

```

Figura 4.22 Distancias máximas

La lista de configuraciones queda de la siguiente manera:

\$0=10 (step pulse, usec)	\$25=500.000 (homing seek, mm/min)
\$1=25 (step idle delay, msec)	\$26=250 (homing debounce, msec)
\$2=0 (step port invert mask:00000000)	\$27=1.000 (homing pull-off, mm)
\$3=0 (dir port invert mask:00000000)	\$100=200.000 (x, step/mm)
\$4=0 (step enable invert, bool)	\$101=200.000 (y, step/mm)
\$5=0 (limit pins invert, bool)	\$102=800.000 (z, step/mm)
\$6=0 (probe pin invert, bool)	\$110=400.000 (x max rate, mm/min)
\$10=3 (status report mask:00000011)	\$111=400.000 (y max rate, mm/min)
\$11=0.010 (junction deviation, mm)	\$112=400.000 (z max rate, mm/min)
\$12=0.002 (arc tolerance, mm)	\$120=999.000 (x accel, mm/sec^2)
\$13=0 (report inches, bool)	\$121=999.000 (y accel, mm/sec^2)
\$20=0 (soft limits, bool)	\$122=999.000 (z accel, mm/sec^2)
\$21=0 (hard limits, bool)	\$130=200.000 (x max travel, mm)
\$22=0 (homing cycle, bool)	\$131=200.000 (y max travel, mm)
\$23=0 (homing dir invert mask:00000000)	\$132=200.000 (z max travel, mm)
\$24=25.000 (homing feed, mm/min)	

Figura 4.23 Lista de configuraciones

#### 4.1.12 Prueba de funcionamiento

En la primera prueba se volvieron a ajustar los motores, debido a que no estaban bien calibrados. También se agregó más grasa blanca con litio para que los husillos funcionaran de una mejor manera, ya con esta grasa los ejes se pudieron mover correctamente. De la misma manera al hacer estos cambios la maquina funciono mejor.

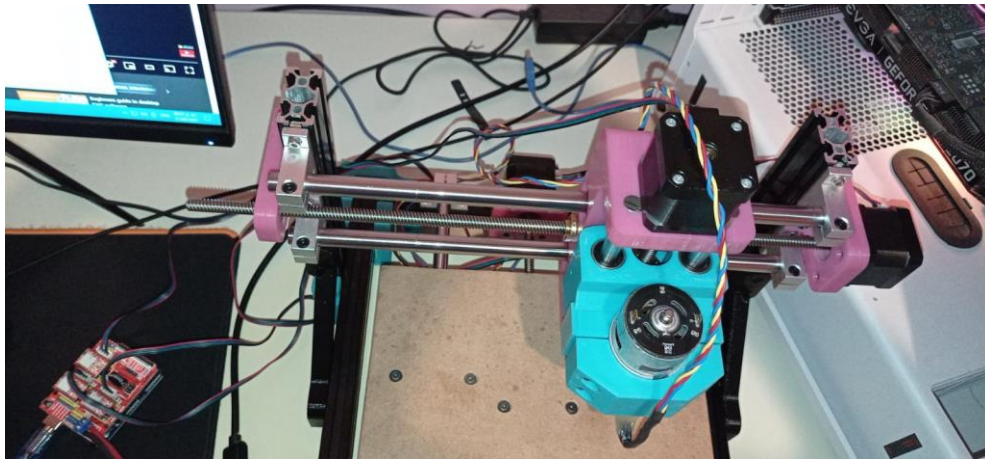


Figura 4.24 Prueba de funcionamiento

## 4.2 Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

Durante la elaboración de este proyecto se obtuvieron varias nuevas perspectivas sobre la importancia del desarrollo bien estructurado de un proyecto de este tipo, la investigación, la planeación, y la administracion del tiempo fueron factores que este equipo tuvo la oportunidad de manejar de la mejor manera posible haciendo lo posible para sacar hacia adelante este trabajo; es por esto que hemos entendido el rol tan importante que varios de estos elementos tienen dentro del desarrollo de un proyecto, ya sea de indole educativa o dentro de una industria en el futuro.

Además de que se ha aprendido a comprender que cada parte de la máquina que está siendo desarrollada debe ser fuertemente investigada para poder avanzar correctamente dentro del desarrollo progresivo de la CNC, desde la elaboración y impresión de las diferentes piezas que compondrán la máquina hasta el código que nos permitirá controlar las acciones de la máquina, todos estos elementos deben ser comprendidos para poder ser desarrollados.

## **Recomendaciones**

Este equipo sugiere a cualquiera que desee utilizar este proyecto lea de manera detenida lo que esté dentro de este documento para poder entender el funcionamiento de la CNC y sus diferentes elementos, ya sea para poder mejorar este equipo o darle un uso adecuado, estas características deben de ser tomadas en cuenta para evitar problemas ya sean fallas de funcionamiento o provocadas por un mal manejo del equipo.

---

## REFERENCIAS

---

C. (2020, 30 diciembre). *Qué es el CNC y cómo funciona*. Boyfre. Recuperado 12 de junio de 2022, de <https://www.boyfre.com/que-es-el-cnc-y-como-funciona/>

Transfer Multisort Elektronik. (2020, 8 septiembre). *Motor paso a paso – tipos y ejemplos del uso de motores paso a paso*. Distribuidor de componentes electrónicos. Tienda en línea: Transfer Multisort Elektronik. Recuperado 12 de junio de 2022, de <https://www.tme.com/mx/es/news/library-articles/page/41861/Motor-paso-a-paso-tipos-y-ejemplos-del-uso-de-motores-paso-a-paso/>

*¿Qué es un Rodamiento? | Tipos | Componentes de un rodamiento | Aplicaciones*. (2020, 12 mayo). NSK. Recuperado 12 de junio de 2022, de <https://www.nskamericas.com/es/services/what-s-a-bearing.html>



Valverde, A. (s. f.). *¿Cómo seleccionar el acople ideal para su aplicación?* Elvatron. Recuperado 12 de junio de 2022, de <https://www1.elvatron.com/transmicion-potencia/c%C3%B3mo-seleccionar-el-acople-ideal-para-su-aplicaci%C3%B3n>

*Sensor Infrarrojo SMD QRE1113*. (s. f.). Naylamp Mechatronics - Perú. Recuperado 12 de junio de 2022, de <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/351-sensor-infrarrojo-smd-qre1113.html>

Fernández, Y. (2020, 3 agosto). *Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno*. Xataka. Recuperado 12 de junio de 2022, de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

García, V. (2020, 5 marzo). *DESCRIPCIÓN DEL DRIVER A4988 – Electrónica Práctica Aplicada*. ELECTRÓNICA PRÁCTICA APLICADA. Recuperado 13 de junio de 2022, de <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/descripcion-del-driver-a4988>

*Filamento PETG - aprenda todo sobre el material PETG para la impresión en 3D.* (s. f.). Tractus3D. Recuperado 13 de junio de 2022, de <https://tractus3d.com/es/materials/petg/>

Salazar, S. (2017, 30 octubre).   *Husillo, el tornillo sin fin*. Sebastián Salazar. Recuperado 14 de junio de 2022, de <https://sebastiansalazar.com/husillo-el-tornillo-sin-fin/>