



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**OPTIMIZACIÓN EN EL ÁREA DE TALLADO DE MADERA PARA LA  
FABRICACIÓN DE MUEBLES DEL HOGAR EN LA MICROEMPRESA EL  
MUNDO DEL MUEBLE**

Propuesta Tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial.

**AUTOR:**

Jaya Gavilanes Antoni Fabricio

**TUTOR:**

Ing. M.Sc. Eugenio Pilliza Cristian Iván

**Latacunga - Ecuador**

**Marzo 2021**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **Jaya Gavilanes Antoni Fabricio** declaro ser autor de la presente propuesta tecnológica: **“Optimización del proceso de tallado en madera para la fabricación de muebles del hogar en la microempresa El mundo del mueble”**, siendo **Ing. Msc. Cristian Iván Eugenio Pilliza** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

---

**Jaya Gavilanes Antoni Fabricio**

**CC. 1725480790**

**Autor**



## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“Optimización del proceso de tallado en madera para la fabricación de muebles del hogar en la microempresa El mundo del mueble”**, de **Jaya Gavilanes Antoni Fabricio**, de la carrera Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Marzo, 2021

---

**Ing. M.Sc. Cristian Iván Eugenio Pilliza**

CC: 1723727473

**Tutor**



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**; por cuanto, el postulante: **Jaya Gavilanes Antoni Fabricio** con el título de Proyecto de titulación: **“Optimización del proceso de tallado en madera para la fabricación de muebles del hogar en la microempresa El mundo del mueble”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo del 2021

Para constancia firman:

**Lector 1 (Presidente)**

**Nombre: Ing. Msc. Marcelo Tello**

**CC: 0501518559**

**Lector 2**

**Nombre: Ing. Msc. Benjamín Chávez**

**CC: 1716760374**

**Lector 3**

**Nombre: Ing. Msc. Freddy Eduardo Quinchimbla Pisaña**

**CC: 1719310508**

## **AVAL DE LA MICROEMPRESA EL MUNDO DEL MUEBLE**



**EL MUNDO DEL MUEBLE**

Quito, 02 de marzo del 2021.

### **CERTIFICADO**

Yo, **Wilmer Gustavo Bravo Basante** identificado con CC N°171891449-0, gerente propietario de la microempresa **El Mundo Del Mueble**, certifico que el señor **Jaya Gavilanes Antoni Fabricin**, identificado con la cedula 172548079-0, realizo la optimización en el proceso de tallado de madera para la fabricación de muebles del hogar en nuestra microempresa, a través de una máquina CNC de tres ejes, la cual permitió realizar grabados con mejor precisión, menor desperdicio de materia prima y además la implementación de tallados con diseños más complejos.

Esto es todo lo que puedo decir en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del mismo en la manera que estime conveniente.

**EL MUNDO DEL MUEBLE**  
RUC: 171891449000  
Telf.: 3544456 - 0991656

**ATT: Wilmer Bravo**  
**RUC: 1718914490001**  
**GERENTE PROPIETARIO**

**Teléfonos:** Ecuador 0991656914  
**Dirección:** Quito-Ecuador CALLE QUILLAHUAN QUILLA S47-119 Y S47E FTE  
**E-mail:** wilmerbravo-22@hotmail.com

## AGRADECIMIENTO

*"Vive como si fueras a morir mañana... aprende como si fueras a vivir siempre"*

*Mahatma Gandhi*

Agradezco infinitamente con fervor a Dios  
por ser la esencia de mi vida,  
por permitirme deleitarme de estos momentos  
por ser mi luz, por darme paz,  
por permitirme ser feliz.

Agradezco a mis abnegados padres  
Sonia Gavilanes y German Jaya  
su ejemplo, su labor, su cariño,  
su amor, su afecto.  
A ellos los debo por la eternidad.  
Lo que soy.

Agradezco a mis hermanos,  
por su apoyo comprensión y ánimo,  
pues su respaldo contribuyó  
a concretar esta meta propuesta

Agradezco a mi primo Danny  
quien definitivamente fue mi guía y ayuda  
el motivo para emprender esta nueva meta.  
Agradezco a todos, quienes confiaron en mí.

*Antoni Jaya Gavilanes*

## DEDICATORIA

*"Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber"*

*Albert Einstein*

Dedico todo este tiempo, energía y entrega que he puesto no solo en este proyecto, sino una parte de mi vida a mis hermanos Roger, Bryan, Lenin, Megan, para que les sirva no de ejemplo si no de incentivo, que el esfuerzo rinde frutos y que las metas propuestas pueden ser una realidad

Dedico con todo mi corazón y alma a mi madre Sonia. por su bendición y a lo largo de mi vida que me ha llevado por el buen camino por sus palabras que siempre me las llevare en mi mente "Da todo por el todo" por eso te entrego este trabajo como ofrenda, por tu paciencia, por tu confianza, por tu amistad incondicional y amor, madrecita mía, te amo con todo mi ser.

Dedico además este trabajo a mis primos y familiares quienes siempre aportaron con sus palabras, animo, incentivo y amistad.

*Antoni Jaya Gavilanes*

## ÍNDICE

### PORTADA

|   |       |
|---|-------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....                               | ii    |
| AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN .....           | iii   |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....                | iv    |
| AVAL DE LA MICROEMPRESA EL MUNDO DEL MUEBLE .....         | v     |
| AGRADECIMIENTO.....                                       | vi    |
| DEDICATORIA.....  | vii   |
| ÍNDICE.....   | viii  |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                    | xi    |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS.....                                   | xii   |
| ÍNDICE DE IMAGENES .....                                  | xiii  |
| ÍNDICE DE ECUACIONES .....                                | xiv   |
| RESUMEN .....   | xvi   |
| ABSTRACT.....   | xvii  |
| AVAL DE TRADUCCIÓN.....                                   | xviii |
| 1. INFORMACIÓN BÁSICA.....                                | 1     |
| Sub líneas de investigación de la Carrera: .....          | 1     |
| 2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA ..... | 2     |
| 2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....              | 2     |
| 2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE.....                       | 2     |
| 2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO.....                           | 2     |
| 2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....            | 2     |
| 2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN .....            | 3     |
| 2.5.1. Objeto de estudio.....                             | 3     |
| 2.5.2. Campo de acción.....                               | 3     |
| 2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA .....                | 3     |

|   |    |
|---|----|
| 2.6.1. Situación problemática:.....   | 3  |
| 2.6.2. Problema.....  | 4  |
| 2.7. FORMULACIÓN DE PREGUNTAS DIRECTRICES .....   | 4  |
| 2.8. OBJETIVOS .....  | 5  |
| 2.8.1. Objeto general .....   | 5  |
| 2.8.2. Objetivos específicos .....  | 5  |
| 2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos .....        | 6  |
| 3. MARCO TEÓRICO.....   | 7  |
| 3.1.2 Descripción del tipo de madera .....  | 7  |
| 3.1.3 Usos comerciales.....   | 8  |
| 3.1.4 Propiedades mecánicas .....   | 9  |
| 3.1.5 Máquina talladora .....   | 11 |
| 3.2.1 Tipos de máquinas talladoras .....  | 11 |
| 3.2.2 Estudio y selección de alternativas .....   | 15 |
| 3.2.3 Diseño .....  | 20 |
| 3.2.4 Selección de elementos y materiales del prototipo de la máquina CNC .....                     | 22 |
| 3.3.1 Construcción y montaje de los elementos del prototipo de la máquina CNC. ....                 | 31 |
| Formulas y cálculo para el tallado o fresado.....   | 35 |
| 3.3.2 Pruebas de funcionamiento .....   | 40 |
| Pruebas y resultados .....  | 44 |
| 4. METODOLOGÍA.....   | 47 |
| 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....  | 48 |
| Diagrama de procesos de la microempresa “El Mundo Del Mueble”.....                                  | 55 |
| Diagrama de procesos construcción del prototipo de la máquina CNC para el tallado en la madera..... | 56 |
| Diagrama de flujo para tallar en el prototipo de la máquina CNC de tallado en madera .....          | 57 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Manual de proceso en el área de tallado de madera para la microempresa “El Mundo Del Mueble” .....</b> | <b>58</b> |
| <b>6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS .....</b>  | <b>69</b> |
| <b>6.1. Presupuesto .....</b>   | <b>69</b> |
| <b>6.2. Análisis de impactos .....</b>  | <b>70</b> |
| <b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>72</b> |
| <b>8. REFERENCIAS .....</b>   | <b>74</b> |
| <b>ANEXOS: .....</b>  | <b>97</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1</b> Usos de la madera MDF para el trabajo.....                            | 8  |
| <b>Tabla 2</b> Usos y aplicaciones de la madera MDF para la decoración.....          | 9  |
| <b>Tabla 3</b> Propiedades mecánicas de la madera MDF.....                           | 10 |
| <b>Tabla 4</b> Propiedades mecánicas de la madera MDF.....                           | 11 |
| <b>Tabla 5</b> Clasificación de máquinas CNC.....                                    | 12 |
| <b>Tabla 6</b> Tipos de fresadora para la madera.....                                | 14 |
| <b>Tabla 7</b> Alternativa del peso específico de cada criterio.....                 | 18 |
| <b>Tabla 8</b> Alternativa del peso específico del criterio precisión.....           | 18 |
| <b>Tabla 9</b> Alternativa del peso específico del criterio peso.....                | 19 |
| <b>Tabla 10</b> Alternativa del criterio de intercambio de elementos mecánicos.....  | 19 |
| <b>Tabla 11</b> Alternativa del peso específico del criterio precio.....             | 19 |
| <b>Tabla 12</b> Tabla de conclusiones.....   | 20 |
| <b>Tabla 13</b> Características técnicas del Arduino Uno R3.....                     | 24 |
| <b>Tabla 14</b> Descripción Ingco tipo dremel.....                                   | 29 |
| <b>Tabla 15</b> Parámetros de corte de tallado.....                                  | 35 |
| <b>Tabla 16</b> Resultados obtenidos.....  | 39 |
| <b>Tabla 17</b> cálculo de precisión en Excel.....                                   | 51 |
| <b>Tabla 18</b> cálculo de la precisión de forma manual y automatizado en Excel..... | 53 |
| <b>Tabla 19</b> Calculo de tiempo en Excel manual vs prototipo.....                  | 53 |
| <b>Tabla 20</b> Ganancia semanal a través del aumento del prototipo.....             | 54 |
| <b>Tabla 21</b> Presupuesto.....   | 69 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| <b>Gráfico 1</b> maderas MDF para decoración.....  | 9  |
| <b>Gráfico 2</b> Tipos de fresadoras para la madera.....                                       | 13 |
| <b>Gráfico 3</b> máquina fresadora de control numérico CNC de 3 ejes.....                      | 15 |
| <b>Gráfico 4</b> máquina CNC de 3 ejes con husillo.....  | 16 |
| <b>Gráfico 5</b> máquina CNC de 2 ejes con poleas.....   | 17 |
| <b>Gráfico 6</b> máquina CNC de 2 ejes con ruedas.....   | 17 |
| <b>Gráfico 7</b> CNC 6040a Router Máquina Fresadora Madera Metal 3 Ejes precio .....           | 17 |
| <b>Gráfico 8</b> Pieza frontal base de la estructura del prototipo de la máquina CNC.....      | 21 |
| <b>Gráfico 9</b> Parte lateral base de la estructura del prototipo de la máquina CNC.....      | 21 |
| <b>Gráfico 10</b> Postes laterales de la parte trasera de la estructura de la máquina CNC..... | 21 |
| <b>Gráfico 11</b> Parte base superior de la estructura del prototipo de la máquina CNC.....    | 22 |
| <b>Gráfico 12</b> Madera MDF espesor de 12mm.....  | 22 |
| <b>Gráfico 13</b> Motor pasó a paso bipolar nema 17 / 12V / 0,4A / 1,8*Paso.....               | 23 |
| <b>Gráfico 14</b> Arduino Uno R3 + cable USB .....   | 23 |
| <b>Gráfico 15</b> Shield CNC .....   | 24 |
| <b>Gráfico 16</b> Driver A4988.....  | 25 |
| <b>Gráfico 17</b> Acople flexible D 8 mm .....   | 25 |
| <b>Gráfico 18</b> Rodamiento D 8mm.....  | 26 |
| <b>Gráfico 19</b> Rodamiento lineal de bolas D 8mm.....  | 26 |
| <b>Gráfico 20</b> Eje acerado de D 8mm.....  | 27 |
| <b>Gráfico 21</b> tuerca de bronce más la camisa D 8mm.....                                    | 27 |
| <b>Gráfico 22</b> Tomillo sin fin D 8mm DE 4 hilos .....                                       | 28 |
| <b>Gráfico 23</b> Brocas de corte CNC mm.....  | 28 |
| <b>Gráfico 24</b> Ingcó tipo Dremel 130W.....  | 29 |
| <b>Gráfico 25</b> Fuente de poder de 12V 10A / modelo S-120-12.....                            | 30 |
| <b>Gráfico 26</b> Tomillo M3x25mm.....   | 30 |
| <b>Gráfico 27</b> Tomillos MDF.....  | 31 |

## ÍNDICE DE IMAGENES

|   |    |
|---|----|
| <b>Imagen 1</b> Ensamble de la piza 1 con la pieza 2.....                                 | 31 |
| <b>Imagen 2</b> Ensamble de la pieza 7 base del eje “Y” de la máquina CNC.....            | 32 |
| <b>Imagen 3</b> Ensamble de la pieza 6 con las dos piezas 7 del eje Z.....                | 32 |
| <b>Imagen 4</b> Ensamble de la pieza 9 junto con las pieza 6 y las dos piezas 7.....      | 33 |
| <b>Imagen 5</b> Ensamble de las piezas 5 laterales junto con las piezas 5 laterales. .... | 33 |
| <b>Imagen 6</b> Estructura de la máquina CNC construida X, Y, Z.....                      | 34 |
| <b>Imagen 7</b> Máquina CNC construida con todos los elementos acoplados. ....            | 34 |
| <b>Imagen 8</b> trasformando del formato “jpg” a formato “ngc”.....                       | 40 |
| <b>Imagen 9</b> traduciendo el formato “ngc” a código “G”.....                            | 41 |
| <b>Imagen 10</b> Primera prueba A del prototipo de la máquina CNC.....                    | 44 |
| <b>Imagen 11</b> segunda prueba “B” del prototipo de la máquina CNC.....                  | 44 |
| <b>Imagen 12</b> Prueba C del prototipo de la máquina CNC.....                            | 45 |
| <b>Imagen 13</b> Prueba D del prototipo de la máquina CNC.....                            | 45 |
| <b>Imagen 14</b> Prueba E del prototipo de la máquina CNC.....                            | 46 |
| <b>Imagen 15</b> Dibujos tallados a través del prototipo de la máquina CNC.....           | 46 |
| <b>Imagen 16</b> tallado de manera manual en la microempresa.....                         | 47 |
| <b>Imagen 17</b> tallado de manera manual.....  | 49 |
| <b>Imagen 18</b> Tallado a través de la máquina CNC.....                                  | 49 |
| <b>Imagen 19</b> Peso en gramos del tallado manual.....                                   | 50 |
| <b>Imagen 20</b> Peso en gramos del tallado del prototipo.....                            | 50 |
| <b>Imagen 23</b> programas descargados Inkscape. Grbl arduino y UGS.....                  | 61 |
| <b>Imagen 24</b> Incorporamos el Grbl a la placa arduino.....                             | 62 |
| <b>Imagen 25</b> configuración de las propiedades en el programa Inkscape.....            | 62 |
| <b>Imagen 26</b> proceso para importamos una imagen al programa Inkscape.....             | 63 |
| <b>Imagen 27</b> buscamos la imagen para importar.....                                    | 63 |
| <b>Imagen 28</b> Imagen vectorizada a mapa de bit.....                                    | 64 |
| <b>Imagen 29</b> proceso de puntos de orientación de la imagen.....                       | 64 |
| <b>Imagen 30</b> Aplicación de biblioteca de herramientas a la imagen.....                | 65 |
| <b>Imagen 31</b> transformación a trayecto gcode.....                                     | 65 |
| <b>Imagen 32</b> importamos el formato “ngc” al programa UGS.....                         | 66 |
| <b>Imagen 33</b> Máquina a tallar a través de la introducciones emitidas del UGS.....     | 67 |
| <b>Imagen 34</b> Prototipo máquina CNC para el tallo en la madera MDF.....                | 67 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|           |    |
|-----------|----|
| (1).....  | 35 |
| (2).....  | 36 |
| (3).....  | 36 |
| (4).....  | 36 |
| (5).....  | 37 |
| (6).....  | 37 |
| (7).....  | 38 |
| (8).....  | 38 |
| (9).....  | 39 |
| (10)..... | 40 |
| (11)..... | 42 |
| (12)..... | 51 |
| (13)..... | 51 |

## **ANEXO I**

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura I 1</b> Pieza 1.....  | 97  |
| <b>Figura I 2</b> Pieza lateral base.....                                 | 98  |
| <b>Figura I 3</b> Pieza 5 lateral D.....                                  | 99  |
| <b>Figura I 4</b> Pieza 5 lateral D1.....                                 | 100 |
| <b>Figura I 5</b> Pieza 5 lateral I.....                                  | 101 |
| <b>Figura I 6</b> Pieza 5 lateral I1.....                                 | 102 |
| <b>Figura I 7</b> Pieza 7 base.....                                       | 103 |
| <b>Figura I 8</b> Pieza 9 base dremel.....                                | 104 |
| <b>Figura I 9</b> Pieza 7 inferior Z.....                                 | 105 |
| <b>Figura I 10</b> Pieza 7 superior Z.....                                | 106 |
| <b>Figura I 11</b> Vistas del prototipo de la máquina CNC construida..... | 107 |
| <b>Figura I 12</b> Diseños del prototipo con sus elementos.....           | 108 |

## **ANEXO II**

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| <b>Figura II 1</b> Códigos “G”..... | 109 |
|-------------------------------------|-----|

## **ANEXO III**

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura III 1</b> Factura de compra de tornillos MDF.....                   | 110 |
| <b>Figura III 2</b> Factura de compra de los tornillos M3x 25.....            | 110 |
| <b>Figura III 3</b> Factura de compra del kit de los elementos mecánicos..... | 111 |

## **ANEXO IV**

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura IV 1</b> Layout de la microempresa el mundo del mueble..... | 112 |
|---|-----|

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA: OPTIMIZACIÓN EN EL ÁREA DE TALLADO DE MADERA PARA LA FABRICACIÓN DE MUEBLES DEL HOGAR EN LA MICROEMPRESA EL MUNDO DEL MUEBLE**

**Autor:** Jaya Gavilanes Antoni Fabricio

**Tutor:** Ing. M.Sc. Eugenio Pilliza Cristian Iván

**RESUMEN**

El presente proyecto detalla la optimización del proceso de grabado en madera en el área de tallado, mediante el diseño y construcción de un prototipo de una máquina de control numérico computarizado de tres ejes para el maquinado de la madera. Dirigida a la microempresa el mundo del mueble con el fin de realizar el grabado de cualquier tipo de imagen con una amplia gama de diseños, mayor precisión, acabado superficial y menor desperdicio en comparación con el procedimiento de tallado manual. El proyecto inicia con la caracterización de la materia prima utilizada describiendo las características y propiedades de la madera MDF; además se realizó una revisión bibliográfica sobre las diferentes máquinas talladoras que actualmente se usan en los talleres de grabado en madera. Mediante la investigación descriptiva y exploratoria se determinó cuatro opciones de solución para el diseño del prototipo de máquina, para la selección de mejor alternativa se utilizó el método ordinal de criterios ponderados. En base a los criterios de precisión, precio, peso e intercambio de elementos mecánicos se estableció que el prototipo de máquina CNC de tres ejes de husillo es la solución óptima para el diseño, para el modelado en 3D de las piezas de la estructura y la elaboración de planos de conjunto y detalle se utilizó el programa solidworks; a partir del diseño se realizó la selección de materiales y elementos normalizados finalmente se efectuó el montaje de los diferentes componentes de la máquina, para el grabado de una imagen se utilizó el programa Inkscape que permite vectorizar la gráfica y por medio del software Universal Gcode Sender obtener la programación en código "G" que será leído mediante el programa GRBL arduino que permiten a la máquina desplazarse sobre sus tres ejes coordinados generando el maquinado de la imagen; para validar el correcto funcionamiento del prototipo se ejecutó algunas pruebas con el tallado de diferentes imágenes, como resultado de esta práctica experimental se obtuvo un diseño eficiente de manera que disminuye el costo y el peso el cual permite tener un acabado y tallado de calidad, tiene un área de trabajo de 12 cm x 16 cm, mínimos costos de inversión para la fabricación de la máquina. De los resultados experimentales realizados a los procesos de grabado manual vs automatizado se determinó que el proceso de tallado mediante el mecanizado de la máquina CNC disminuye los desperdicios en 2,87%, también se estableció que la máquina CNC tiene una mayor precisión de las dimensiones y forma requeridas, con un valor de tolerancia de  $\pm 0,1$  mm.

**Palabras Clave:**

Acabado, control numérico computarizado, grabado, montaje, optimización, precisión, prototipo, tallado.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**  
**INDUSTRIAL ENGINEERING CAREER**

**TOPIC: OPTIMIZATION IN THE AREA OF WOOD CARVING FOR THE MANUFACTURE OF HOME FURNITURE IN THE MICRO-ENTERPRISE THE WORLD OF FURNITURE**

**Author:** Jaya Gavilanes Antoni Fabricio

**Tutor:** Ing. M.Sc. Eugenio Pilliza Cristian Iván

**ABSTRACT**

This project details the optimization of the wood engraving process in the carving area, through the design and construction of a prototype of a three-axis computerized numerical control machine for wood machining. Focus to the small business in the furnished world in order to engrave any type of image with a wide range of designs, greater precision, surface finish and less waste compared to the manual carving procedure. The project begins with the characterization of the raw material used, describing the characteristics and properties of MDF wood; In addition, a bibliographic review was carried out on the different carving machines that are currently used in wood engraving workshops. Through descriptive and exploratory research, four solution options were determined for the design of the machine prototype, for the selection of the best alternative the ordinal method of weighted criteria was used. Based on the criteria of precision, price, weight and exchange of mechanical elements, it was established that the prototype of a CNC machine with three spindle axes is the optimal solution for the design, for the 3D modeling of the parts of the structure and the preparation of assembly and detail plans, the solidworks program was used; From the design, the selection of standardized materials and elements was made, finally, the assembly of the different ones of the machine was carried out, for the engraving of an image the Inkscape program was used that allows vectorizing the graph and through the Universal Gcode Sender software to obtain the programming in code "G" that will be read by means of the GRBL arduino program that allows a machine to move on its three coordinated axes generating the machining of the image; To validate the correct functioning of the prototype, some tests were carried out with the carving of different images, as a result of this experimental practice an efficient design was obtained in a way that reduces the cost and the weight which allows to have a quality finish and carving, it has a work area of 12 cm x 16 cm, minimum investment costs for the manufacture of the machine. From the experimental results carried out to the manual vs automated engraving processes, it was determined that the carving process through the machining of the CNC machine reduces waste by 2.87%, it was also established that the CNC machine has a greater precision of the dimensions and required shape, with a tolerance value of  $\pm 0.1$  mm.

**Keywords:** Finishing, computer numerical control, engraving, assembly, optimization, precision, prototype, carving.

## AVAL DE TRADUCCIÓN



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

### *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen al Idioma Inglés presentado por el estudiante **JAYA GAVILANES ANTONI FABRICIO**, de la carrera de Ingeniería Industrial de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**, cuyo título versa “**OPTIMIZACIÓN EN EL ÁREA DE TALLADO DE MADERA PARA LA FABRICACIÓN DE MUEBLES DEL HOGAR EN LA MICROEMPRESA EL MUNDO DEL MUEBLE**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga marzo 6, 2021

Atentamente,



DARWIN AURELIO  
VALLEJO MOSQUERA

**M.Sc. Darwin Vallejo Mosquera**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**C.C. 1802263549**



CENTRO  
DE IDIOMAS

## **1. INFORMACIÓN BÁSICA**

**PROPUESTO POR:** Jaya Gavilanes Antoni Fabricio

**NOMBRES COMPLETO DEL ESTUDIANTE:** Jaya Gavilanes Antoni Fabricio

**TEMA APROBADO:** “Optimización del proceso de tallado en madera para la fabricación de muebles del hogar en la microempresa "El mundo del mueble””

**CARRERA:** Ingeniería Industrial

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:** Ing. Msc. Cristian Eugenio

**EQUIPO DE TRABAJO:** (asesores técnico y metodológico)

**Lectores:**

**Ing. Msc.** Marcelo Tello,

**Ing. Msc.** Benjamín Chávez,

**Ing. Msc.** Freddy Quinchimbla

**LUGAR DE EJECUCIÓN:**

Región Sierra, provincia Pichincha, ciudad de Quito en la parroquia de “Guamaní”

**TIEMPO DE DURACIÓN DEL PROYECTO:**

**Inicio:** 25 mayo 2020

**Finalización:** 09 marzo 2021

**FECHA DE ENTREGA:**

09 de marzo del 2021

**LÍNEA(S) Y SUBLINEAS DE INVESTIGACIÓN.**

**Línea de investigación:**

Procesos Industriales

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

- Producción para el desarrollo sostenible.
- Investigación de operaciones y de tecnología responsable.

## **TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA**

El tipo de propuesta tecnológica que se desarrolla en este trabajo de titulación es la optimización del proceso de tallado de madera en la fabricación de muebles para el hogar, mediante el diseño y construcción de un prototipo de máquina CNC que permita el grabado automatizado de madera para la empresa “El mundo del Mueble”.

## **2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

### **2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

“Optimización del proceso de tallado en madera para la fabricación de muebles del hogar en la microempresa "El mundo del mueble"”

### **2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE**

**d) Productivo:** El desarrollo de este proyecto tecnológico permitirá a los trabajadores realizar los tallados más complejos en la madera MDF más precisa, con mejores tallados. Lo que permite aumentar la productividad y calidad de muebles tallados en madera.

### **2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO**

07 Ingeniería Industrial y Construcción.

#### **Campo amplio:**

07-A Ingeniería, industria y construcción.

#### **Campo específico:**

2-7A Industria y producción.

#### **Campo detallado:**

7-27A. Diseño Industrial y de procesos

### **2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

El desarrollo de la propuesta tecnológica consiste en optimizar el proceso de tallado de madera, para lo cual se plantea pasar del tallado manual al tallado automatizado mediante el diseño y construcción de un prototipo de máquina CNC que permita realizar el proceso de marcación, perforación y corte de madera de forma precisa, con reducción de desperdicios y con una mayor seguridad para el operador. El proceso de grabado inicia a partir de una plantilla de imagen en formato “jpg” que mediante el programa Inkscape se vectoriza la imagen y se pasa a código G que es guardado con extensión. “ngc” y por medio del software Universal Gcode Sender es

enviada la información al Arduino con firmware GRBL que transforma el archivo G en movimiento sobre los tres ejes x, y, z de los motores paso a paso de la máquina CNC y permite realizar el tallado de la imagen. Este proceso automatizado reduce la exposición de los trabajadores a sufrir accidentes laborales como cortes o raspones con herramientas manuales. Este prototipo será utilizado en el tallado de muebles para el hogar en la microempresa “El mundo del mueble” ya que los diseños de tallado que realizan los trabajadores son en las partes frontales de los almirios que son diseños lineales y lo elaboran con plantillas o moldes, logrando obtener el prototipo construido la máquina CNC accederá a realizar grabados o tallados de calidad en la madera MDF y de diferentes diseños que se beneficiara la microempresa y facilitando una excelente labor a los trabajadores.

## **2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN**

En los siguientes puntos se describen de una manera clara lo que se pretende llevar a cabo mediante el desarrollo de investigación tanto práctico como teórico, determinando la solución al problema que conlleva el proyecto propuesto, permitiendo impartir desde el punto de vista objeto de estudio y campo de acción del proyecto.

### **2.5.1. Objeto de estudio**

El proceso de tallado de madera en la microempresa “El Mundo Del Mueble” en la actualidad los trabajadores lo realizan los diseños de forma manual, es decir aun utilizan moldes para realizar diseños lineales en las partes frontales de los almirios lo cual se genera un maquinado deficiente el tallado del operario, ya que el tallado depende de la destreza o habilidad del trabajador, como también un desperdicio de desbaste a tallar en la madera.

### **2.5.2. Campo de acción**

Para optimizar el proceso de tallado en madera se propone el diseño y construcción de un prototipo de una máquina CNC para el tallado en madera lo que permitiría un tallado mejorando la precisión y calidad en las superficies talladas, los tallados más complejos se realizan más fácilmente, inspección mínima desperdicios reducidos en el área de tallado de madera MDF, favoreciendo a todos los integrantes de la microempresa “El Mundo del Mueble”

## **2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA**

### **2.6.1. Situación problemática:**

En la microempresa “El Mundo Del Mueble”, está ubicada en el sector de la Nueva Aurora en la ciudad de Quito. Producen muebles de hogar de lunes a viernes, la microempresa se dedica a

fabricar armarios para el hogar para sacarlos a la venta, el motivo es que los trabajadores en la área de tallado de madera, lo realizan las mismas rutinas en los diseños de las partes frontales de los armarios, lo cual al efectuar el tallado en la madera surgen problemas en el tallado ya que al momento de ubicar la plantilla o molde los operarios lo plasman sin precisión, aparte que en los bordes de las puertas de los cajones son difíciles de realizar el tallado así mismo se produce una demora en realizar un acabado bien hecho ya que toca estar rectificando hasta obtener un mejor acabado, produciéndose una demora en la entrega de los armarios, por tal motivo resulta difícil poder hacer un grabado excelente y falta de habilidad del operador a tallar, respecto a la modalidad manual.

### **2.6.2. Problema**

En la microempresa “El Mundo el Mueble” se ha observado e identificado que en el área de tallado de madera hay una deficiencia en el tallado como también un desperdicio de materia ya que los trabajadores el momento de realizar el tallado tiene que poner las plantillas para poder realizar el tallado en la madera y solo maquinados lineales es decir solo tallados líneas en la madera así mismo resulta tedioso al momento de realizar los tallado de madera ya que toca estar repasando el acabado hasta obtener un mejor tallado, lo cual resulta difícil tener un tallado bien realizado para los muebles de hogar, que lo realizan los trabajadores de la microempresa “El mundo del Mueble”. Por tales circunstancias se propuso realizar la “Optimización del proceso de tallado en madera para la fabricación de muebles del hogar en la microempresa "El mundo del mueble"” el cual mediante el diseño y construcción de una máquina CNC para el tallado de madera ayudara a los trabajadores a realizar un mejor grabado o tallado en la madera con una gran precisión y grabado de calidad, en el área de tallado de madera MDF ya que no solamente les permitirá realizar tallados lineales sino también diferentes diseños de grabado, como también diseños personalizados de calidad.

### **2.7. FORMULACIÓN DE PREGUNTAS DIRECTRICES**

¿La investigación científico-técnica sobre los diferentes tipos de máquinas CNC permitirá tener una percepción clara sobre los diseños de máquina de tallado en madera?

¿El diseño y construcción del prototipo de máquina talladora reducirá los desperdicios de la materia prima y mejorará la calidad de grabado o tallado?

¿Cuáles son los componentes y materiales de una máquina CNC para el tallado en madera?

## **2.8. OBJETIVOS**

En este punto se plantean los objetivos con los cuales serán los factores fundamentales para poder desarrollar el proyecto y tener la certeza que se lo está ejecutando de tal manera que se logre realizar la máquina CNC para el tallado en madera.

### **2.8.1. Objetivo general**

- Optimizar el proceso de tallado en madera para la fabricación de muebles del hogar en la microempresa “El mundo del mueble”

### **2.8.2. Objetivos específicos**

- ❖ Diseñar un prototipo de una máquina CNC para el proceso de tallado en madera para la fabricación de mueble del hogar.
- ❖ Construir el prototipo de la máquina CNC para el tallado en madera.
- ❖ Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo construido

## 2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

Se realiza las diferentes tareas que conlleva las actividades con respecto a cada objetivo, usando las herramientas correctas, para lograr cumplir los objetivos y tener excelentes resultados con la finalidad de ejecutar y llevar a cabo el proyecto propuesto.

| OBJETIVO  | ACTIVIDADES   | RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD  | TÉCNICAS  | INSTRUMENTOS  |
|---|---|---|---|---|
| <b>Diseñar un prototipo de una máquina CNC para el proceso de tallado en madera para la fabricación de mueble del hogar</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Recopilación información de máquinas que realicen el proceso de tallado en madera.</li> <li>Elección de la mejor alternativa para el diseño del prototipo de máquina CNC.</li> <li>Diseño de las partes y elementos de la máquina.</li> <li>Realiza el montaje de los elementos del prototipo de máquina CNC.</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Información recopilada</li> <li>Software de diseño compatible de la máquina CNC.</li> <li>Partes de la máquina CNC diseñada 3D.</li> <li>El diseño del prototipo de CNC en 3D</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis bibliográficos</li> <li>Investigación</li> <li>Análisis de la información del software CAD.</li> <li>Conocimiento y manipulación del software CAD.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Laptop</li> <li>Libros</li> <li>Documentos científicos</li> <li>Microsoft office</li> <li>Google académico.</li> <li>Programa: Software CAD solidworks 2019.</li> </ul>  |
| <b>Construir el prototipo de la máquina CNC para el tallado en madera.</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Selección los materiales y elementos normalizados.</li> <li>Construcción de los elementos y componentes de la estructura de máquina CNC.</li> <li>Efectúa el montaje de los elementos de la máquina CNC.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Materiales seleccionados para la máquina CNC.</li> <li>Ensamblaje completo de la máquina CNC</li> <li>Máquina CNC construida con los elementos.</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de información sobre los materiales para la máquina CNC</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Laptop</li> <li>Herramientas manuales.</li> <li>Servicios de corte</li> </ul>  |
| <b>Realizar pruebas de funcionamiento.</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Validación del proceso de grabado de la imagen en la hoja de papel.</li> <li>Verificación del proceso de tallado de la imagen a la madera.</li> <li>Revisión de la precisión de la herramienta de corte en el proceso de grabado automatizado.</li> <li>Estudio comparativo del proceso de tallado manual vs proceso semiautomático</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pieza tallada en madera</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Grabado automatizado</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Laptop</li> <li>Microsoft office</li> <li>Navegador Web</li> <li>Programas:</li> <li>INKSCAPE Dibujo Vectorial</li> <li>Universal Gcode Sender</li> <li>Materiales electrónicos.</li> <li>Prototipo CNC</li> </ul> |

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Materia prima**

La madera MDF es aquella madera que es a nivel mundial conocida por sus siglas que significa en inglés (medium density fibreboard) o como también en español tablero de densidad media en cual es un producto que está compuesto principalmente por madera y otros componentes como resina que lo hacen una madera muy fuerte y que es muy utilizadas en las industrias especialmente en las microempresas que fabrican muebles de hogar, y se los puede ocupar en diferentes actividades, este tipo de madera es muy manejable ya que este tipo de madera permite realizar unos mejores diseños y acabados en la elaboración y fabricación de muebles especialmente en el área de tallado de madera. [1] - [2] - [3]

##### **3.1.2 Descripción del tipo de madera**

La madera MDF son tableros prensados en los cuales tienen algunas características, en cual les hace diferentes de las otras maderas ya que este tipo de madera son muy buenas para los acabados, es decir lo que le hace especial a este tipo de madera es que se lo puede realizar diferentes trabajos especialmente para los tallados.

Lo que le caracteriza a este tipo de madera es que también al momento de realizar los acabado o tallados en la madera, se puede añadir otros elementos como sellador lo cual permitirá que la madera absorba, logrando poder realizar los trabajos de tallado de una forma más eficiente y profesional.

Lo que nos brinda este tipo de madera es también que se le puede añadir tornillos y tuercas dependiendo del espesor de estos tableros utilizando un taladro y una broca especialmente para el tornillo permitiendo que la madera no se agriete o raje.

Al momento del armado con este tipo de madera MDF es que al ponerle pegamento es muy resistente logrando resistir hasta una presión de 1.3 toneladas para que pueda ceder. [3]

Es muy importante recalcar que la madera MDF también se puede realizar con las mismas herramientas que se utilizan para la madera maciza y de igual forma, del mismo modo resulta muy buena para las chapas de las puertas, como asimismo para poder realizar pintados sobre este está madera ya que sus superficies o caras son lisas lo que le hace que tenga una buena imagen. [4]

La madera MDF es muy buena madera especialmente para el ensamble de muebles de igual forma para los tallados lo que le hace una de las maderas más utilizadas y reconocidas logrando

sacar al mercado muebles de calidad y diseños diferentes ya que este tipo de madera es manejable en distintas formas principalmente en los tallados y diseños de muebles. [5]

### 3.1.3 Usos comerciales

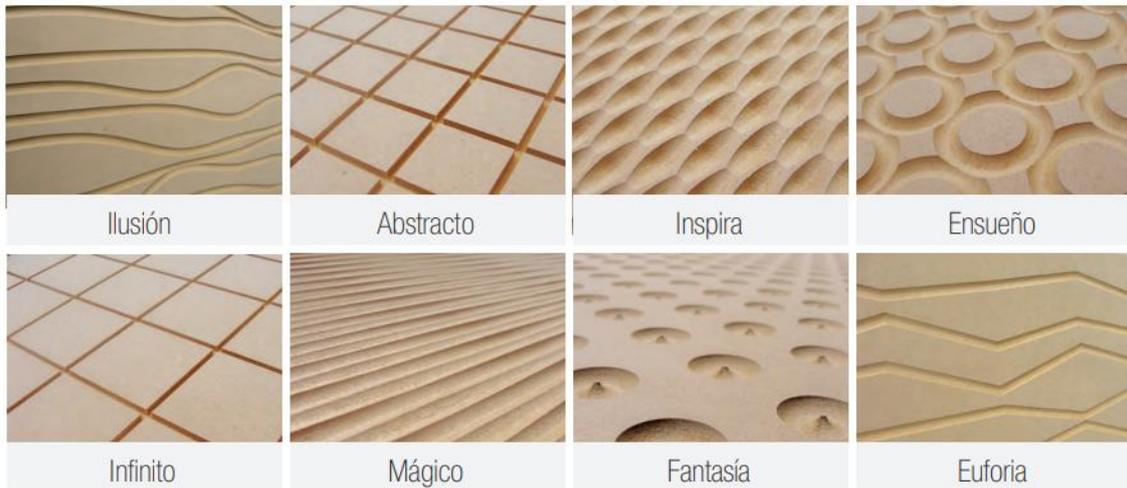
En los usos comerciales de la madera MDF es muy apetecida por los fabricantes de muebles de hogar especialmente en las carpinterías tanto por los usos para el trabajo como se observa en la **tabla 1**.

*Tabla 1 Usos de la madera MDF para el trabajo.*

|  |   |
|--|---|
| <b>Tablero decorativo:</b>                 | Por las propiedades del MDF es posible aplicar lacas y selladores para poder hacer casi cualquier forma con los tableros, es cuestión de creatividad.   |
| <b>Pisos laminados o piso flotante:</b>    | La gran mayoría de piso flotante que se consigue en el mercado está fabricado a base de MDF. Es importante que sea un tablero de alta consistencia y al mismo se le aplica una lámina para generar resistencia al impacto y al desgaste permitiendo que la madera MDF pueda tener más tiempo de duración en un determinado tiempo.                    |
| <b>Puertas y paneles:</b>                  | Facilidad para fabricar cualquier tipo de puerta, ya sea completa de MDF o tamboreada. Por sus propiedades físicas permite hacer ruteo en las caras de la puerta ya que son lisas y manejables.   |
| <b>Mobiliario para el hogar y oficina:</b> | Así como todo mueble modular el MDF nos permite aplicarlo en muebles de cocina, muebles de baño, closets, estanterías y bibliotecas, muebles de habitación, muebles y objetos infantiles, muebles contemporáneos, cualquier mobiliario para oficina, muebles para restaurantes, bares y hoteles, entre otros permitiendo tener diferentes utilidades. |
| <b>Múltiples usos:</b>                     | El MDF también es aplicable para empaques publicitarios, esculturas y arte, señalización y logotipos, manualidades, juguetes didácticos, instrumentos musicales que de igual manera sirven para la educación académica.   |

**Fuente:** [6]

Usos y aplicaciones de la madera MDF para la decoración.



**Gráfico 1** maderas MDF para decoración

**Fuente:** [7]

**Tabla 2** Usos y aplicaciones de la madera MDF para la decoración.

| <b>Características</b>                            | <b>Usos y aplicaciones</b>                         |
|---|--|
| Tableros MDF ruteados para la decoración y diseño | Ideal para interiores                              |
| Espesor: 12, 15 y 18 mm                           | Revestimiento para muebles interiores y exteriores |
| Formato: 6 x 8                                    | Revestimiento de paredes                           |
| Fibraplac   | Baños, cocinas, oficinas                           |
| Fibraplac RH                                      | Locales comerciales                                |
|   | Estands para exhibidores y ferias etc.             |

**Fuente:** [7]

### 3.1.4 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de la madera MDF nos da a conocer que está compuesta este tipo de material de la misma manera no da a conocer los componentes externo que está expuesta esta madera, por consiguiente, es muy importante saber su dureza y resistencia entre otros factores fundamentales para saber a qué lugar o ambiente están expuestas para su degradación o deterioro de la misma, con la finalidad de poder darle una mejor utilidad a la madera y alargar su vida útil.

Se caracterizan por su uniformidad y homogeneidad en todo su espesor, sus caras son lisas y suaves, no presentan problemas para su corte y se mecanizan y molduran con mucha facilidad.

*Tabla 3 Propiedades mecánicas de la madera MDF*

|   |  |
|---|--|
| <b>Densidad</b>   | La norma UNE-EN 316 especifica que su densidad debe ser igual o superior a 450 kg/m <sup>3</sup> , y la norma UNE-EN 622-1 que la tolerancia sobre la densidad media en el interior del tablero será $\pm 7\%$ .   |
| <b>Contenido de humedad</b>   | El tablero se suministrará con un contenido de humedad comprendido entre el 4 y el 10 %.   |
| <b>Estabilidad dimensional</b>                                      | Es un material dimensionalmente estable, más que la madera maciza, que los tableros de fibras duros y semiduros y que los de partículas (porque es más compacto). Esta estabilidad, junto con su capacidad de moldurado hacen que haya desplazado al tablero de partículas y a la madera maciza en muchos usos de interior.  |
| <b>Calidad del encolado y resistencia a la humedad</b>              | Su resistencia frente a la humedad es relativamente baja debido a la capacidad de absorción de agua que tienen las fibras que lo constituyen. Su resistencia se puede mejorar con la incorporación de productos especiales en los adhesivos empleados durante su proceso de fabricación. Estos tableros tienen unas mejores prestaciones o comportamiento frente a la humedad. |
| <b>Durabilidad - Comportamiento frente a los agentes biológicos</b> | La presencia de cola impide que sea atacado por los insectos xilófagos de ciclo larvario (carcomas, polillas, etc.), a los que no sirve de alimento. Su comportamiento se puede mejorar, mediante su tratamiento superficial o por la incorporación de insecticidas y/o fungidas en los adhesivos.   |
| <b>Resistencia al arranque de tornillos (tirafondos):</b>           | Presentan una resistencia elevada al arranque de tornillos (similar a la madera maciza y superior al tablero de partículas). El arranque de tornillos y tirafondos se determina con la norma UNE-EN 320.   |

Fuente: [6]

*Tabla 4 Propiedades mecánicas de la madera MDF*

| <b>Propiedades Mecánicas</b>     |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Resistencia a la flexión.</b> | Aunque existen importantes diferencias entre fabricantes en cuanto a los valores absolutos, de media un MDF tiene mucha más resistencia a la flexión. Por ejemplo, un MDF de 16 mm de espesor tiene una resistencia aprox. de 30 N/mm <sup>2</sup> . Es decir, la de 12 mm de espesor tiene un estimado de resistencia de 22.5 N/mm <sup>2</sup>   |
| <b>Resistencia a la humedad.</b> | Ninguno de los dos materiales tiene una especial resistencia a la humedad. Sin embargo, es más habitual encontrar MDF hidrófugo, que aglomerado hidrófugo.   |
| <b>Peso.</b>                     | El peso del MDF o el aglomerado depende directamente de la densidad. En este sentido existen diferencias entre cada fabricante, aunque en términos generales el MDF suele ser más denso y por tanto más pesado. Por ejemplo, la densidad de un tablero aglomerado de 16mm de espesor suele estar entre los 675-700 kg/m <sup>3</sup> , mientras que un mdf de igual grosor entre 700-720 kg/m <sup>3</sup> y la madera MDF de 12mm de espesor la densidad está estimada por 525 kg/m <sup>3</sup> a 550 kg/m <sup>3</sup> . En este caso en la máquina trabajaría con una longitud de 12 cm x 16 cm y un espesor de 12 mm la densidad sería 226,796 gramos/cm <sup>3</sup> |

**Fuente:** [8]

### **3.1.5 Máquina talladora**

Las máquinas talladoras son aquellas que nos permiten realizar diferentes actividades como son las siguientes; corte, tallado y grabado complejos, consiguiendo realizar mejores diseños o maquinados con una precisión excelente en la madera MDF, especialmente estas máquinas talladoras se ocupan en el área de tallado de madera en la fabricación de muebles, de igual forma nos permite que los trabajadores trabajen de una forma más eficiente ya que es una ayuda para la misma, estas máquinas talladoras de mismo modo logran reducir los tiempos muertos obteniendo una mejor productividad más eficiente que el tallado. [9] - [10]

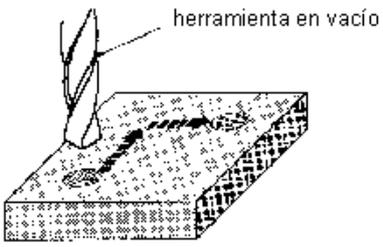
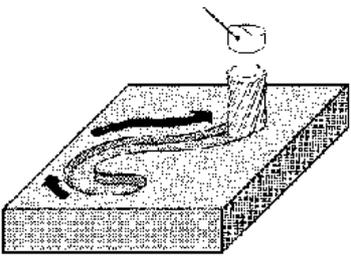
### **3.2.1 Tipos de máquinas talladoras**

Existen diferentes tipos de máquina de talladoras que nos facilitan en el tallado, corte, frezado y grabado en la madera MDF ya que este tipos de máquinas tiene un sistema básico y avanzado

de movimientos los cuales son los fundamentales de tres ejes como el eje “X” que permite los movimiento de lado izquierdo al lado derecho, el eje “Y” que nos permite el movimiento de adelante a hacia atrás y el eje Z que es el que nos da el movimiento de arriba abajo, que son muy utilizadas en las microempresa en el área de tallado de madera especialmente en la fabricación de muebles accediendo a trabajos con más eficiencia y precisión logrando hacer tallado complejos y obteniendo una mejor productividad. [11] - [12]

Dentro de los tipos de máquinas CNC se clasifican en tres que realizan diferentes funciones que observa en la tabla 5.

**Tabla 5** Clasificación de máquinas CNC.

|   |   |
|---|---|
| <p><b>1- Control numérico punto a punto:</b></p> <p>Este tipo de control se utiliza para posicionar la herramienta en los sucesivos puntos donde se realicen una o varias mecanizaciones.</p> <p>La trayectoria para pasar de un punto a otro no es controlada, ya que las funciones de posición y mecanizado son diferentes.</p>   |   |
| <p><b>2- Control numérico Paraxial:</b></p> <p>Con el control numérico paraxial se puede gobernar de forma precisa tanto la posición del elemento que la desplaza (herramienta o pieza) como la trayectoria.</p> <p>Este tipo de control mejora al punto a punto ya que podemos controlar también la trayectoria seguida, pero siempre siguiendo líneas rectas paralelas. A los ejes de la máquina herramienta.</p> |  |
| <p><b>3- Control numérico continuo o por contorneado:</b></p> <p>Este sistema el que más se aplica con más frecuencia en casi todas las máquinas herramientas con CNC. Todos los desplazamientos y trayectorias son controlados, siempre, de una forma precisa.</p>   |  |

**Fuente:** [13] - [14]

Las máquinas se utilizan que más comúnmente se utilizan manejan por, son:

- Fresadoras
- Fresadoras CNC
- Enrutadores

### **Tipos de fresadoras para madera.**

Existen diferentes tipos de máquinas fresadoras que permiten realizar cortes, moldeados, tallados, ranurados en las superficies de la madera, especialmente en el área de tallado en la madera MDF que se las describirá a continuación cada una de estas máquinas fresadoras. [15]

Las máquinas fresadoras se clasifican en tres grandes grupos de acuerdo a la actividad de trabajo y son las siguientes:

1. Fresadoras de superficie
2. Fresadoras de cantos
3. Fresadoras de mesa

Los enrutadores de superficie son las más comunes, pero se dividen en dos que son la fresa de inmersión y la fresa base fija como se muestra en el **grafico 2**.



 **TECNITOOL**

*Gráfico 2 Tipos de fresadoras para la madera.*

**Fuente:** [15]

Tipos de fresadoras para madera: superficiales (inmersión y fijas), de cantos y estacionarias (de mesa).

*Tabla 6 Tipos de fresadora para la madera.*

|  |
|--|
| <p><b>1. Fresadoras de superficie</b></p> <p>Aunque se llamen así, estas fresadoras sirven para más tareas que el fresado de superficies: tallar perfilaría, practicar rebajes, hacer ranuras, etc. Son máquinas relativamente pesadas y potentes que están diseñadas para utilizarse con las dos manos. Las hay de dos tipos: de inmersión (con columnas y resortes) o de base fija.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Fresadoras de inmersión</b></li></ul> <p>La fresadora de inmersión es, probablemente, la más versátil de todas. Para comenzar el corte el usuario empuja la máquina hacia abajo desde sus empuñaduras laterales. Es entonces cuando la fresa desciende y comienza a cortar la madera en la <b>Gráfico 2 A</b>.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Fresadoras de base fija</b></li></ul> <p>Esta fresadora para madera debe comenzar a fresar desde los bordes, sus mangos están situados más cerca de la base lo que permite un mayor control y estabilidad al fresar. Se suele utilizar para uso profesional en la industria de la carpintería y ebanistería en la <b>Gráfico 2 B</b>.</p> |
| <p><b>2. Fresadoras de cantos</b></p> <p>Las fresadoras de cantos, como su nombre indica, no están diseñadas para el fresado de superficies sino el de cantos de tableros y listones. Su diseño del cuerpo está optimizado para reducir su peso y que resulten muy manejables. De hecho, en muchos casos se pueden utilizar con una sola mano. Como las anteriores, son fresadoras muy versátiles que pueden utilizar una gran variedad de fresas y accesorios para hacer diferentes tareas en la <b>Gráfico 2 C</b>.</p>  |
| <p><b>3. Fresadoras estacionarias de mesa o de control numérico</b></p> <p>Finalmente, llegamos a las fresadoras de mesa, que se diferencian de las anteriores porque son estacionarias. En este grupo podemos encontrar dos tipos de máquinas: las manuales y las de control numérico o CNC en la <b>Gráfico 2 D</b>.</p>   |

**Fuente:** [15]

“Tanto las fresadoras de control numérico como las manuales están indicadas para el fresado repetitivo de piezas. Las primeras se utilizan manualmente mientras que las segundas están completamente automatizadas, en este caso, un robot o autómatas programables operan sobre los diferentes órganos y motores para controlar la tarea de fresado en su totalidad. Estas máquinas son mucho más costosas que las anteriores y se utilizan solo en industria (CNC) o carpinterías y ebanisterías manuales” como se observa en el **grafico 3** [15]



*Gráfico 3 máquina fresadora de control numérico CNC de 3 ejes*

**Fuente:** [15]

### **3.2.2 Estudio y selección de alternativas**

A través método de estudio de alternativas ponderado de diseño propuesto por el autor Carlos Riba, permite establecer diferentes soluciones específicas que mediante su estudio da a escoger la mejor solución para poder realizar el diseño de un producto que se está fabricando de una forma más concreta que se presenta a continuación. [16, p. 60]

#### **Caso 1**

Prototipo de una máquina CNC para el tallado en la madera.

El presente proyecto es realizar el diseño y construcción de un prototipo de una máquina CNC para el tallado de madera para la microempresa “El Mundo del Mueble”

Por lo cual a continuación se va presentar diferentes soluciones para escoger una de las mejores alternativas a través a lo conceptual, por lo cual este diseño es con la finalidad de realizar mejores diseños en la madera es decir realizar mejores tallados en la madera y facilitar a los

trabajadores a realizar su actividad en el área de tallado de madera de la microempresa El Mundo del Mueble”

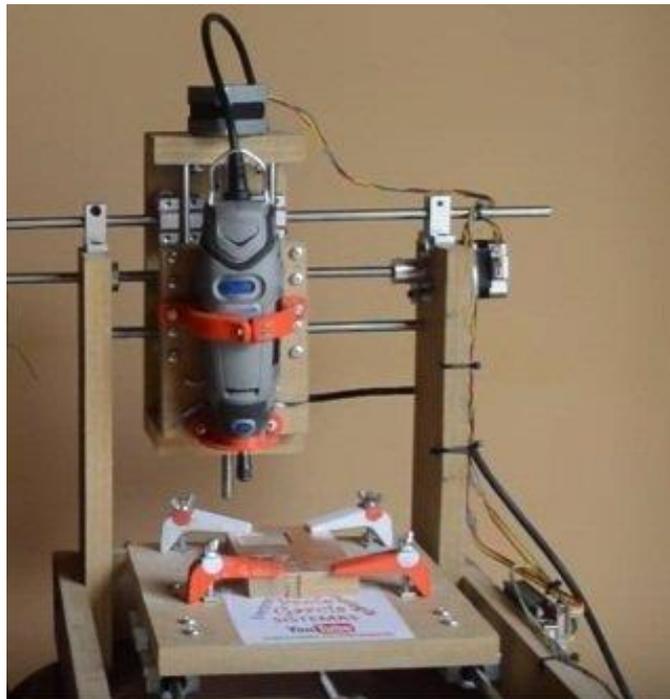
Se basa en unas tablas donde cada criterio (o solución, para un determinado criterio) se confronta con los restantes criterios (o soluciones) y se asignan los valores.

- **1** si el criterio (o solución) de las filas es mejor; que el de las columnas
- **0,5** si el criterio (o solución) de las filas es equivalente al de las columnas
- **0** si el criterio (o solución) de las filas es inferior que el de las columnas

Luego, para cada criterio (o solución), se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios (o soluciones) al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio (o solución). [16, p. 60]

Por consiguiente, mediante las principales alternativas generadas a continuación a través del diseño conceptual, algunos realizan el tallado y diseños de forma lineales, mientras que otros realizan un mejor tallado de diferentes ejes, por lo cual son los encargados de ajustar a cada situación.

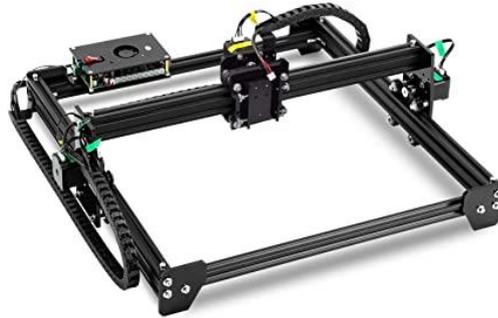
**Alternativa A:** Máquina CNC de 3 ejes con husillo.



*Gráfico 4 máquina CNC de 3 ejes con husillo*

**Fuente:** [17]

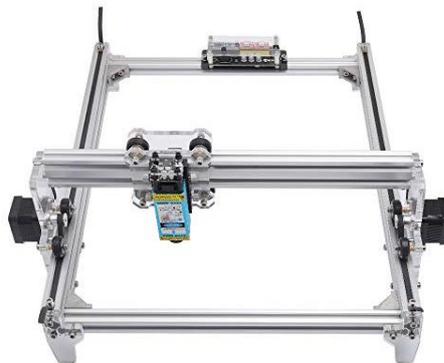
**Alternativa B:** Máquina CNC de 2 ejes con poleas



*Gráfico 5 máquina CNC de 2 ejes con poleas.*

**Fuente:** [18]

**Alternativa C:** Máquina CNC de 2 ejes con ruedas.



*Gráfico 6 máquina CNC de 2 ejes con ruedas.*

**Fuente:** [19]

**Alternativa D:** CNC 6040 a Router Máquina Fresadora Madera Metal 3 Ejes



*Gráfico 7 CNC 6040a Router Máquina Fresadora Madera Metal 3 Ejes precio*

**Fuente:** [20]

Los criterios de valoración que se consideraron más determinantes fueron:

- a) Por precisión, ya que la máquina tiene que realizar tallado en la madera con exactitud y dar buenos resultados deseados.
- b) Por el peso ya que la máquina tiene que ser transportable y debe ser manejado por los trabajadores
- c) Por intercambio de elementos mecánicos para poder realizar algunos cambios en la máquina si dificultad
- d) Por el precio moderado, ya que la máquina, ya que es una máquina prescindible que tan solo será adquirido por las microempresas que fabrican muebles de hogar

- **Alternativa del peso específico de cada criterio**

*Tabla 7 Alternativa del peso específico de cada criterio.*

| <b>Precisión &gt; Peso &gt; Intercambio de elementos mecánicos = Precio</b> |                  |             |   |               |                              |                |
|---|------------------|-------------|---|---------------|------------------------------|----------------|
| <b>Criterio</b>   | <b>Precisión</b> | <b>Peso</b> | <b>Intercambio de elementos mecánicos</b> | <b>Precio</b> | <b><math>\sum + 1</math></b> | <b>Pondera</b> |
| <b>Precisión</b>  |                  | 1           | 1   | 1             | 4                            | 0,4            |
| <b>Peso</b>   | 0                |             | 1   | 1             | 3                            | 0,3            |
| <b>Intercambio de elementos mecánicos</b>                                   | 0                | 0           |   | 0,5           | 1,5                          | 0,15           |
| <b>Precio</b>   | 0                | 0           | 0,5                                       |               | 1,5                          | 0,15           |
|   |                  |             |   | <b>Suma</b>   | 10                           | 1              |

**Fuente:** (Elaboración propia)

Evaluación de los pesos específicos del criterio de las distintas soluciones para cada criterio.

- **Alternativa del peso específico del criterio precisión**

*Tabla 8 Alternativa del peso específico del criterio precisión.*

| <b>Alternativa A &gt; Alternativa B &gt; Alternativa C &gt; Alternativa D</b> |                 |                 |                 |                 |                              |                |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|----------------|
| <b>Precisión</b>  | <b>Alter. A</b> | <b>Alter. B</b> | <b>Alter. C</b> | <b>Alter. D</b> | <b><math>\sum + 1</math></b> | <b>pondera</b> |
| <b>Alternativa A</b>  |                 | 1               | 1               | 1               | 4                            | 0,364          |
| <b>Alternativa B</b>  | 1               |                 | 0,5             | 1               | 3,5                          | 0,318          |
| <b>Alternativa C</b>  | 0,5             | 0               |                 | 1               | 2,5                          | 0,227          |
| <b>Alternativa D</b>  | 0               | 0               | 0               |                 | 1                            | 0,091          |
|   |                 |                 |                 | suma            | 11                           | 1              |

**Fuente:** (Elaboración propia)

- Evaluación del peso específico del criterio peso

*Tabla 9 Alternativa del peso específico del criterio peso.*

| <b>Alternativa C &gt; Alternativa D &gt; Alternativa A &gt; Alternativa B</b> |                 |                 |                 |                 |                              |                |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|----------------|
| <b>Peso</b>   | <b>Alter. A</b> | <b>Alter. B</b> | <b>Alter. C</b> | <b>Alter. D</b> | <b><math>\sum + 1</math></b> | <b>pondera</b> |
| <b>Alternativa A</b>  |                 | 0,5             | 1               | 0               | 2,5                          | 0,227          |
| <b>Alternativa B</b>  | 0,5             |                 | 0,5             | 0               | 2                            | 0,182          |
| <b>Alternativa C</b>  | 0,5             | 1               |                 | 1               | 3,5                          | 0,318          |
| <b>Alternativa D</b>  | 0,5             | 0,5             | 1               |                 | 3                            | 0,273          |
|   |                 |                 |                 | suma            | 11                           | 1              |

Fuente: (Elaboración propia)

- Alternativa del peso específico del criterio de intercambio de elementos mecánicos

*Tabla 10 Alternativa del criterio de intercambio de elementos mecánicos.*

| <b>Alternativa A &gt; Alternativa B = Alternativa C &gt; Alternativa D</b> |                 |                 |                 |                 |                              |                |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|----------------|
| <b>Intercambio de elementos mecánicos</b>                                  | <b>Alter. A</b> | <b>Alter. B</b> | <b>Alter. C</b> | <b>Alter. D</b> | <b><math>\sum + 1</math></b> | <b>pondera</b> |
| <b>Alternativa A</b>   |                 | 1               | 1               | 1               | 4                            | 0,364          |
| <b>Alternativa B</b>   | 0,5             |                 | 0,5             | 1               | 3                            | 0,273          |
| <b>Alternativa C</b>   | 0,5             | 0,5             |                 | 1               | 3                            | 0,273          |
| <b>Alternativa D</b>   | 0               | 0               | 0               |                 | 1                            | 0,091          |
|  |                 |                 |                 | suma            | 11                           | 1              |

Fuente: (Elaboración propia)

- Alternativa del peso específico del criterio precio

*Tabla 11 Alternativa del peso específico del criterio precio.*

| <b>Alternativa A = Alternativa B &gt; Alternativa C &gt; Alternativa D</b> |                 |                 |                 |                 |                              |                |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|----------------|
| <b>Precio</b>  | <b>Alter. A</b> | <b>Alter. B</b> | <b>Alter. C</b> | <b>Alter. D</b> | <b><math>\sum + 1</math></b> | <b>pondera</b> |
| <b>Alternativa A</b>   |                 | 0,5             | 1               | 1               | 3,5                          | 0,318          |
| <b>Alternativa B</b>   | 0,5             |                 | 1               | 1               | 3,5                          | 0,318          |
| <b>Alternativa C</b>   | 0,5             | 0,5             |                 | 1               | 3                            | 0,273          |
| <b>Alternativa D</b>   | 0               | 0               | 0               |                 | 1                            | 0,091          |
|  |                 |                 |                 | suma            | 11                           | 1              |

Fuente: (Elaboración propia)

Y los cálculos de la tabla de conclusiones.

- **Tabla de conclusiones**

*Tabla 12 Tabla de conclusiones.*

| <b>Criterio</b>          | <b>precisión</b> | <b>peso</b> | <b>Intercambio<br/>de<br/>elementos<br/>mecánicos</b> | <b>precio</b> | $\Sigma$  | <b>pondera</b> |
|--------------------------|------------------|-------------|---|---------------|-----------|----------------|
| <b>Alternativa<br/>A</b> | 0,14545          | 0,06818     | 0,055   | 0,0477272     | 0,3159090 | <b>1</b>       |
| <b>Alternativa<br/>B</b> | 0,12727          | 0,05454     | 0,041   | 0,0477272     | 0,2704545 | <b>2</b>       |
| <b>Alternativa<br/>C</b> | 0,09090          | 0,09545     | 0,041   | 0,0409090     | 0,2681818 | <b>3</b>       |
| <b>Alternativa<br/>D</b> | 0,0363           | 0,08181     | 0,014   | 0,013636      | 0,1454545 | <b>4</b>       |

**Fuente:** (Elaboración propia)

A través de los criterios ponderados determinamos que la mejor alternativa es la A que es precisamente la que cumple con las expectativas necesarias, mientras que la solución B, solución C y la solución quedan muy lejos de las expectativas requeridas para nuestra máquina CNC para el tallado en la madera.

### 3.2.3 Diseño

Para el diseño de nuestra estructura del prototipo de la máquina CNC para el tallado en la madera se utilizó el software Solidworks.

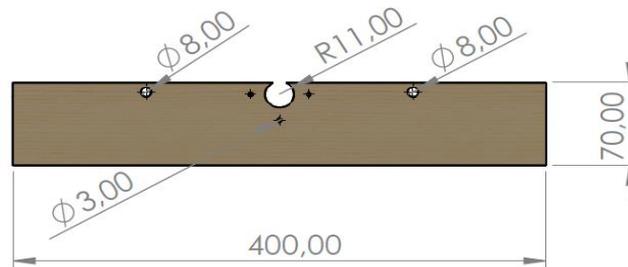
#### **Diseño del prototipo de la máquina CNC para el tallado en la madera**

Solidworks es uno software más utilizados en las ingenierías para diseños ya que este software permite realizar diseños CAD en 3D, tiene diferentes herramientas que le hacen ser un programa muy eficiente logrando obtener modelos y diseños excelentes, posee la capacidad de ejecutar ensamblar los productos diseñados.

Para el diseño de la estructura del prototipo de la máquina se utilizó el software solidworks ya que me da la facilidad de realizar las diseños en 3D y de calidad sin ningún problema, el cual a través de sus herramientas que posee solidworks, obtuve como resultado las partes de la

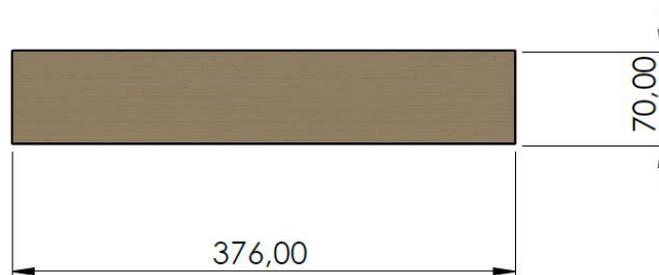
estructura de la misma, sin embargo hay que recalcar que el software también me da la facilidad de luego poder ensamblar las partes de la estructura y elementos que van anclados al prototipo de máquina lo que le hace eficiente. [21] - [22]

**Diseño del prototipo de la máquina CNC para el tallado de madera para la microempresa” EL Mundo del Mueble”**



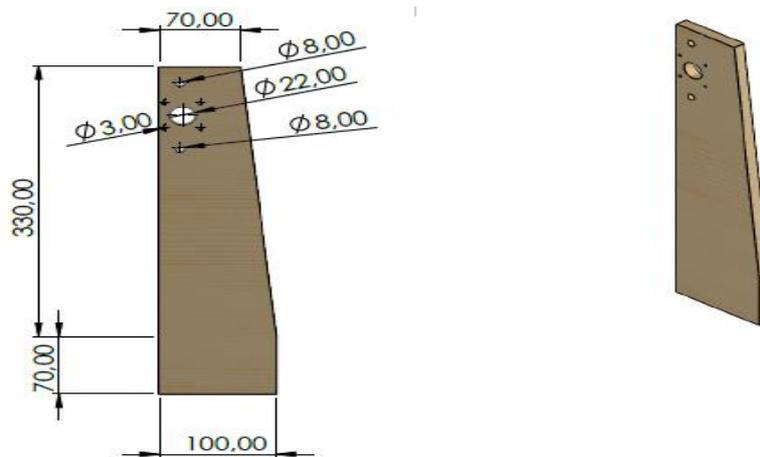
*Gráfico 8 Pieza frontal base de la estructura del prototipo de la máquina CNC.*

**Fuente:** (Elaboración propia)



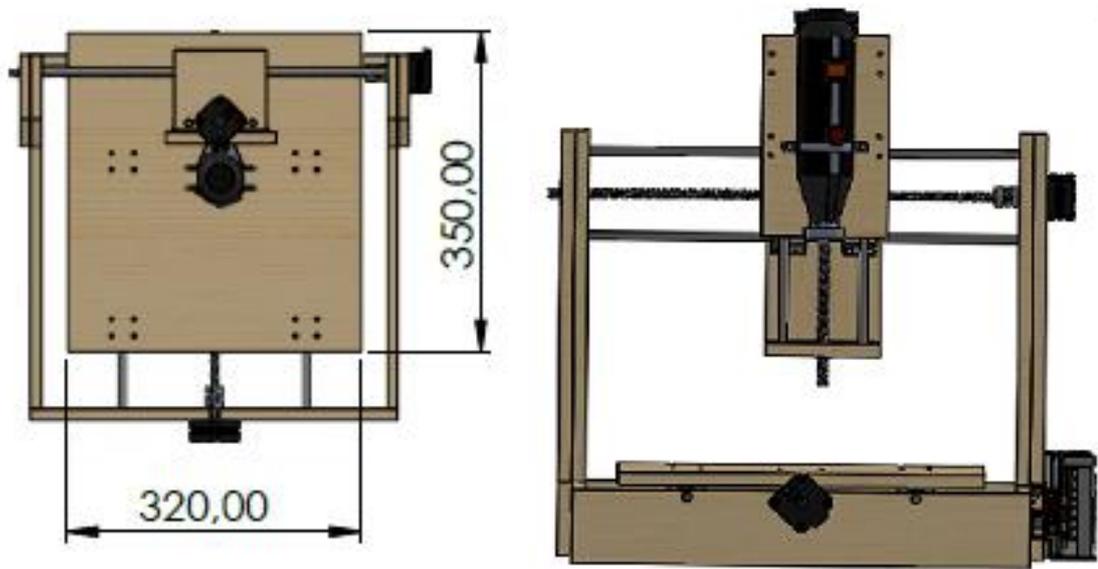
*Gráfico 9 Parte lateral base de la estructura del prototipo de la máquina CNC.*

**Fuente:** (Elaboración propia)



*Gráfico 10 Postes laterales de la parte trasera de la estructura de la máquina CNC.*

**Fuente:** (Elaboración propia)



*Gráfico 11 Parte base superior de la estructura del prototipo de la máquina CNC.*

**Fuente:** (Elaboración propia)

En las presentes imágenes mostradas anterior mente se muestran los diseños de la estructura del prototipo de la máquina CNC para el tallado en la madera para mejor observación ver en el anexo 1, y se demoró en realizar el diseño de la máquina y montaje de los elementos alrededor de 20 horas.

### **3.2.4 Selección de elementos y materiales del prototipo de la máquina CNC**

- **Madera mdf**



*Gráfico 12 Madera MDF espesor de 12mm*

**Fuente:** [23]

Se utilizó una plancha de madera MDF de L 100 cm x 100cm con un espesor de 12mm para realizar la estructura ya que es un buen material y sobre todo económico para realizar el prototipo de la máquina CNC.

- **Motor pasos bipolar nema17**



*Gráfico 13 Motor pasó a paso bipolar nema 17 / 12V / 0,4A / 1,8\*Paso*

**Fuente:** [24]

Los motores bipolares paso a paso de nema 17 es un elemento electromecánico que a través de un controlador permite que los motores den una serie de impulsos sea anti horario o horario ya que posee dos bobinas internas y cuatro cables de salida para su debido cambio de dirección por lo cual se necesita dos puentes H para lograr controlar los movimientos a tales grados de pasos. [25]

- **Arduino uno r3 más cable**



*Gráfico 14 Arduino Uno R3 + cable USB*

**Fuente:** [24]

La placa Arduino uno R3 en si es un micro controlador, de una plataforma de código abierto, ya que cuenta con el Atmega8U2, el cual a través de una computadora o laptop permite cargar cierta programación específica mediante un cable USB, así mismo accederá a desarrollar

proyectos y modificaciones ya que también tiene hardware y software logrando que de alguna manera poder personalizar lo que ya se lo había programado sin ninguna dificultad. [26]

**Tabla 13** Características técnicas del Arduino Uno R3

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Micro controlador           | ATmega328P                                       |
| Tensión de funcionamiento   | 5V   |
| Voltaje de entrada          | 7-12V  |
| Voltaje de entrada (límite) | 6-20V  |
| Digital pines I/O           | 14 (de los cuales 6 proporcionan una salida PWM) |
| PWM digital pines I/O       | 6  |
| Pines de entrada analógica  | 6  |
| Longitud                    | 68,6 mm  |
| Anchura                     | 53,4 mm  |
| Peso                        | 25 g   |

**Fuente:** [26]

- **Shield CNC**



**Gráfico 15** Shield CNC

**Fuente:** [24]

La Shield CNC es un acople que va anclado con el Arduino uno R3 el cual es una pequeña placa que permite controlar hasta 4 controladores, en este caso controlara los 3 motores paso a paso de nema 17 el cual través de la información programada enviada del Arduino uno R3 a la Shield CNC traducirá esa información a código G y enviara a los drivers A4988 para que los drivers envíen señales eléctricas a los motores paso a paso. [27]

- **Drivers A4988**



*Gráfico 16 Driver A4988*

**Fuente:** [24]

El driver es un dispositivo electrónico el cual es un circuito que permite controlar a los motores paso a paso bipolar a través del controlador, ya que los drivers poseen limitaciones de corriente como también protección de que no se sobre caliente y exceso de consumo y pueda garantizar un buen funcionamiento correcto.

Primeramente, para ponerlos en funcionamiento a los drivers se los realiza una regulación a los drivers a cada uno se le deja en 0,32 V de voltaje, una vez ajustado, la Shield CNC se encarga de mandar señales eléctricas a los drivers para que mande la correcta corriente a los motores paso a paso bipolares de acuerdo a la programación establecida, para que realicen los movimientos establecidos y el dremel realice el grabado en la madera. [28]

- **Acoples Flexibles 8mm - 5mm**



*Gráfico 17 Acople flexible D 8 mm*

**Fuente:** [24]

Los acoples flexibles son aquellos elementos que permiten unir a los ejes con los motores paso a paso. Por lo cual se utilizaron 6 acoples flexibles de D 8mm Y L 5mm para el eje Y, eje X y eje Z permitiendo conectar de los motores pasó a paso bipolares a los tornillos sin fin de una manera correcta y fácil. [29]

- **Rodamiento 8mm**



*Gráfico 18 Rodamiento D 8mm*

**Fuente:** [24]

Los rodamientos son elementos que permite que los ejes puedan girar de una manera libre sin dificultad. En la máquina se utilizaron 3 rodamiento de D 8 mm los cuales están anclados en el eje “X”, en el eje “Y” y en el eje “Z” para que los 3 tornillos sin fin de d 8mm se encaje en el cojinete para que pueda girar de una manera autónoma permitiendo que los motores bipolares no piedad pasos. [30]

- **Rodamiento lineal de bolas 8mm**



*Gráfico 19 Rodamiento lineal de bolas D 8mm*

**Fuente:** [24]

El rodamiento lineal de bolas es aquel elemento que permite que el movimiento sea lineal cuando el eje entre en contacto con el rodamiento lineal. En la construcción de la máquina se utilizaron 12 rodamientos lineales de bolas de D 8 mm los cuales en la estructura de la máquina CNC, se colocaron en las áreas bases internas de la máquina en los tres ejes X, Y, y Z es decir 4 rodamientos lineales de bolas en el eje “X”, cuatro rodamientos lineales de bolas en el eje “Y” y cuatro rodamientos lineales de bolas en el eje “Z”, para acoplarlos con los ejes acerados de cada eje correspondiente, por consiguiente esto hará que sea una guía lineal, un movimiento rígido, una estabilidad una alta precisión al momento del maquinado. [31]

- **Ejes acerados 4 ejes de 8mm 40cm y 2 ejes de 8 mm 30cm**



*Gráfico 20 Eje acerado de D 8mm*

**Fuente:** [24]

El eje es aquel elemento que permite conducir o guiar al movimiento a una pieza o conjunto de elementos. A través de la construcción de la máquina se utilizaron 4 ejes acerados de D8 mm x L40cm, que van dos en el eje X y dos ejes acerados en el eje Y mientras que los 2 ejes acerados de D8 mm x L30cm van en el eje Z los cuales van anclados de una manera fija para que los rodamientos lineales van encajados y puedan las áreas bases de cada eje (X, Y e Z) puedan movilizarse de una manera más precisa. [32]

- **Tuerca de bronce más camisa D 8mm**



*Gráfico 21 tuerca de bronce más la camisa D 8mm*

**Fuente:** [24]

Las tuercas de bronce más la camisa estos elementos es un conjunto o acople el cual sirven de guía para el tornillo sin fin de cuatro entradas. En la construcción de la máquina CNC se utilizaron tres tuercas de D 8mm más la camisa en cada tuerca, estos elementos van encajados de una manera fija en cada parte base interna de cada eje X, Y, Z el cual sirve de guía para el tornillo sin fin de D 8mm de la máquina CNC. [33]

- **Tornillos sin fin de 4 hilos: 2 tornillos de D8mm- L40cm/ 8mm\*giro y 1 tornillo sin fin de 8mm D – L 30cm.**



*Gráfico 22 Tornillo sin fin D 8mm DE 4 hilos*

**Fuente:** [24]

El tornillo sin fin o husillo es un elemento más utilizado para el mecanismo en los proyectos mecánicos el cual este elemento está formado como un tornillo helicoidal por lo cual permite una transmisión de movimientos entre ejes de manera perpendicular entre sí. En la máquina se lo utiliza 2 tornillos sin fin de D 8mm x L40cm para el eje “X” y “Y” y un tornillo sin fin de D 8mm x 30cm en el eje “Z” que van acoplados con el acople flexibles junto con el motor paso a paso bipolar. [34]

- **Brocas o fresas de corte CNC para madera**



*Gráfico 23 Brocas de corte CNC mm*

**Fuente:** [35]

Las brocas o fresas CNC sirven para realizar desbastes en las superficies de la madera logrando tener mejores acabados en la madera. Las brocas CNC también se utilizan en el prototipo de la máquina CNC ya que esta broca CNC en conjunto con el dremel serán los que desbastarán la

madera logrando realizar el diseño programado logrando obtener grabado y cortes de calidad. [36]

- **Ingco tipo dremel 130W**



*Gráfico 24 Ingco tipo Dremel 130W*

**Fuente:** [37]

*Tabla 14 Descripción Ingco tipo dremel.*

|   |
|---|
| • Mototool Ingco tipo dremel 130W             |
| • Modelo UMG1308                              |
| • Herramienta multi – propósito               |
| • Voltios: 110-120v ~60hz                     |
| • Potencia de entrada: 130W                   |
| • Velocidad sin carga: 10000 – 32000 rpm      |
| • Tamaño de pinza: 3.2mm                      |
| • Velocidad variable para diferentes trabajos |
| • Pieza de eje flexible                       |
| • Accesorios de 52 piezas                     |

**Fuente:** [37]

El Dremel es una herramienta que permite realizar diferentes funciones, hoy en día es muy utilizada en las microempresas que realizan trabajos artesanales ya que contiene diferentes elementos que le permiten realizar funciones como lijar, taladrar, cortes entre otros. En la construcción de la máquina se utilizó el Ingco tipo dremel 130W ya que fue un elemento indispensable el cual se lo acopla con la broca de carburo ya que con los motores paso a paso bipolares realizaran los movimientos y el dremel por consiguiente realice el fresado sobre la superficie de la madera de acuerdo al diseño programado, logrando tener como resultado un tallado o grabado más perfecto y de calidad en la madera MDF. [38] - [39]

- **Fuente de poder.**



*Gráfico 25 Fuente de poder de 12V 10A / modelo S-120-12*

**Fuente:** [40]

La fuente de poder es aquella que permite regular la energía eléctrica así mismo convierte de energía AC a energía DC por lo cual permite actuar como un transformador para enviar los voltajes y corriente necesaria hacia los dispositivos con la finalidad que no se produzca sobrecargas y de igual forma sirve como protección asegurando los elementos eléctricos que remiten dicha energía.

En la máquina CNC se utiliza una fuente de poder Modelo S-120-12 de Output de 12V – 10A el cual recibe una entrada de energía de 110V el cual permite transformar a 12V que es conectada a la Shield CNC y esta manda energía a los drivers A4988 para que esta misma mande señales eléctricas a los motores paso a paso bipolares y puedan ejercer los movimientos de acuerdo a lo programado en los 3 ejes X, Y, Z y por ende el dremel ejerza el fresado en la superficie de la madera MDF. [41] - [42]

- **Tornillos M3x25mm**



*Gráfico 26 Tornillo M3x25mm*

**Fuente:** [43]

Los tornillos M3 X25mm nos permitieron para la sujetar los elementos del prototipo con la estructura es decir se utilizaron para acoplar los elementos del prototipo.

- **Tornillos MDF**



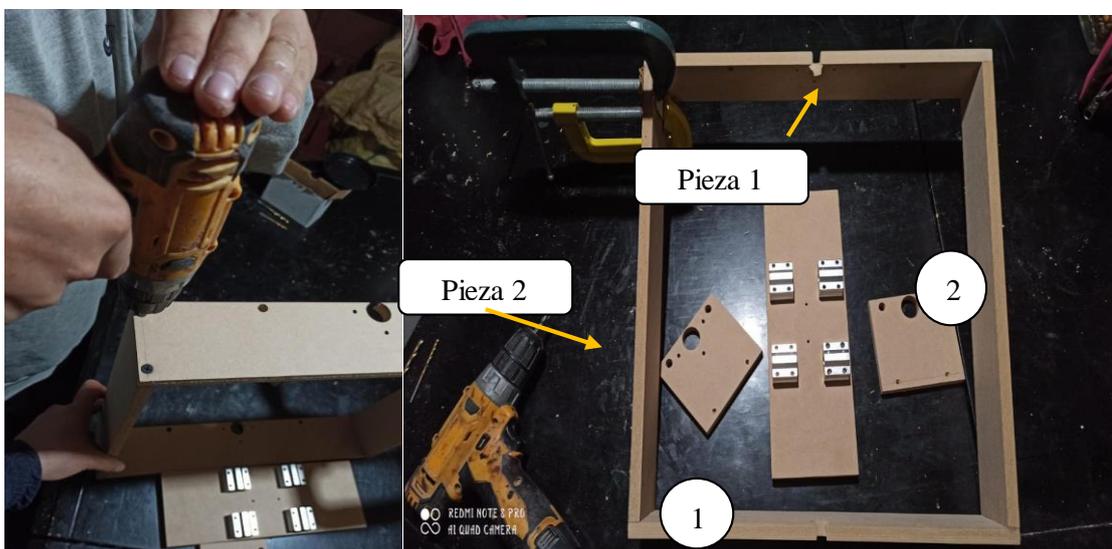
*Gráfico 27 Tornillos MDF*

**Fuente:** [44]

Se utilizaron los tornillos MDF para realizar el ensamble de la estructura de del prototipo de la máquina CNC, que es si nos permite una mejor sujeción.

### 3.3.1 Construcción y montaje de los elementos del prototipo de la máquina CNC.

A continuación, se presentará el proceso de la construcción de la máquina CNC para el tallado en madera como es su estructura principalmente hasta sus elementos ensamblados.



*Imagen 1 Ensamble de la piza 1 con la pieza 2.*

**Fuente:** (Elaboración propia)

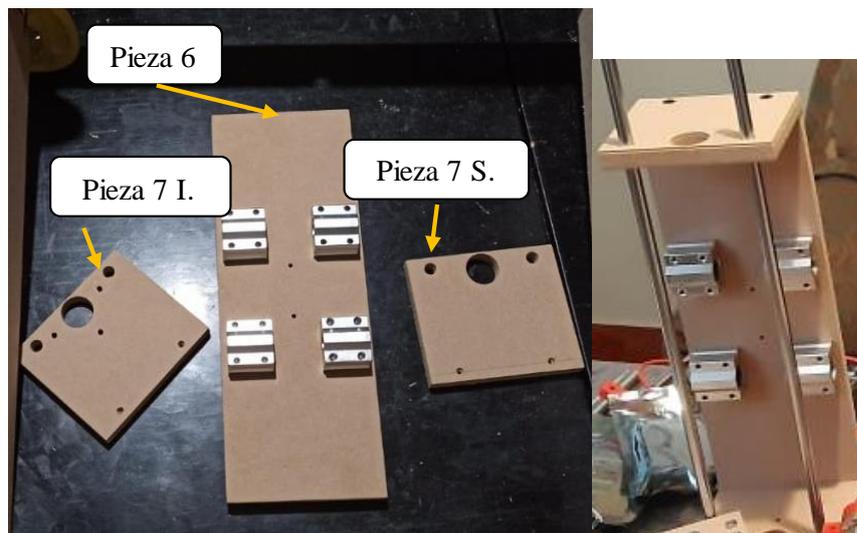
Se realizo el ensamble de las pizas 1 frente y trasera base con pieza 2 de los lados lateral base que se realizó con un taladro Ingco inalámbrico que se muestra en la **imagen 1**.



**Imagen 2** Ensamble de la pieza 7 base del eje “Y” de la máquina CNC.

**Fuente:** (Elaboración propia)

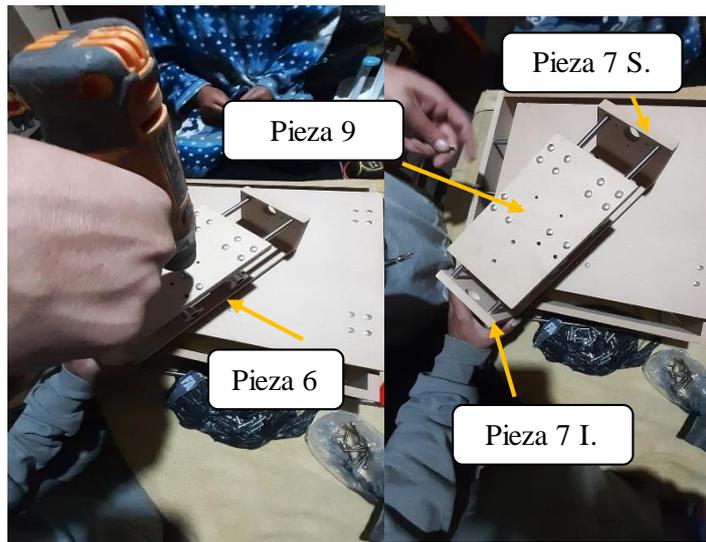
Se realizo el ensamble de la pieza 7 base del eje Y junto con los dos ejes acerados, el husillo y un motor paso a paso para el eje Y que se muestra en la **imagen 2**.



**Imagen 3** Ensamble de la pieza 6 con las dos piezas 7 del eje Z

**Fuente:** (Elaboración propia)

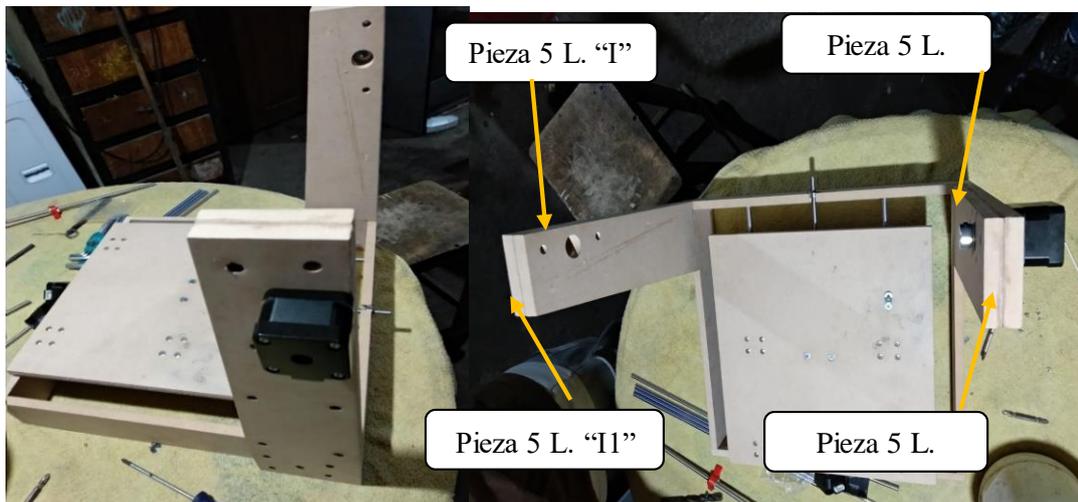
A continuacion se realizo el ensamble de la pieza 6 con las dos piezas 7 inferior y superior el cual se realizo con el taladro inalambrico Ingco junto los los 2 rodamiento lineales D 8mm y ejes acerados, que se observa en la **imagen 3**.



**Imagen 4** Ensamble de la pieza 9 junto con las piezas 6 y las dos piezas 7

**Fuente:** (Elaboración propia)

A continuación presentamos el ensamble de la pieza 9 base del dremel junto con las piezas 6 base y las dos piezas 7 superior e inferior ya ensambladas con los dos ejes acerados, un rodamiento, 4 rodamientos líneas de bolas, un tornillo sin fin y el acople flexible con el motor paso a paso bipolar del eje Z el cual permitirá que toda esta parte ensamblada movilizarse por el eje X que se observa en la **imagen 4**.

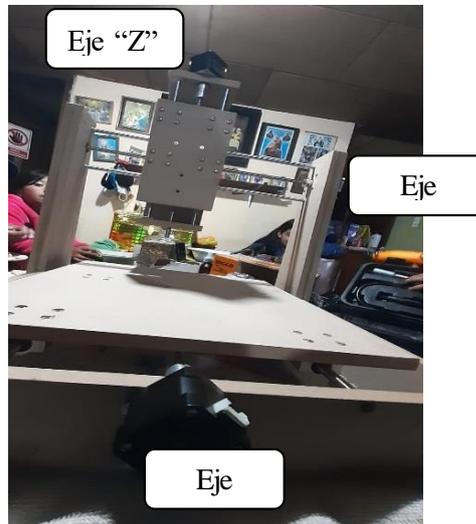


**Imagen 5** Ensamble de las piezas 5 laterales junto con las piezas 5 laterales.

**Fuente:** (Elaboración propia)

A continuación realizamos el ensamble de las piezas 5 lateral izquierdo "I" acoplada con la pieza 5 "II" de y del lateral derecho las piezas 5 "D" ajustada con la pieza 5 "D1" postes laterales del eje "X" que esta ensambladas en la parte trasera de la estructura base mencionada

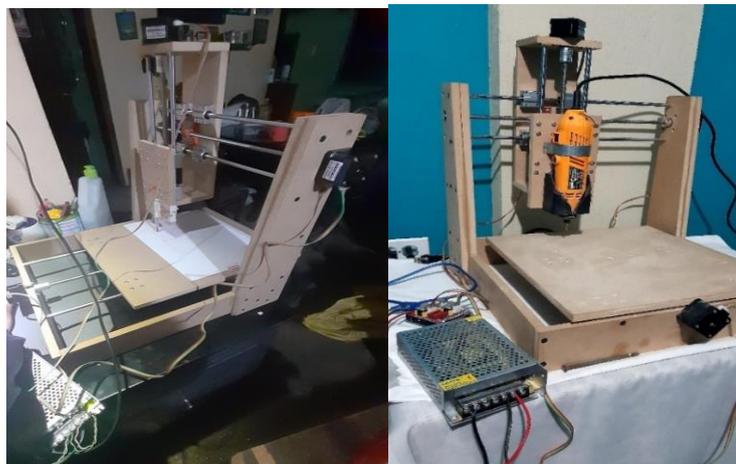
anteriormente del eje “Y” que se lo tornillos mediante un taladro para que quede un solo cuerpo es decir la estructura de la máquina CNC que se observa en la **imagen 5**.



**Imagen 6** Estructura de la máquina CNC construida X, Y, Z

**Fuente:** (Elaboración propia)

A continuación presentamos la estructura de la máquina construida con los tres ejes “X, Y y Z” acoplados con los motores paso a paso bipolres, ejes acerados, tornillos sin fin, rodamientos, tuercas con las camisas y rodamientos lineales de bola que se observa en la **imagen 6**.



**Imagen 7** Máquina CNC construida con todos los elementos acoplados.

**Fuente:** (Elaboración propia)

Finalmente una ves construida la estructura de la máquina se prosedió a ensamblar los demas elementos electricos como el arduino uno R3, las Shield CNC, los drivers A4988, la fuente de poder modelo S-120-12 de Output de 12V – 10A y del Ingco tipo dremel, que sería el final de la construcción de la máquina con todos sus elementos como se observa en la **imagen 7**. Se

demoró rededor de 20 horas para ensamblar el prototipo de la máquina con los elementos eléctricos y otros dispositivos.

### Formulas y cálculo para el tallado o fresado.

A continuación se presentan los datos con las respectivas unidades para que luego posteriormente a través de las distintas fórmulas se pueda realizar los cálculos correctivos para el tallado que se puede observar con más detalle en la **tabla 15**.

*Tabla 15 Parámetros de corte de tallado*

| Parámetros  | Datos | Unidades         |
|---|-------|------------------|
| Velocidad de corte ( $V_c$ )  | 0,05  | m/min            |
| Diámetro de la fresa ( $D_c$ )  | 1,5   | mm               |
| Avance por diente ( $f_z$ )   | 0,3   | mm               |
| Número de dientes de la fresa ( $Z_c$ )   | 3     |                  |
| Angulo de posición ( $k_r$ )  | 90    | °                |
| Fuerza de corte específica para un espesor medio de la viruta de 1mm ( $k_{c1}$ ) | 450   | $\frac{N}{mm^2}$ |
| Factor de compensación del grosor de la viruta ( $mc$ )                           | 0,18  |                  |
| Ángulo de desprendimiento de la plaquita ( $\gamma_0$ )                           | 0     | °                |
| Profundidad de corte axial ( $a_p$ )  | 2     | mm               |

**Fuente:** (Elaboración propia)

**Fórmulas para el tallado que se detallan** [45, p. 32]

#### Velocidad de husillo.

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D_c} \quad (1)$$

En donde:

- $n$  [rpm]: Velocidad del husillo.
- $V_c$  [m/min]: Velocidad de corte.
- $D_c$  [mm]: Diámetro de la fresa.

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D_c}$$

$$n = \frac{0,05 \text{ m/min} \times 1000}{3,1416 \times 1,5 \text{ mm}}$$

$$n = 10,610 \text{ rpm//}$$

**Avance de mesa.**

$$Vf = fz \times zc \times n \quad (2)$$

En donde:

- $Vf$  [mm/min]: Avance de mesa.
- $fz$  [mm]: Avance por diente.
- $zc$ : Número de dientes de la fresa.
- $n$  [rpm]: Velocidad del husillo.

$$Vf = fz \times zc \times n$$

$$Vf = 0,3\text{mm} \times 3 \times 10,610\text{rpm}$$

$$Vf = 9,549 \frac{\text{mm}}{\text{min}}//$$

**Profundidad de corte radial**

$$a_e = \frac{3}{4} \times D_c \quad (3)$$

En donde:

- $a_e$  [mm]: Profundidad de corte radial.
- $D_c$  [mm]: Diámetro de la fresa.

$$a_e = \frac{3}{4} \times D_c$$

$$a_e = \frac{3}{4} \times 1,5 \text{ mm}$$

$$a_e = 1,125 \text{ mm//}$$

**Espesor medio de la viruta**

$$h_m = \frac{360 \times \sin(K_r \times a_e \times f_z)}{\pi \times D_c \times \arccos\left(1 - \frac{2 \times a_e}{D_c}\right)} \quad (4)$$

En donde:

- $h_m$  [mm]: Espesor medio de la viruta.
- $K_r$  [°]: Ángulo de posición.
- $a_e$  [mm]: Profundidad de corte radial.
- $f_z$  [mm]: Avance por diente.
- $D_c$  [mm]: Diámetro de la fresa.

$$h_m = \frac{360 \times \sin(K_r) \times a_e \times f_z}{\pi \times D_c \times \arccos\left(1 - \frac{2 \times a_e}{D_c}\right)}$$

$$h_m = \frac{360 \times \sin(90) \times 1,125\text{mm} \times 0,3\text{mm}}{3,1416 \times 1,5\text{mm} \times \arccos\left(1 - \frac{2 \times 1,125\text{mm}}{1,5\text{mm}}\right)}$$

$$h_m = 0,214 \text{ mm} //$$

#### Fuerza de corte específica.

$$k_c = k_{c1} \times h_m^{-mc} \times \left(1 - \frac{y_0}{100}\right) \quad (5)$$

En donde:

- $k_c$  [N/mm<sup>2</sup>]: Fuerza de corte específica.
- $k_{c1}$  [N/mm<sup>2</sup>]: Fuerza de corte específica para un espesor medio de la viruta de 1mm.
- $h_m$  [mm]: Espesor medio de la viruta.
- $mc$ : Factor de compensación del grosor de la viruta.
- $y_0$  [°]: Ángulo de desprendimiento de la plaquita.

$$k_c = k_{c1} \times h_m^{-mc} \times \left(1 - \frac{y_0}{100}\right)$$

$$k_c = 450 \text{ N/mm}^2 \times 0,214\text{mm}^{-0,18} \times \left(1 - \frac{0}{100}\right)$$

$$k_c = 593,93 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} //$$

#### Potencia neta

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times V_f \times k_c}{60 \times 10^6} \quad (6)$$

En donde:

- $P_c$  [kW]: Potencia neta.
- $a_p$  [mm]: Profundidad de corte axial.
- $a_e$  [mm]: Profundidad de corte radial.
- $V_f$  [mm/min]: Avance de mesa.
- $k_c$  [N/mm<sup>2</sup>]: Fuerza de corte específica.

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times V_f \times k_c}{60 \times 10^6}$$

$$P_c = \frac{2\text{mm} \times 1,125\text{mm} \times 9,549 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \times 593,93 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{60 \times 10^6}$$

$$P_c = 2,137 \text{ kW} //$$

### Par de apriete

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \quad (7)$$

En donde:

- $M_c$  [Nm]: Par de apriete.
- $P_c$  [kW]: Potencia neta.
- $n$  [rpm]: Velocidad del husillo.

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$

$$M_c = \frac{2,137 \text{ kW} \times 30 \times 10^3}{3,1416 \times 10,610 \text{ rpm}}$$

$$M_c = 1923,35 \text{ Nm} //$$

### Área de corte

$$A_c = a_p \times h_m \quad (8)$$

En donde:

- $A_c$  [mm<sup>2</sup>]: Área de corte.

- $a_p$  [mm]: Profundidad de corte axial.
- $h_m$  [mm]: Espesor medio de la viruta.

$$A_c = a_p \times h_m$$

$$A_c = 2\text{mm} \times 0,214\text{mm}$$

$$A_c = 0,428\text{mm}^2$$

### Fuerza de corte

$$F_c = k_c \times A_c \quad (9)$$

En donde:

- $F_c$  [N]: Fuerza de corte.
- $k_c$  [N/mm<sup>2</sup>]: Fuerza de corte específica.
- $A_c$  [mm<sup>2</sup>]: Área de corte.

$$F_c = k_c \times A_c$$

$$F_c = 593,93 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 0,428\text{mm}^2$$

$$F_c = 254,20 \text{ N//}$$

Aplicando las fórmulas y desplazando los datos correctamente se obtienen los resultados como se observa en la **tabla 16**.

**Tabla 16** Resultados obtenidos.

| Parámetros                            | Datos   | Unidades                |
|---------------------------------------|---------|-------------------------|
| Velocidad del husillo ( $n$ )         | 10,610  | <i>rpm</i>              |
| Avance de la mesa ( $V_f$ )           | 9,549   | <i>mm/min</i>           |
| Profundidad de corte radial ( $a_e$ ) | 1,125   | <i>mm</i>               |
| Espesor medio de la viruta ( $h_m$ )  | 0,214   | <i>mm</i>               |
| Fuerza de corte específica ( $k_c$ )  | 593,93  | <i>N/mm<sup>2</sup></i> |
| Potencia neta ( $P_c$ )               | 2,137   | <i>kW</i>               |
| Par de apriete ( $M_c$ )              | 1923,35 | <i>Nm</i>               |
| Area de corte ( $A_c$ )               | 0,428   | <i>mm<sup>2</sup></i>   |
| Fuerza de corte ( $F_c$ )             | 254,20  | <i>N</i>                |

**Fuente:** (Elaboración propia)

Para determinar el “Vc” velocidad de corte o desbaste del dremel se lo realizo un valor estimado intermedio entre los 10000 a 32000 rpm como se observa en la tabla 15 el cual fue de n = 20000 rpm.

Velocidad del dremel estimado intermedio n: 20000 rpm//

Entonces mediante la fórmula se despeja para determinar la “Vc” velocidad de corte.

$$V_c = \frac{n(\pi \times D_c)}{1000 \times 60} \quad (10)$$

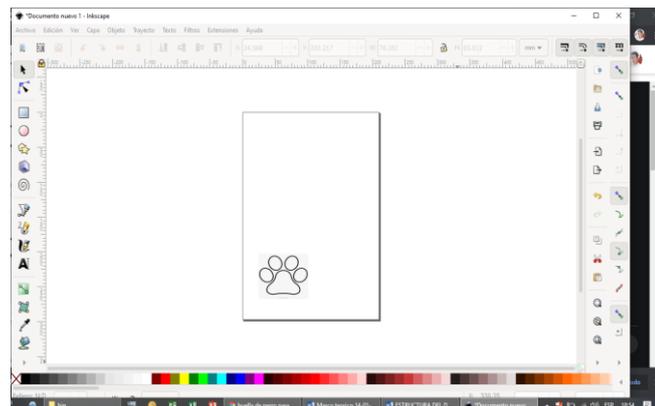
$$V_c = \frac{20000(\pi \times 1,5mm)}{1000 \times 60}$$
$$V_c = 1.5708 \text{ rpm //}$$

### 3.3.2 Pruebas de funcionamiento

#### Programación

Para la programación como guía se observó los videos del profe García donde nos explican detalladamente los programas a ejecutar de una manera ordenada para programar correctamente y enviar las introducciones a el prototipo y realice en maquinado de la imagen sobre la superficie de la madera [17]

- **Inkscape**



*Imagen 8* Transformando del formato “jpg” a formato “ngc”

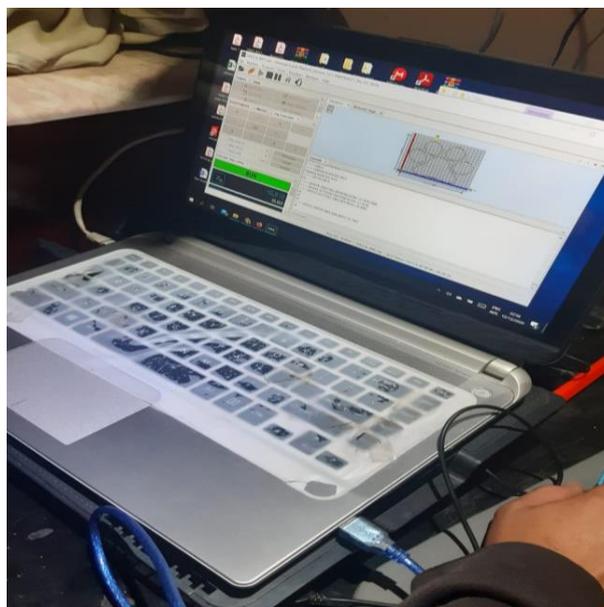
**Fuente:** (Elaboración propia)

En programa Inkscape es programa libre y multi idiomas es un software que permite vectorizar las gráficas de forma profesional y de calidad, inkscape es muy utilizado por todo el mundo ya

que es fácil de usar y brinda diferentes funciones para realizar diseños, diagramas y logos entre otros, es muy eficiente para vectorizar las gráficas ya que puede importar formatos como JPG, PDF, PS, PNG entre otros. [46] - [47]

Se instaló el programa Inkscape ya que es un programa libre primeramente abrimos el programa luego procedemos a importar una imagen en formato JPG que por lo general siempre están luego procedemos a la configuración para que se vectorice la imagen, logrando obtener la trayectoria donde va a fresar la máquina en formato “ngc” como se observa en la **imagen 8**.

- **Universal gcode sender**



***Imagen 9** Traduciendo el formato “ngc” a código “G”*

**Fuente:** (Elaboración propia)

El programa Universal gcode sender son más utilizado en las máquinas CNC, que se lo realiza asimismo con el GRBL el cual les va a controlar las distintas instrucciones, se puede deducir que Universal gcode sender es una de las herramientas que nos da la facilidad de transformar y enviar a los dispositivos las introducciones en código G a las diferentes máquinas que tengan una comunicación mutua es decir que sean compatibles, este software es gratuito es decir te la puedes descargar sin ninguna dificultad de igual forma es permitido para Windows 7, 8, 10 y Windows vista y ocupa 12, 37 MB. [48] - [49]

Una vez utilizada el programa Inkscape el formato que nos dio en un formato “ngc” el cual cargamos programa universal Gcode sender el cual permitirá tener una comunicación con el arduino el software universal gcode sender este lo que hará es transformar toda esa información

vectorial a código G para los tres trayectorias que son para el eje X, Y, Z y luego posteriormente se le envía al Arduino Uno R3, para observar cuales son los códigos G como se observa en la **imagen 9** para mejor observación en el anexo 2.

- **Arduino GRBL**

El arduino es una placa o plataforma electrónica que nos permite realizar tipos de micro ordenadores el cual es enviada a la placa, asimismo es un software libre que puede ser programado y modificado ya que el arduino nos ofrece un entorno de desarrollo integrado para diferentes utilidades especialmente para las máquinas CNC. [50] - [51] - [52]

Principalmente nos descargamos el control GRBL arduino ya que es un software libre, luego conectamos con el cable USB al ordenar con el Arduino Uno R3 para cargarle la librería GRBL y que posteriormente contactamos con el Universal Gcode Sender para que el mismo envíe los códigos G al arduino y este mismo envíe las introducciones a la Shield CNC

- **Shield A4988 para CNC**

Arduino CNC Shield es una placa pequeña, debido a su formato de escudo, puede controlar fácilmente hasta 4 motores paso a paso con Arduino. Accede a cuatro controladores de potencia y posee todas las conexiones necesarias para poder vincular interruptores, es completamente compatible con el firmware de control GRBL y se logra enlazar con cualquier modelo de Arduino. [53] - [52]

La Shield CNC esta recibirá las introducciones que es emitida del arduino Uno R3 el cual se encargara de interpretar todas las introducciones y enviar señales eléctricas a los drivers A4988.

- **Driver A4988.**

Un driver es controlador de dispositivo es una pequeña pieza de software que puede conectar directamente el sistema operativo a los componentes de hardware de la PC, el sistema operativo necesita entenderla para recibir instrucciones y procesar todo correctamente, permitiendo mandar la corriente necesaria para el motor paso a paso teniendo un mejor control sobre los motores. [54] - [55]

A los drives se les regula a través de la formula mostrada a continuación. [56, p. 09]

$$I_{TripMAX} = \frac{V_{REF}}{(8 X R_S)} \quad (11)$$

Donde:

- $V_{REF}$ : Voltaje de referencia
- $I_{TripMAX}$ : Valor máximo de limitación de corriente
- $R_S$ : Resistencia

$$I_{TripMAX} = \frac{V_{REF}}{(8 \times R_S)}$$

Interpolamos el voltaje de referencia

$$V_{REF} = I_{TripMAX} \times (8 \times R_S)$$

El driver tiene una resistencia 0.1 ohmios.

$$V_{REF} = 0,4A \times (8 \times R_S)$$

$$V_{REF} = 0,4A \times (8 \times 0,1\Omega)$$

$$V_{REF} = 0,32V //$$

Donde nos da un voltaje de referencia real de 0,32V que le regulamos a nuestros drivers del eje X, Y, Z, a continuación, los drivers reciben ciertas señales eléctricas traducidas por la Shield CNC permitiendo que los drivers envíen cierta cantidad de voltaje a los motores paso a paso bipolares.

360° grados/ 1,8 grados del motor

Dando un resultados de = 200° grados//

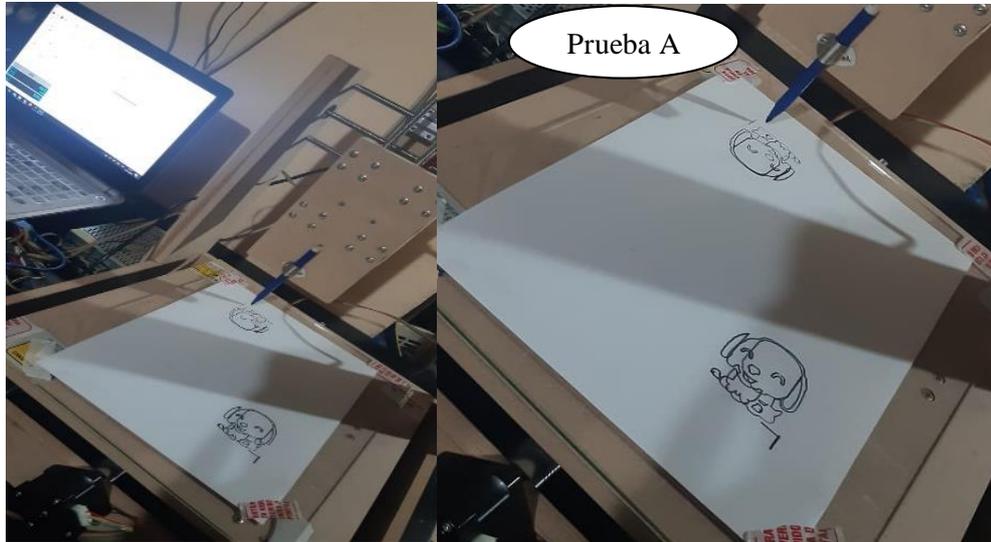
Tornillo sin fin 1 vuelta ejerce 8 mm entonces 200°/8D

Dando resultado de =25 Pasos //

Entonces necesitamos 25 pasos que ejerza el motor paso a paso bipolar para que dé un giro en el tornillo sin fin y realicen la trayectoria de movimientos en los tres ejes X, Y, Z logrando que el Ingco tipo dremel realice el desbaste o grabado en la superficie de la madera MDF de acuerdo al diseño programado obteniendo como resultado un maquinado de calidad.

## Pruebas y resultados

### Prueba A

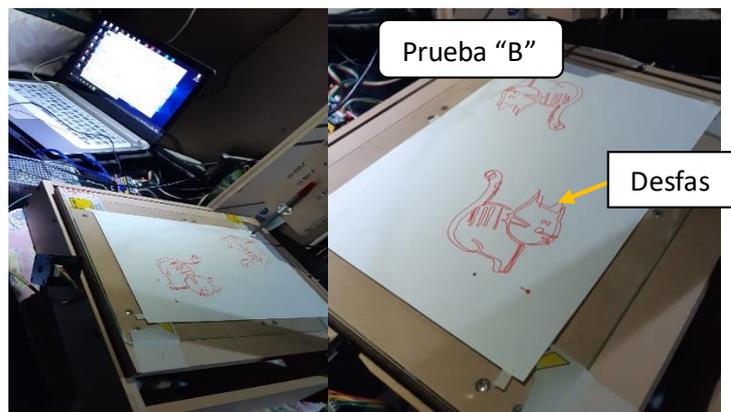


*Imagen 10 Primera prueba A del prototipo de la máquina CNC.*

**Fuente:** (Elaboración propia)

En la primera prueba el prototipo de la máquina CNC para el tallo en la madera se lo coloco un lápiz en el eje Z donde va ubicado el dremel, para que realice las introducciones programada por el universal gcode sender que es enviada al arduino el cual lee esa información y le envialas señales eléctricas la shield CNC, posteriormente se le envía a los drivers los cuales son los encargados me moverse en los tres ejes (X,Y, Z) en el cual a enviar a la máquina se logró notar un error de desfase, producto de una falla de programación al vectorizar o del programa universal gcode sender la imagen como se observa en la **imagen 10**.

### Prueba B

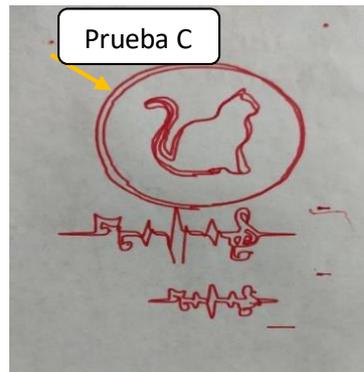


*Imagen 11 Segunda prueba "B" del prototipo de la máquina CNC.*

**Fuente:** (Elaboración propia)

Se realizo la segunda prueba B a la máquina el cual trace un dibujo de un gato y que fue programado el cual nos dio de igual forma hay un problema sigue trazando el dibujo con un desfase como observamos en la imagen, el cual sigue teniendo una falla en la programación en la vectorización de la **imagen 11**.

### Prueba C



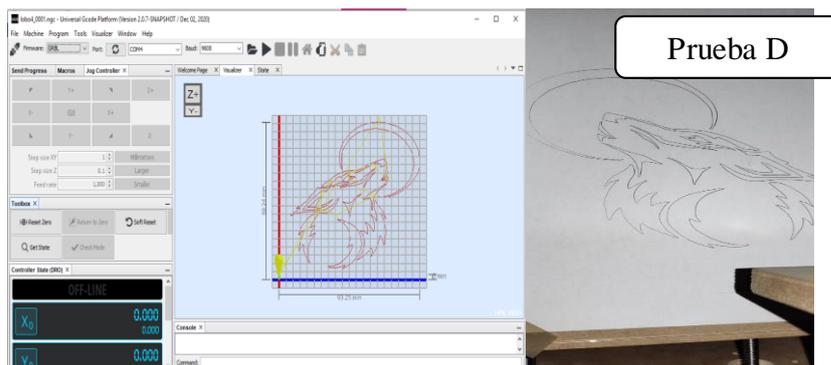
*Imagen 12 Prueba C del prototipo de la máquina CNC*

**Fuente:** (Elaboración propia)

A continuación se efectuó la prueba C por consiguiente se vectorizó otra imagen y se mandó a dibujar a el prototipo por lo cual sigue demostrando un desfase la máquina al realizar el trazado en la hoja como se observa en la **imagen 12**.

Entonces se procedió a dar una correctiva revisión a los elementos eléctricos del prototipo y se determinó que un driver del eje X se dañó entonces se procedió a realizar el cambio y a regular el voltaje que es de 0,32V voltios a continuación se presentará la prueba D con el driver cambiado.

### Prueba D



*Imagen 13 Prueba D del prototipo de la máquina CNC*

**Fuente:** (Elaboración propia)

En la prueba D se vectorizó otra imagen diferente, al momento de mandar a realizar el trazado de la imagen programada, se colocó un punto de partida base, con un esfero sobre la superficie

de la hoja y se envió la programación a el prototipo, por consiguiente efectuó correctamente, es decir se determino que la máquina dibujo satisfactoriamente, observe la **imagen 13**.

### **Prueba E**



***Imagen 14** Prueba E del prototipo de la máquina CNC.*

**Fuente:** (Elaboración propia)

Por consiguiente se realizó la prueba E, el cual se acopló a la máquina Ingco tipo dremel y una broca de talladora de 1.5mm milímetros, se le colocó el punto de partida cero y se le importó la imagen 13 a programa Universal G code sender ya vectorizada luego es transformada a código G, a continuación se le puso operativa a el Ingco tipo dremel a una velocidad 6 y se le envió la información al prototipo de la máquina CNC para que realice el tallado y al finalizar el grabado se realiza una breve lijado de acabado como se observa en la **imagen 14**, la máquina realiza perfectamente el tallado en la madera.

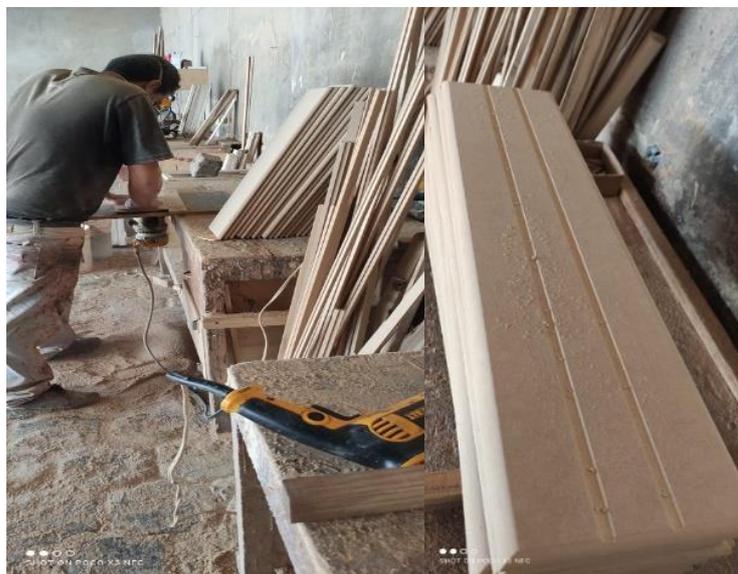
A continuación se presentarán tallados en la madera realizados por el prototipo de la máquina CNC como se observa en la **imagen 15**.



***Imagen 15** Dibujos tallados a través del prototipo de la máquina CNC.*

**Fuente:** Elaboración propia

## Tallado de manera manual



*Imagen 16 tallado de manera manual en la microempresa.*

**Fuente:** (Elaboración propia)

Entonces como observamos en la imagen anterior la microempresa realiza solamente grabados lineales de forma manual en el tallado de madera se procedió a dar una inspección y observación, al trabajador de la microempresa “El Mundo del Mueble” así lo realizan el tallado de una puerta frontal de un cajón, colocan la planilla y como también la máquina talladora de acuerdo a las medidas específicas y luego se procede a efectuar el grabado en la madera el cual por cada línea se realiza de 1 a 2 pasadas para que el acabado esté correcto y así mismo en la segunda línea como se presenta en la imagen, por lo cual mediante la optimización del prototipo de la máquina CNC no solamente se realizaría diseños líneas, sino que también diferentes diseños y personalizados con más precisión y mejor calidad de tallado.

## 4. METODOLOGÍA

La propuesta tecnológica es Optimización del proceso de tallado en madera para la fabricación de muebles del hogar en la microempresa “El mundo del mueble” se utilizó la investigación descriptiva, que se aprovechará para el desarrollo del proyecto en el proceso de búsqueda, análisis, crítica e interpretación de datos de fuentes secundarias, es decir, la información obtenida y registrada por los investigadores sobre las máquinas de tallado en madera, para ello se buscará documentos del sitio web como también artículos científicos, todo esto con el propósito de fundamentar el estudio de factibilidad técnico y económico para el diseño y construcción de una máquina CNC para el tallo de madera, debido a que esta se centra en analizar e investigar aspectos para la elección de un apropiado prototipo de una máquina CNC se basó mediante el libro de Carlos

riba el cual mediante su método de alternativas dieron la posibilidad de la mejor selección de una máquina CNC a través de soluciones es decir el método de alternativas dio la mejor alternativa para diseñar y construir el prototipo, a través del programa solidworks que es una herramienta excelente el cual accedió a realizar el diseño de mi máquina CNC en un formato en 3D, una vez obtenido los planos en 3D se mandó a un servicio técnico donde se realizó los cortes de la estructura de la máquina para posteriormente construir la máquina con todos sus elementos electrónicos, a continuación se bajó los programas como son: Inkscape, Universal Gcode Sender y GRBL arduino que me permitirán realizar la programación para que la máquina realice el diseño o grabado en la madera de acuerdo a establecido, en fin todo lo anterior mente dicho permitieron cumplir los objetivos establecidos logrando obtener la máquina construida y operativa, beneficiándose tanto la microempresa como también los trabajadores.

## **5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

A través del método de alternativas se logró seleccionar la mejor solución para realizar el prototipo de la máquina CNC por consiguiente mediante el programa solidworks se obtuvo el diseño de la estructura del prototipo y partes, accedió a desarrollar los planos en 3D, como también realizar el ensamble de la estructura y montaje de sus componentes y elementos eléctricos, una vez obtenido las partes físicas de la estructura y los elementos se procedió realizarla construcción y montaje de los componentes eléctricos del prototipo que fue un éxito y para finalizar se realizó los cálculos necesarios y pruebas para que la máquina este operativa en fin esta optimización en el área de tallado para la microempresa el mundo del mueble si desea realizar a futuro ya con las dimensiones reales fuera una potencia en productividad y demanda como oferta ya que no solamente realizaría diseños líneas sino también diferentes diseños asta personalizados ya que este prototipo brindaría excelente trabajo en calidad y precisión en el tallado de madera , una optimización de procesos en el tallado ya que solamente estaría un operario para controlar la máquina que esté operando correctamente, como también reduciría los errores de tallado en la madera, una inspección simplificada ya que no se requerirá varias inspecciones en el grabado en fin la máquina realizaría los tallados más complejos que no se lo podría realizar de madera manual ya que esta máquina CNC sería un gran paso hacia la tecnología CNC de productividad tanto para la microempresa el mundo del mueble como también para los trabajadores.

Para verificar y tener la certeza de cual tiene más desperdicio o ahorro de materia prima frente al tallado se realzo de las dos maneras tanto de la forma manual como también con el prototipo.

## Cálculo de precisión de forma manual frente al prototipo de la máquina CNC

### Tallado de forma manual



*Imagen 17 tallado de manera manual*

**Fuente:** (Elaboración propia)

### Tallado a través de la máquina CNC para el tallo en la madera MDF



*Imagen 18 Tallado a través de la máquina CNC*

**Fuente:** (Elaboración propia)

Se realizó cuatro veces el tallado de manera manual el cual un operario de la microempresa “El mundo del mueble” realizó los tallados en la madera MDF en una tabla de L 12cm x 12cm de e de 12mm a través de una fresa de 8 mm de D y de igual forma se realizó cuatro veces el tallado con el prototipo de la máquina CNC por consiguiente se le programó que realice el tallado de L12 cm x 12cm a través de una fresa de 4mm en una tabla de L14mm x 14mm de espesor “e” de 12mm el cual se realizó cuatro tallados para equilibrar el peso ya que de la forma manual se lo efectuó un tallado con una fresa de 8mm.

Se obtuvieron los pesos en gramos como se presenta a continuación tanto de la forma manual como de la forma automatizada frente al prototipo.



*Imagen 19* Peso en gramos del tallado manual

**Fuente:** (Elaboración propia)



*Imagen 20* Peso en gramos del tallado del prototipo

**Fuente:** (Elaboración propia)

Como podemos observar en las **imágenes 17 y 18** se realizaron las cuatro pruebas tanto de la forma manual como de la forma automatizada frente al prototipo el cual se pesó con una pesa digital que se obtuvieron los pesos pertinentes para realizar los cálculos necesarios que se muestran a continuación. El cual para realizar los cálculos se realizó con el programa Excel donde nos permitirá realizar los cálculos de una manera más fácil y eficaz el cual se efectuó con un volumen de referencia de 1.92 gramos.

Se realizó a través de las fórmulas de promedio y la desviación estándar que son:

Formula de promedio [57]:

$$\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 \dots X_n}{N} \quad (12)$$

Formula de desviación estándar [58] que nos permitirá calcular la precisión:

$$DE_{muestra} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (13)$$

Las fórmulas presentadas anteriormente como el promedio y desviación estándar permite determinar la precisión el cual se optó por una mejor opción que es por el programa Excel el cual de igual forma me permitirá calcular a través de comandos de una forma más fácil y eficiente que se presenta a continuación en la **tabla 17**.

*Tabla 17 cálculo de precisión en Excel.*

|                            | <b>Tallado manual (g)</b> | <b>Tallado del prototipo (g)</b> | <b>Ahorro de desperdicio %</b> |
|----------------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
|                            | 1,94                      | 1,93                             |                                |
|                            | 1,87                      | 1,95                             |                                |
|                            | 2,05                      | 1,95                             |                                |
|                            | 2,15                      | 1,95                             |                                |
| <b>Promedio</b>            | 2,00                      | 1,95                             | 2,87                           |
| <b>desviación Estándar</b> | 0,12                      | 0,01                             |                                |

**Fuente:** (Elaboración propia)

Se realizaron los cálculos en Excel como se observa en la **tabla 18** donde nos da la facilidad de calcular el desperdido de materia a través de comando “=DESVEST.M()” donde nos permitió en base a los datos en pesos, tanto de la forma manual como de la forma automatizada permitió deducir que el prototipo tiene 0,01 y el tallado de la forma manual es de 0,12 el cual el más cercano a cero será el que tiene menos desperdicio de materia esto quiere decir que la máquina CNC tiene una dispersión de datos ósea los pesos (g) con menor dispersión respecto a su promedio cómo se observa en la **tabla 18**, el cual como resultado se obtuvo una menor desperdicio del 8,12% que de la forma manual.

También se calculó en Excel el promedio de los datos es decir de los pesos obtenidos de forma manual y automatizada el cual a través del comando “=PROMEDIO()” y seleccionado los datos permitió calcular el promedio general de los datos en pesos (g) de tallado manual en

gramos y promedio general del peso (g) de tallado de la máquina el cual se obtuvo 2 (g) de forma manual y 1,95 (g) mediante la máquina CNC, lo que permite tener un mejor desperdicio de grabado.

Posteriormente se presentará el cálculo de precisión de forma manual y de la máquina CNC.



**Imagen 21** Medidas del tallado manual en (mm)

**Fuente:** (Elaboración propia)



**Imagen 22** Medidas del tallado del prototipo en (mm)

**Fuente:** (Elaboración propia)

De igual forma se realizó cuatro tallados de madera con una fresa de 3mm D Del prototipo con una L12cm x12cm y de forma manual se realizó con una fresa 8mm D con una L12cm x 12cm de espesor de e 12mm, posteriormente se mide el ancho del grabado a través del calibrador con respecto a las dos formas de tallado; manual y automatizado, donde se sacó datos en (mm) de las dos maneras como se observaba en la **imagen 21 y 22**.

*Tabla 18 cálculo de la precisión de forma manual y automatizado en Excel*

|  |                            |                                   |                  |
|--|----------------------------|-----------------------------------|------------------|
| <b>Valor de referencia de máquina</b><br>8 mm    | <b>Tallado manual (mm)</b> | <b>Tallado del prototipo (mm)</b> |                  |
|  | 7,8                        | 3                                 |                  |
| <b>Valor de referencia del prototipo</b><br>3 mm | 8,1                        | 3,1                               |                  |
|  | 8,2                        | 3,1                               |                  |
| <b>Promedio desviación Estándar</b>              | 8,3                        | 3,1                               |                  |
|  | 8,11                       | 3,07                              |                  |
|  | 0,22                       | 0,1                               | <b>Precisión</b> |

**Fuente:** (Elaboración propia)

Luego se procedió realizar el cálculos en el software Excel de igual manera se ejecutó con el comando “=PROMEDIO()” para determinar el promedio de los datos que son de forma manual 8,5 mm y el prototipo con un fresa de 3mm fue de 3,1 de promedio de los datos determinados de igual forma se determinó la precisión a través de la fórmula de desviación estándar donde en Excel se efectuó en una celda el comando “=DESVEST.M()” donde se eligieron los datos de los datos en mm de la máquina manual y el prototipo donde de la forma manual nos dio de 0,22mm y de la forma automatizada 0,1mm, es decir que de la forma automatizada se logra una mejor precisión con una tolerancia de  $\pm 0,1$ mm.

De las misma forma se tomó el tiempo de cuánto tarda el prototipo vs la maquina manual.

*Tabla 19 Calculo de tiempo en Excel manual vs prototipo*

|                            | <b>Tallado manual (seg)</b> | <b>Tallado del prototipo (seg)</b> | <b>Retardo de Tiempo (Seg)</b> |
|----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
|                            | 24                          | 75                                 |                                |
|                            | 21                          | 75                                 |                                |
|                            | 23                          | 75                                 |                                |
|                            | 21                          | 76                                 |                                |
| <b>Promedio</b>            | 22,25                       | 75,25                              | <b>53</b>                      |
| <b>Desviación estándar</b> | 1,50                        | 0,50                               |                                |

**Fuente:** (Elaboración propia)

Donde se determinó que dé a través del prototipo vs la máquina manual se obtuvo como resultado que la máquina manual es más rápida mientras que el prototipo se demora un tiempo de 53 (seg) más que la máquina manual como se observa en la **tabla 19**.

El tiempo de tallado con diseños complejos del prototipo de máquina CNC se encuentra dentro del intervalo de 25 a 30 min, además el tiempo de preparación y de diseño para el mismo varía entre 35 a 40 min máximo, el cual depende de la complejidad del diseño. Por lo tanto, acorde a este tiempo se estima un número de 4 a 5 tallados diarios, es decir un total de 20 a 25 tallados a la semana.

Teniendo en cuenta un estimado de 20 tallados a la semana, se procede a calcular el aumento de ganancia semanal y mensual de la microempresa al usar el prototipo de máquina CNC para tallado en 20 armarios, el cual se muestra a continuación.

De la entrevista realizada al Sr. Wilmer Bravo gerente propietario de la microempresa se estableció que los costos para el tallado de diseños de imágenes predeterminadas elaborados por la microempresa se cobrarán 5 dólares adicionales al tallado manual y 10 dólares para el caso en el que se elaboren tallados personalizados.

#### **Ganancia semanal.**

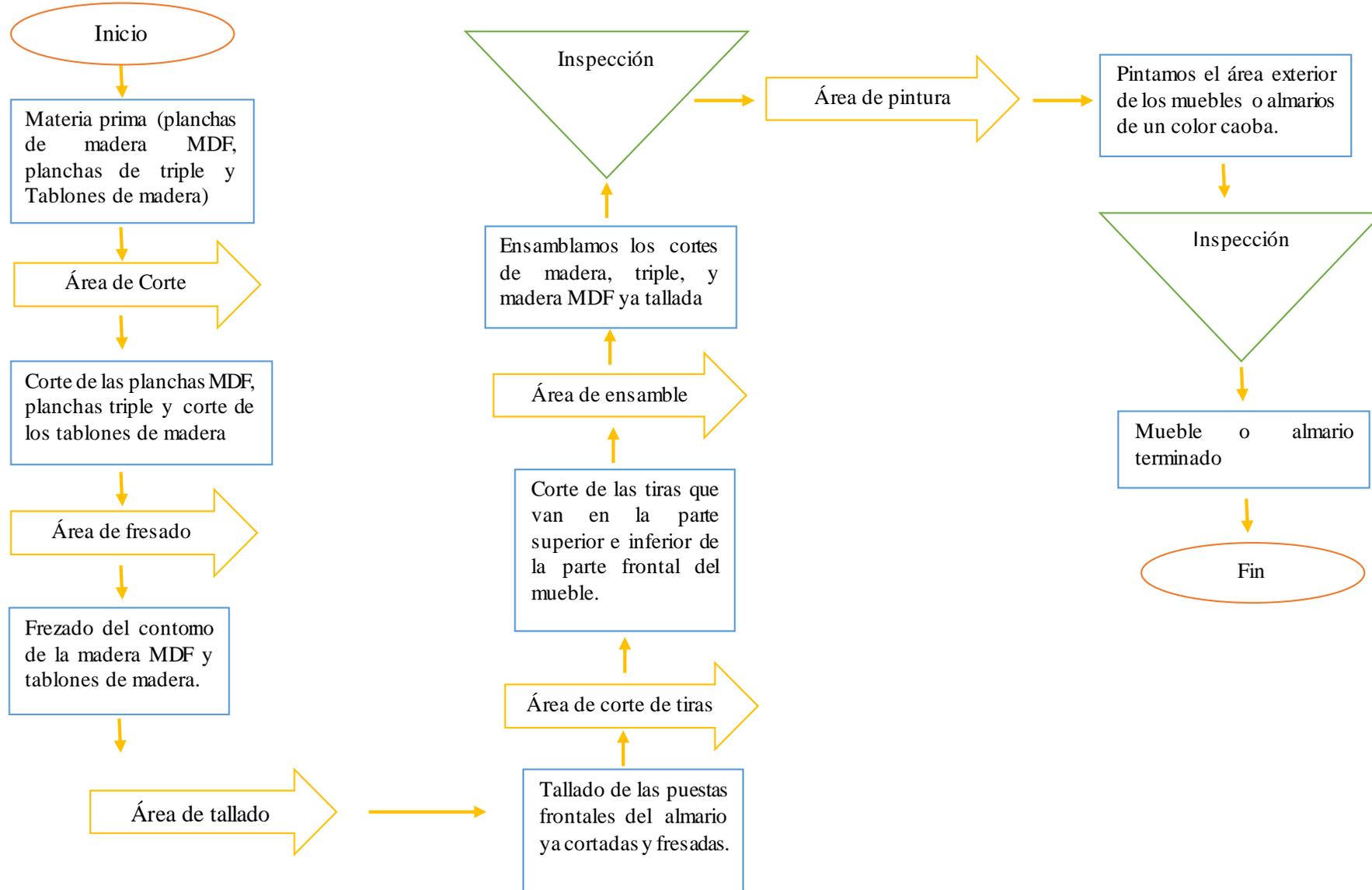
*Tabla 20 Ganancia semanal a través del aumento del prototipo*

|                 | <b>Cantidad</b> | <b>Dimensiones<br/>(m)</b> | <b>Precio<br/>Normal</b> | <b>Total</b>   | <b>Aumento</b> | <b>Precio con<br/>aumento</b> |
|-----------------|-----------------|----------------------------|--------------------------|----------------|----------------|-------------------------------|
| <b>Armarios</b> | 2               | 2x0.70x0.51                | \$95                     | \$190          | \$5            | \$200                         |
|                 | 8               | 2x1.10x0.51                | \$150                    | \$1.200        | \$5            | \$1.240                       |
|                 | 4               | 2x1.20x0.51                | \$180                    | \$720          | \$5            | \$740                         |
|                 | 4               | 2x1.60x0.51                | \$200                    | \$800          | \$10           | \$840                         |
|                 | 2               | 2x2x0.51                   | \$220                    | \$440          | \$10           | \$460                         |
| <b>Cómodas</b>  | 4               | 1x1.10x0.48                | \$80                     | \$320          | \$0            | \$320                         |
|                 | 6               | 1.15x1.10x0.48             | \$85                     | \$510          | \$0            | \$510                         |
| <b>TOTAL</b>    | <b>30</b>       |                            |                          | <b>\$4.180</b> |                | <b>\$4.310</b>                |

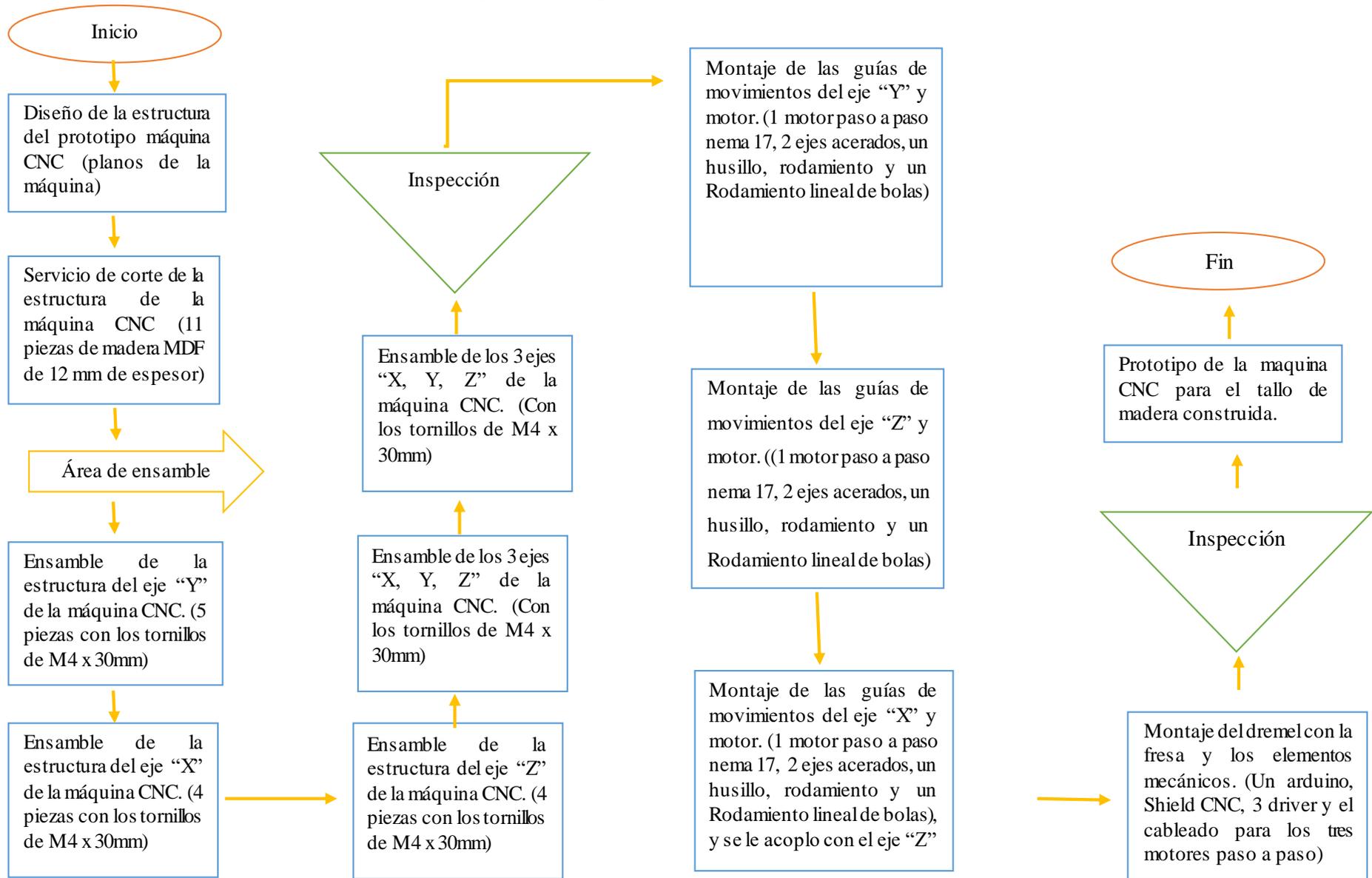
**Fuente:** (Elaboración propia)

Entonces a través de la **tabla 20** se puede deducir que hay una ganancia de \$130 dólares a la semana, que sería un 3,11% más de ganancia, posteriormente se le multiplica \$130 por 4 que nos da un aumento de ganancia mensual de \$520 dólares. Por lo tanto el tiempo para recuperar la inversión inicial se encuentra en 2 meses.

### Diagrama de procesos de la microempresa “El Mundo Del Mueble”



**Diagrama de procesos construcción del prototipo de la máquina CNC para el tallado en la madera**



## Diagrama de flujo para tallar en el prototipo de la máquina CNC de tallado en madera





MUNDO DEL MUEBLE

**Manual de proceso en el área de tallado de madera para la microempresa “El Mundo Del Mueble”**

## **Presentación**

El mundo del mueble fue fundado en marzo del 2015 en Quito actualmente se encuentra en la ciudad de Quito en el en la parroquia de Guamani en el barrio de la Nueva Aurora. Su taller es con el propósito de fabricar muebles para el hogar, como también de diferentes tamaños, de acuerdo a la necesidad de la ciudad de Quito.

La fabricación de muebles de hogar ha hecho que la micro empresa El Mundo Del Mueble siga construyendo y fabricando muebles para el hogar, con el objetivo de brindar muebles de usos social que tiene la capital y demás capitales del Ecuador.

Con un grupo de trabajadores con experiencia y comprometidos con el crecimiento de la microempresa y protección del medio ambiente, hace de “El Mundo del Mueble” la microempresa donde usted encontrara muebles de hogar a su necesidad.

## **Antecedentes**

Desde noviembre 2020 se ha visto la necesidad de realizar tallados en la madera con más presión y menos desperdicio de material a través del ministerio de educación mediante el Ebanistería - tallado y escultura, se ha visto la necesidad de realizar una optimización con de precisión y de tallado y desperdicio de material mediante un prototipo de una máquina CNC para el tallado en la madera MDF, con la finalidad de que la empresa “El mundo del Mundo” realice sus tallados de mejor calidad a futuro si desea implementar una maquina CNC a dimensiones reales ya que no solamente le permitirá realizar diseños lineales sino que también ya diseños más complejos y grabados de calidad lo que justifica el manual de prototipo de una maquina CNC para el tallado en madera. [59]

## **Objetivo**

Desarrollar un manual de proceso de operación en el área de tallado que permita el funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo del prototipo de la máquina CNC para el tallado en la madera.



MUNDO DEL MUEBLE

**Manual de proceso en el área de tallado de madera para la microempresa “El Mundo Del Mueble”**

### **Alcance**

Este documento es un manual de proceso en cual establece los parámetros a seguir para dar el cumplimiento de la construcción, programación, funcionamiento y manteniendo de las diferentes indicaciones sean aplicadas por las personas de la microempresa El Mundo Del Mueble con el motivo que tengan el conocimiento básico del prototipo de la máquina CNC para el tallo en la madera, que permitirá realizar no solamente diseños lineales sino también diseños más complejos con más precisión y calidad de tallado.

### **Marco legal**

- Subsecretaría de fundamentos educativos dirección nacional de bachillerato

### **Información general de la empresa.**

**Gerente propietario:** Wilmer Bravo

**E-mail:** wilmerbravo-22@hotmail.com

**Registro único de contribuyente (RUC):** 1718914490001

**Razón social:** El Mundo Del Mueble

**Actividad económica:** Fabricación de muebles de madera para el hogar

**Tamaño de la empresa / Institución:** Micro empresa

**Dirección:** Quillañan Quilla s47 – 119 y S47E FTE

### **Obligaciones del empleador**

Las obligaciones por las que el manual se adhiere a la microempresa El Mundo del Mueble permiten el orden y comunicación entre el empleador y sus trabajadores.

- Desempeñar el proceso de operación en el área de tallado para reducir desconocimiento del prototipo de la máquina CNC
- Capacitar al personal de la microempresa de los conceptos básicos del funcionamiento del prototipo.



- Utilizar las medidas de aplicación del prototipo para que no sufra daños mecánicos la máquina.
- Desarrollar e implementar un proceso de limpieza del prototipo en el área de tallado de trabajo.
- Proveer los elementos de protección PPP para el tallado.
- Inspeccionar a los trabajadores si están operando bien la máquina CNC

### **Obligaciones del trabajador**

Las obligaciones de este documento es un complemento a las obligaciones estipuladas.

Cumplir con las indicaciones de funcionamiento del prototipo de la máquina CNC de tallado en madera.

Informe a su empleador en caso de cualquier mal funcionamiento de la máquina.

De acuerdo con el trabajo a realizar utilizar los equipos de protección personal.

### **Para el uso del prototipo de la maquina CNC para el tallado en la madera**

#### **Indicaciones:**

- Para cada uso de protección personal es individual
- Mascarilla desechable debe utilizar por cada jornada laboral en este caso de 8 horas laborables.

### **Procedimiento para el armado del prototipo de la maquina CNC para el tallado en la madera.**

1. Realizar el diseño y planos de la estructura del prototipo de la máquina CNC.
2. Realizar el corte a router CNC de la estructura del prototipo de la máquina CNC para el tallado en la madera mediante los planos.
3. Una vez obtenidos las 11 piezas de la estructura de la máquina se procede al ensamble de la estructura.
4. Ensamble de las piezas de la estructura del “Y”
5. Ensamble de las piezas de la estructura del eje X



6. Ensamble de las piezas de la estructura del eje “Z”
7. Una vez obtenidos los ensambles de los tres ejes se procedido a realizar el ensamble de los tres ejes.
8. Posteriormente se realiza el montaje de los elementos de guías de los movimientos.
9. Se realizó el montaje de 2 ejes acerados de L 400mm x 8mm D, un motor paso a paso nema 17 acoplándole con el rodamiento lineal de bolas 8 D junto con el husillo de L 400mm x 4 hilos de 8mm D y el rodamiento de 8mm D respecto al eje “Y”
10. A continuación, realiza el montaje de 2 ejes acerados de L 400mm x 8mm D, un motor paso a paso nema 17 acoplándole con el rodamiento lineal de bolas 8 D junto con el husillo de L 400mm x 4 hilos de 8mm D y el rodamiento de 8mm D respecto al eje “X”
11. A continuación, se realiza el montaje de 2 ejes acerados de L 300mm x 8mm D, un motor paso a paso nema 17 acoplándole con el rodamiento lineal de bolas 8 D junto con el husillo de L 300mm x 4 hilos de 8mm D y el rodamiento de 8mm D respecto al eje “Z”
12. Luego se realiza el montaje del dremel en el eje “Z”
13. posteriormente se realizó del montaje de los elementos eléctricos, se efectuó el acople del arduino con la shield CNC junto con los 3 driver que controlan a los tres ejes X, Y, Z.
14. A continuación, se coloca la fuente de energía con las Shield CNC
15. Y finalmente se logró construir el prototipo de la maquina CNC para el tallado en la madera. Para mejor detalle observe el índice de diseño y construcción de la maquina anteriormente explicada.

### Procedimiento de programación y funcionamiento del prototipo de la máquina CNC.

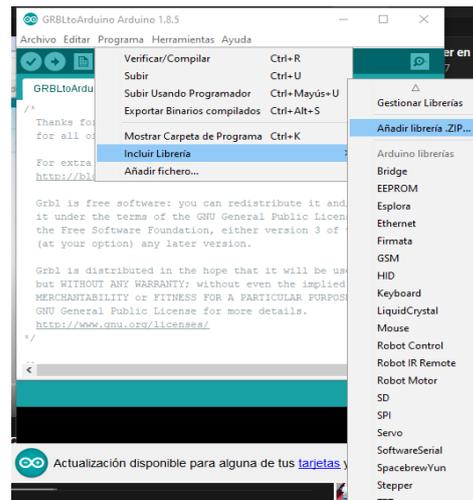


*Imagen 23 programas descargados Inkscape. Grbl arduino y UGS*

**Fuente:** (Elaboración propia)



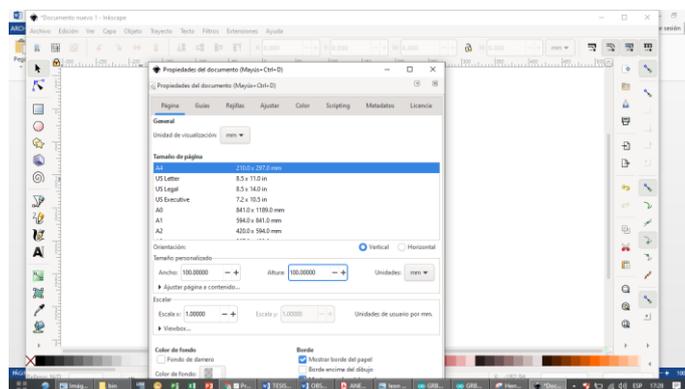
1. Principalmente se descarga los programas Inkscape, el programa universal gcode sender y el GRBL arduino que son programas libres es decir son gratis como se observa en la **imagen 23**.



**Imagen 24** Incorporamos el Grbl a la placa arduino

**Fuente:** (Elaboración propia)

2. Abrimos el grbl arduino, hacemos clic en programa, luego a incluir librería y luego añadir librería y cargamos y posteriormente le cargamos a nuestra placa eléctrica arduino que permitirá leer la información enviada del programa universal gcode sender como se observa en la **imagen 24**.



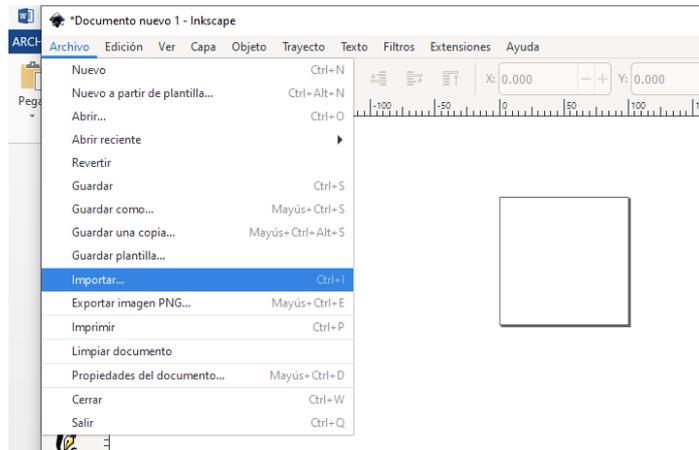
**Imagen 25** configuración de las propiedades en el programa Inkscape

**Fuente:** (Elaboración propia)

3. A continuación, se descarga una imagen que por lo general está en formato “jpg” luego abrimos el programa Inkscape luego, clic en archivo posteriormente clic en propiedades el cual nos permitirá realizar las dimensiones para el área de trabajo le ponemos de 100

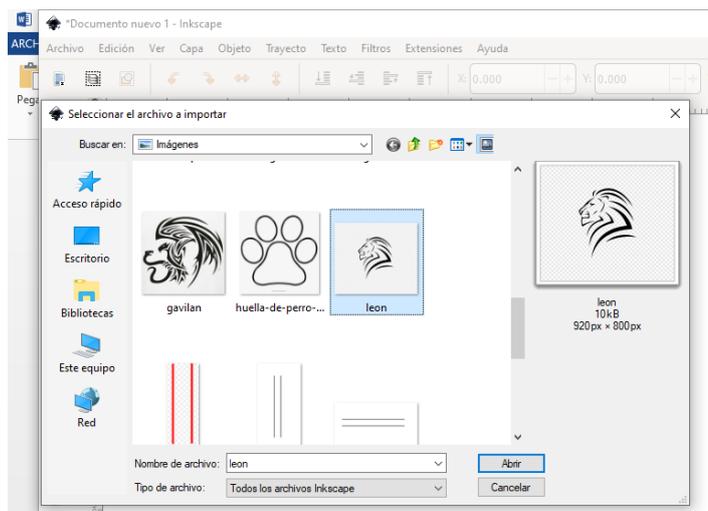


mm x 100 mm ya que nuestra maquina CNC tiene un área de trabajo de L12 cm x 16 cm como se observa en la **imagen 25**.



*Imagen 26 proceso para importamos una imagen al programa Inkscape*

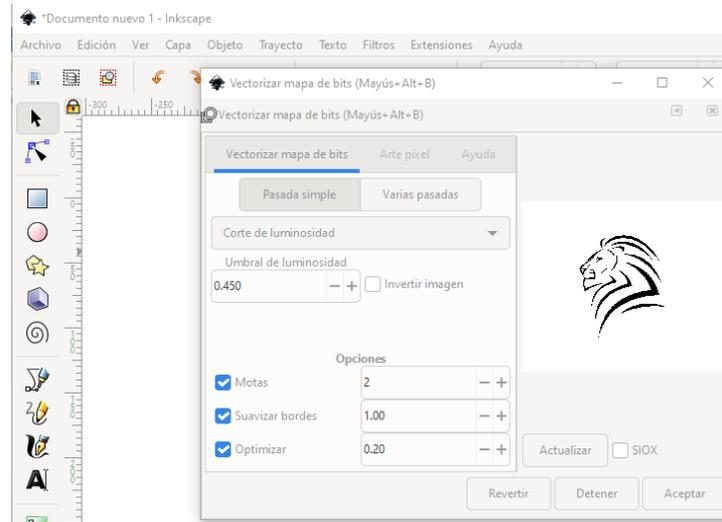
**Fuente:** (Elaboración propia)



*Imagen 27 buscamos la imagen para importar*

**Fuente:** (Elaboración propia)

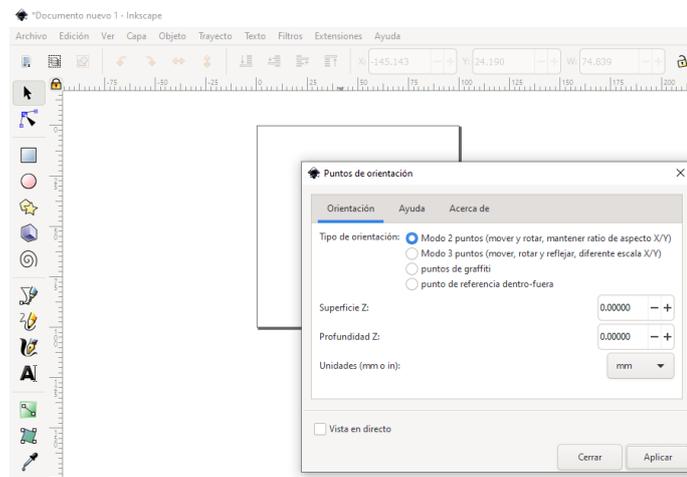
4. Luego hacemos clic en archivo y acemos clic en importar imagen, seleccionamos a imagen requeridad y procedemos a tranformar de formato jpg a formato png como se observa en a **imagen 26** y la **imagen 27**.



*Imagen 28 Imagen vectorizada a mapa de bit*

**Fuente:** (Elaboración propia)

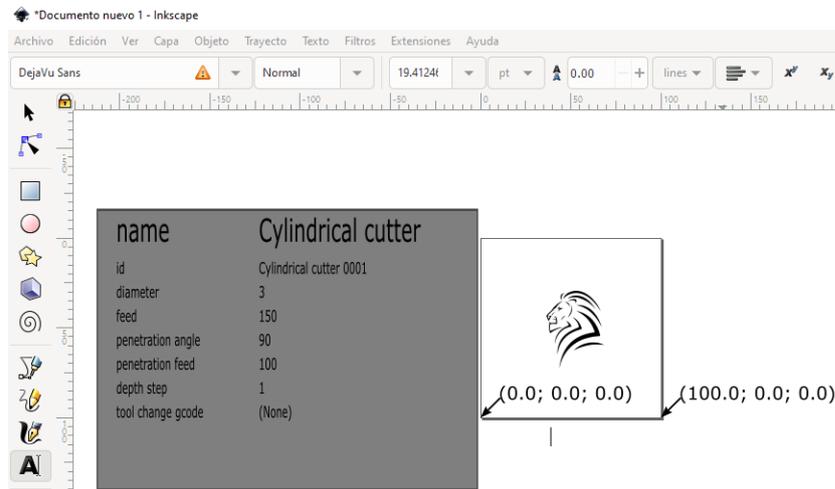
5. A continuación hacemos clic en trayecto luego hacemos clic en vectorizar mapa bit, luego hacemos clic en actualizar y hacemos clic en aceptar como se observa en la **imagen 28**.



*Imagen 29 proceso de puntos de orientación de la imagen*

**Fuente:** (Elaboración propia)

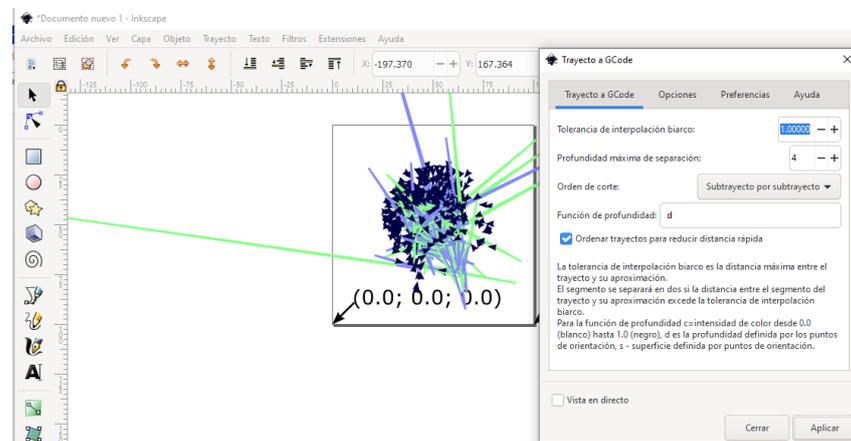
Luego hacemos clic en extensiones luego clic en Gdetools y clic en puntos de orientación, hacemos clic en modo 2 y clic en aplicar como se observa en la **imagen 29**.



**Imagen 30** Aplicación de biblioteca de herramientas a la imagen

**Fuente:** (Elaboración propia)

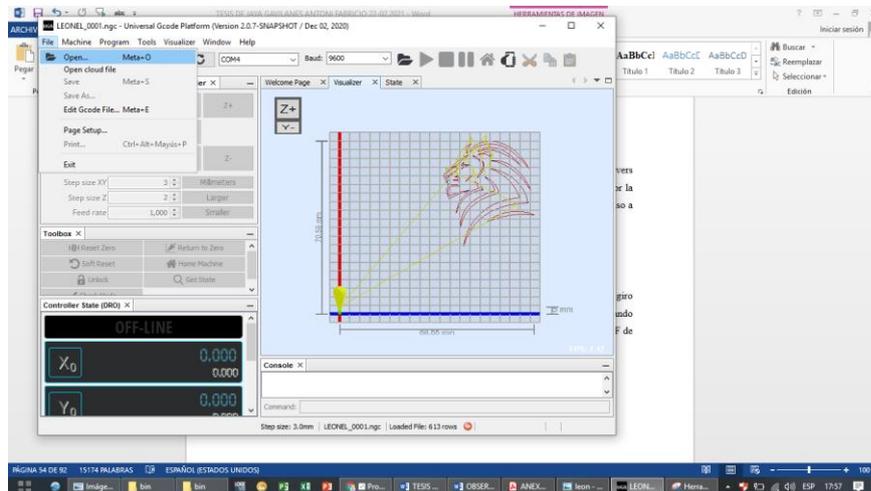
A continuación realizamos clic en extensiones luego clic en gdetools y clic en biblioteca de herramientas y realizamos los cambios en la tabla mostrada anterior el la cual cambiamos el tipo el diametro de la fresa la velocidad del husillo como se observa en la **imagen 30**.



**Imagen 31** transformación a trayecto gcode

**Fuente:** (Elaboración propia)

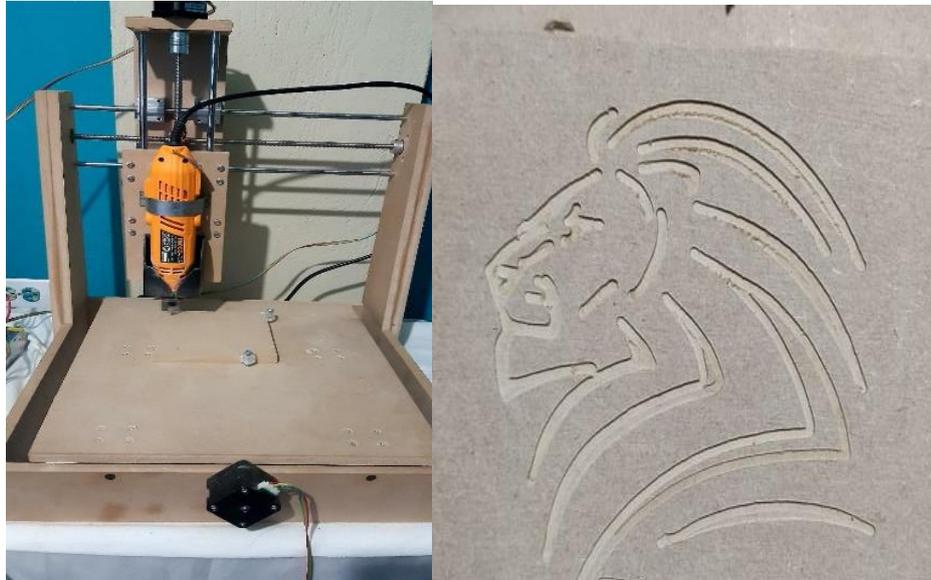
Luego realizamos clic en extensiones, clic en gdetools , clic en trayecto gcode y clic en aplicar en donde vectorizara la imagen en formato ngc y guardamos el formato como se observa en la **imagen 31**.



*Imagen 32 importamos el formato “ngc” al programa UGS*

**Fuente:** (Elaboración propia)

6. Posteriormente abrimos el programa universal gcode sender el cual realizamos clic en file, luego clic en open donde elegimos nuestra imagen en formato “ngc” y clic en abrir y se carga en el programa universal gcode sender (UGS) como se observa en la **imagen 32**.
7. Posteriormente se conecta la placa arduino con nuestro ordenador mediante un cable USB.
8. Posteriormente se abre el programa universal gcode sender el cual se conectará con la placa arduino.
9. A continuación, una vez abierto el programa universal gcode sender se importa la imagen vectorizada en formato “ngc” el cual este programa transformará a códigos G.
10. Y finalmente el programa universal gcode sender enviará los códigos G a la placa arduino el cual leerá esa información y enviará las introducciones a la shield CNC.
11. Posteriormente la Shield CNC mandará las introducciones eléctricas a los drivers para que los drivers manden los voltajes a los motores paso a paso para que realicen los movimientos en los tres ejes (X, Y Z).

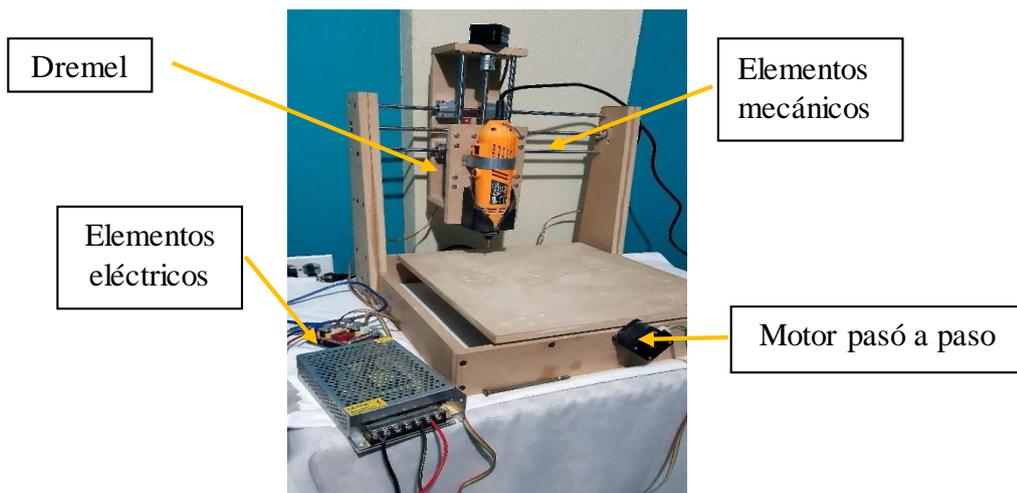


*Imagen 33 Máquina a tallar a través de las introducciones emitidas del UGS*

**Fuente:** (Elaboración propia)

12. Finalmente se coloca la tabla MDF de L12 cm x 12 cm y ubica al dremel en el punto cero, se prende el dremel se le realiza de forma manual que la máquina realice el punto cero sobre la madera perfore 0,2 mm y se le envía el cual realizara las introducciones emitida a la máquina para que realice el tallado en la madera como se observa en la imagen 33.

**Mantenimiento preventivo y correctivo.**



*Imagen 34 Prototipo máquina CNC para el tallo en la madera MDF.*

**Fuente:** (Elaboración propia)



**Preventivo.**

1. Realizar la limpieza del dremel cada mes.
2. Realizar la limpieza de los motores paso a paso
3. Realizar la limpieza de la estructura de la maquina cada mes.
4. Realizar una limpieza de los elementos eléctricos cada 3 semanas.
5. Realizar una limpieza y revisión de los drivers.
6. Realizar una inspección de los carbones del dremel cada 10 días.
7. Realizar un ajuste de los motores junto con la estructura cada semana.
8. Realizar un engrasado a los piñones internos del dremel cada mes.
9. Procura no utilizar la maquina después de una hora ya que se pueden sobre calentar los motores paso a paso.
10. Evite que se introduzca líquido en el dremel y elementos eléctricos del prototipo.
11. Revirar las condiciones de los componentes del prototipo.
12. Utilizar accesorios para escoger la viruta o polvo del tallado para no perjudicar a los elementos mecánicos.
13. Realizar bien la programación para tener un buen funcionamiento de la máquina CNC.

**Correctivo.**

1. Realizar cambio de carbones del dremel antes que se terminen para que no sufra daños mecánicos.
2. Realizar una inspección y cambios de fresa del dremel antes, para que los motores pasaron a paso no ejerza fuerza innecesaria.
3. Realizar una inspección y cambio de los drivers antes, para que no existas errores de tallado en la madera.
4. Revisar el arduino cono también la shield CNC para realizar el cambio respectivo.
5. Realizar una inspección y cambio de cables de los motores pasó a paso para que no pierdan paso.

## Recomendaciones:

- Pedir el manual de funcionamiento del prototipo al empleador.
- Aplicar las normas e introducciones del proceso de construcción de la máquina.
- Leer el manual de proceso y funcionamiento para saber los conceptos básicos del prototipo.
- Utilizar los equipos de protección como por ejemplo la mascarilla antes de realizar un grabado en la madera para no sufrir daños respiratorios.
- Revisar el Layout para verificar los diferentes procesos para identificar capa puesto de trabajo.

## 6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

### 6.1. Presupuesto

En la **tabla 21** se detalla los gastos que se invertido para poder ejecutar el diseño y construir del prototipo de la máquina CNC para el tallado en la madera para la microempresa “El Mundo Del Mueble” en cual cuenta con gastos directos e indirectos para la construcción de la máquina de igual manera observar en el “**Anexo III**” las facturas que de los gastos en la compra de los elementos mecánicos para la construcción.

*Tabla 21 Presupuesto*

| Recursos Materiales                            | PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN |        |                   |                   |
|--|---------------------------------|--------|-------------------|-------------------|
|  | Costos Directos                 |        |                   |                   |
|  | Cantidad                        | Unidad | V. Unitario<br>\$ | Valor Total<br>\$ |
| Dremel INKA 130 W                              | 1                               | U      | \$ 42,25          | \$ 42,25          |
| Motor paso a paso bipolar Nema 17 12V          | 3                               | U      | \$ 22,00          | \$ 66,00          |
| Tornillo CNC D 8 mm 400 mm de largo de 4 hilos | 1                               | U      | \$ 16,00          | \$ 16,00          |
| Tornillo CNC D 8 mm 400 mm de largo de 4 hilos | 2                               | U      | \$ 17,00          | \$ 34,00          |
| Eje de acero D 8 mm de longitud de 300 mm      | 2                               | U      | \$ 6,00           | \$ 12,00          |
| Eje de acero D 8 mm de longitud 400 mm         | 4                               | U      | \$ 8,00           | \$ 32,00          |
| A continuación                                 |                                 |        |                   |                   |
| Tuerca con camisa y 3 tornillos M3             | 3                               | U      | \$ 3,50           | \$ 10,50          |
| Acople CNC flexible 5mm / 8mm                  | 3                               | U      | \$ 4,00           | \$ 12,00          |

|   |   |               |                            |                    |
|---|---|---------------|----------------------------|--------------------|
| Rodamiento CNC lineal de bolas para eje de 8 mm | 6   | U             | \$ 2,50                    | \$ 15,00           |
| ShieldCNC +(3) A4988                            | 1   | U             | \$ 17,00                   | \$ 17,00           |
| Arduino UNO R3 + cable                          | 1   | U             | \$ 11,50                   | \$ 11,50           |
| Caja de Fresas de madera de 1,2,3,4,5 (mm)      | 1   | U             | \$ 20,00                   | \$ 20,00           |
| Media plancha de MDF                            | 1   | U             | \$ 15,00                   | \$ 15,00           |
| Kit de tornillos con tuerca 340 pcs             | 1   | U             | \$ 3,52                    | \$ 3,52            |
| Sujetador cama fresada CNC                      | 4   | U             | \$ 1,50                    | \$ 6,00            |
| Fuente de poder 12 V 5 A                        | 1   | U             | \$ 16,00                   | \$ 16,00           |
| driver  | 3   | U             | \$ 3,00                    | \$ 9,00            |
| tornillos M3 X25 con tuerca                     | 20  | U             | \$ 0,05                    | \$ 1,00            |
|   |   |               | <b>Total, de inversión</b> | <b>\$ 338,77</b>   |
| <b>Recurso Humano</b>                           |   |               |                            |                    |
| Mano de obra                                    | 40  | horas         | \$ 4,38                    | \$ 175,20          |
|   |   |               |                            |                    |
|   | <b>Total, costos Directos</b>                       |               |                            | <b>\$ 513,97</b>   |
|   | <b>COSTOS INDIRECTOS</b>                            |               |                            |                    |
| <b>Recursos</b>                                 | <b>Cantidad</b>                                     | <b>Unidad</b> | <b>V. Unitario</b>         | <b>Valor Total</b> |
| Transporte                                      | 10  | U             | \$ 0,25                    | \$ 2,50            |
| Servicios corte router                          | 11  | Minutos       | \$ 1,82                    | \$ 20              |
|   |   |               |                            |                    |
|   | <b>Total, costos Indirectos</b>                     |               |                            | <b>\$ 22,52</b>    |
|   | <b>Sub Total</b>                                    |               |                            | <b>\$ 536,49</b>   |
|   | <b>Imprevistos 10%</b>                              |               |                            | <b>\$ 53,65</b>    |
|   | <b>Total, de costos directo + costos Indirectos</b> |               |                            | <b>\$ 590,14</b>   |

Fuente: (Elaboración propia)

## 6.2. Análisis de impactos

En el análisis de impactos se pueden responder las siguientes preguntas:

- **Impacto social:** Al ofrecer una amplia gama de diseños complejos y personalizados aumentara la cartera de clientes que busquen un servicio de grabado caracterizado en muebles para el hogar, lo que genera un mayor número de pedidos aumentando un

mayor número de empleos y adquisición de materia prima a los proveedores vinculados a la microempresa.

- **Impacto tecnológico:** A partir del diseño y construcción de máquina CNC de tres husillos se pudo automatizar el proceso de tallado en madera y trabajar con productos de mejor acabado superficial y mayor precisión; adicionalmente este diseño busca innovar en el proceso de grabado que actualmente ofrece la microempresa el mundo del mundo con diseños personalizados.
- **Impacto productivo:** En base a las pruebas experimentales realizadas en el proceso de grabado se determinó que el tiempo de tallado de diseños complejos del prototipo se encuentra en el intervalo de 35 a 40 min, el cual depende de la complejidad del diseño. Por lo tanto, acorde a este tiempo se estima un número de 4 tallados diarios, es decir un total de 20 tallados a la semana.
- **Impactos económicos:** Del análisis de costos del proceso de tallado realizado con el Sr. Wilmer Bravo gerente propietario se determinó un aumento en la ganancia de \$130 dólares a la semana, que equivale a un 3.11% adicional, al multiplicar \$130 por 4 semanas laborables se estableció una ganancia mensual de \$520 dólares. Que permite determinar un tiempo de 2 meses para el retorno de la inversión inicial.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- De la aplicación del método ordinal de criterios ponderados se pudo establecer que la mejor alternativa de diseño del prototipo de máquina CNC es la máquina de tres ejes con dremel de corte, desbaste y perforado que garantiza la mejor relación entre la precisión, costo, cambio de elementos mecánicos y el peso.
- Como resultado de la medición de los tiempos del grabado manual vs el grabado automatizado se estableció el aumento en 53s del proceso de tallado automático debido a la limitada capacidad del prototipo que trabaja a menor revolución.
- De los resultados experimentales realizados a los procesos de grabado manual vs automatizado se determinó que el proceso de tallado mediante el mecanizado de la máquina CNC disminuye los desperdicios en 2,87%.
- En base a las pruebas experimentales realizadas al comparar el proceso manual vs el automatizado se estableció que la máquina CNC tiene una mayor precisión de las dimensiones y forma requeridas, con un valor de tolerancia de  $\pm 0,1$  mm.
- En relación a lo expuesto se logró la optimización del proceso de tallado al obtener piezas mecanizadas con mayor precisión y ahorro de materia prima.
- Finalmente se concluye que la máquina CNC construida permitirá pasar de los diseños lineales que normalmente ofrece la microempresa a diseños más complejos y personalizados.

**Recomendaciones:**

- Para el funcionamiento de óptimo de la máquina se sugiere trabajar con bajas revoluciones en el husillo, en un intervalo de 10 a 12 rpm debido a que altas revoluciones existe la posibilidad de que la herramienta de corte se fracture.
- Se recomienda al operario de la máquina revisar el manual de funcionamiento del prototipo para que pueda conocer el procedimiento de operación y los programas que debe ejecutar previo al proceso de tallado.
- Previo al montaje de los componentes electrónicos se recomienda realizar una inspección del funcionamiento de los siguientes elementos: arduino, Shield CNC y drivers para el adecuado trabajo de la máquina.
- Se recomienda añadir un sistema de limpieza de viruta que trabaje en paralelo con el mecanizado de la máquina CNC, de esta manera se evita un sobre esfuerzo de la herramienta de desbaste por obstrucciones de viruta.

## 8. REFERENCIAS

### Referencias

- [1] «Maderas Santanas,» 16 04 2015. [En línea]. Available: <https://www.maderasantana.com/caracteristicas-tableros-madera-mdf/>.
- [2] J. Navarro, «Definición ABC,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.definicionabc.com/economia/mdf.php>.
- [3] «Entre Herramientas,» 07 01 2017. [En línea]. Available: <https://entreherramientas.com/definicion-usos-precios-caracteristicas-del-mdf/>.
- [4] «Creamoblar,» 13 12 2020. [En línea]. Available: <https://www.creamoblar.com/caracteristicas-de-los-tableros-o-madera-mdf/>.
- [5] «Megat,» 16 05 2017. [En línea]. Available: <http://www.megat.ec/principales-usos-y-aplicaciones-de-tableros-de-mdf/>.
- [6] «Aitim,» 15 06 2015. [En línea]. Available: [https://www.cscac.com/area\\_tecnica/aitim/enlaces/documentos/Tableros\\_Fibras%20MDF\\_15.06.2015.pdf](https://www.cscac.com/area_tecnica/aitim/enlaces/documentos/Tableros_Fibras%20MDF_15.06.2015.pdf).
- [7] «Edimca,» 02 10 2019. [En línea]. Available: <https://edimca.com.ec/wp-content/uploads/2019/10/Catalogo-Tableros-SMALL.pdf>.
- [8] Alejandro, «Maderas Santana,» 16 04 2015. [En línea]. Available: <https://www.maderasantana.com/caracteristicas-tableros-madera-mdf/>.
- [9] «Unistar,» 15 03 2018. [En línea]. Available: [http://m.unistarcncrouter.com/cnc-router/atc-cnc-router/automatic-wood-carving-machine.html?fbclid=IwAR1DuPEVkJXhr48eKcJ6zyXo3hG01wk7SNezKaeszq\\_1jd0SsV12XUHu\\_yP8](http://m.unistarcncrouter.com/cnc-router/atc-cnc-router/automatic-wood-carving-machine.html?fbclid=IwAR1DuPEVkJXhr48eKcJ6zyXo3hG01wk7SNezKaeszq_1jd0SsV12XUHu_yP8).
- [10] «Jinan Lingdiao Machinery Equipment Ltd,» 19 04 2016. [En línea]. Available: <http://www.ldcnc.net/wood-cnc-router/automatic-wood-carving-machine.html>.
- [11] D. G. Ana Martin, «Repositorio.espe.edu.ec,» 04 05 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9977/4/T-ESPEL-MEC-0046.pdf>.
- [12] «Maderame,» 24 06 2018. [En línea]. Available: <https://maderame.com/maquina-control-numeric-cnc/>.
- [13] Y. Maturo, «Sites,» 01 02 2017. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/634mantenimiento/tipos-de-cnc>.
- [14] «Autycom,» 24 01 2020. [En línea]. Available: <https://www.autycom.com/tipos-de-maquina-de-control-numeric-cnc/>.

- [15] «Tecnitool,» 11 04 2020. [En línea]. Available: <https://www.tecnitool.es/tipos-de-fresadoras-para-madera/>.
- [16] C. R. Romeva, «books.google.com.ec,» 2002. [En línea]. Available: [https://books.google.com.ec/books?id=IeaPng4UWdgC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=IeaPng4UWdgC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).
- [17] García, «Amazon,» 13 07 2016. [En línea]. Available: [https://www.taringa.net/+ciencia\\_educacion/construye-tu-propia-fresadora-cnc-profegarcia\\_hw0zb](https://www.taringa.net/+ciencia_educacion/construye-tu-propia-fresadora-cnc-profegarcia_hw0zb).
- [18] «Amazon,» 05 08 2020. [En línea]. Available: <https://www.amazon.com/-/es/m%3%A1quina-grabado-aluminio-cortador-acr%C3%ADlico/dp/B08F9G12DS>.
- [19] «Amazon,» 02 01 2019. [En línea]. Available: <https://www.amazon.es/dp/B07X8V SZSD?tag=www-fresadora-fun-21&linkCode=osi&th=1>.
- [20] «Mercadolibre.com.ec,» 03 01 2018. [En línea]. Available: [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-428773266-cnc-6040a-router-maquina-fresadora-madera-metal-3-ejes-\\_JM#position=3&type=item&tracking\\_id=7b6e2743-9898-434d-8bf6-cb2125b89329](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-428773266-cnc-6040a-router-maquina-fresadora-madera-metal-3-ejes-_JM#position=3&type=item&tracking_id=7b6e2743-9898-434d-8bf6-cb2125b89329).
- [21] «Solidbi,» 30 12 2020. [En línea]. Available: <https://solid-bi.es/solidworks/>.
- [22] «Ayto Torrijos,» 22 02 2019. [En línea]. Available: <https://ayto-torrijos.com/herramientas/que-es-solid-works-y-para-que-sirve/>.
- [23] «Masisa,» masisa, [En línea]. Available: <https://www.masisa.com/producto/tablero-mdf-de-2440x1520mm-espesor-12mm-31663>. [Último acceso: 21 01 2021].
- [24] Electronics, «mercadolibre.com.ec,» [En línea]. Available: [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-428918742-kit-impresora-3d-mini-cnc-profegarcia-\\_JM#position=1&type=item&tracking\\_id=510c7042-a2a1-4d27-ae67-41343a889bad](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-428918742-kit-impresora-3d-mini-cnc-profegarcia-_JM#position=1&type=item&tracking_id=510c7042-a2a1-4d27-ae67-41343a889bad).
- [25] «Ingeniería Mecafenix,» 20 04 2017. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>.
- [26] C. Cirjordiz, «Infootec Net,» 12 08 2015. [En línea]. Available: <https://www.infootec.net/arduino/#1-8211-Descripcion-y-caracteristicas-tecnicas>.
- [27] «Sandorobotics,» 2019. [En línea]. Available: <https://sandorobotics.com/producto/hr0180/>.
- [28] «Superrobotica,» 04 01 2021. [En línea]. Available: <http://www.superrobotica.com/S310084.htm#:~:text=A4988%20es%20circuito%20controlador%20bipolar,de%20origen%20desde%20cualquier%20microcontrolador.&text=Este%20driver%20es%20famoso%20por,a%20paso%20de%20las%20mismas..>

- [29] «Madness Electronics,» 14 01 2021. [En línea]. Available: <http://www.madnesselectronics.com/producto/acople-flexible-5mm-x-8mm/#:~:text=Este%20acople%20permite%20unir%20el,impresoras%203D%20y%20sistemas%20CNC..>
- [30] A. G. Julián Pérez Porto, «Definición,» 2016. [En línea]. Available: <https://definicion.de/rodamiento/>.
- [31] «Tbi Motion,» 17 06 2018. [En línea]. Available: <https://www.tbimotion.com.tw/es/category/CAT-Linear-Ball-Bearing.html>.
- [32] «Wikipedia,» 29 11 2020. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Eje\\_\(mec%C3%A1nica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Eje_(mec%C3%A1nica)).
- [33] «Dynamo Electronics,» 23 01 2016. [En línea]. Available: <https://www.dynamoelectronics.com/tienda/tuerca-8mm-tornillo-trapezoidal/>.
- [34] P. Landín, «Pelandintecno,» 12 02 2018. [En línea]. Available: <http://pelandintecno.blogspot.com/2018/02/tornillo-sin-fin-descripcion-y.html>.
- [35] «Amazon.es,» 22 09 2016. [En línea]. Available: [https://www.amazon.es/SHINA-Cubierto-0-6mm-1-5mm-rotatorias-ST0-6-1-5mm-10/dp/B00OPY6R6I/ref=sr\\_1\\_14?dchild=1&keywords=brocas+cnc&qid=1610731141&sr=8-14](https://www.amazon.es/SHINA-Cubierto-0-6mm-1-5mm-rotatorias-ST0-6-1-5mm-10/dp/B00OPY6R6I/ref=sr_1_14?dchild=1&keywords=brocas+cnc&qid=1610731141&sr=8-14).
- [36] J. Salvador, «Stanser,» 31 07 2019. [En línea]. Available: <https://www.stanser.com/5-brocas-maquinas-cnc-router/>.
- [37] «Megandash,» [En línea]. Available: <https://www.megandash.com/producto/mototool-ingco-mini-taladro-tipo-dremel-130w/>.
- [38] R. Esquivel, «Revista Ferrepat,» 19 07 2018. [En línea]. Available: <https://www.revista.ferrepat.com/herramientas/accesorios-dremel-uso-en-taller/>.
- [39] Roberto, «Bricolaje fácil,» 29 08 2018. [En línea]. Available: <https://bricolajefacil.net/conoce-usos-dremel/>.
- [40] «Micro JPM,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.microjpm.com/products/s-120-12-switch-power-supply-12vdc-10a/>.
- [41] «Multitecnología VYV,» 08 10 2019. [En línea]. Available: <https://multitecnologiavyv.com/cual-es-la-importancia-de-la-fuente-de-poder/>.
- [42] A. Martínez, «ConceptoDefinición,» 20 04 2020. [En línea]. Available: <https://conceptodefinicion.de/fuente-poder/>.
- [43] «San Dorobotics,» San Dorobotics, [En línea]. Available: <https://sandorobotics.com/producto/1077/>.

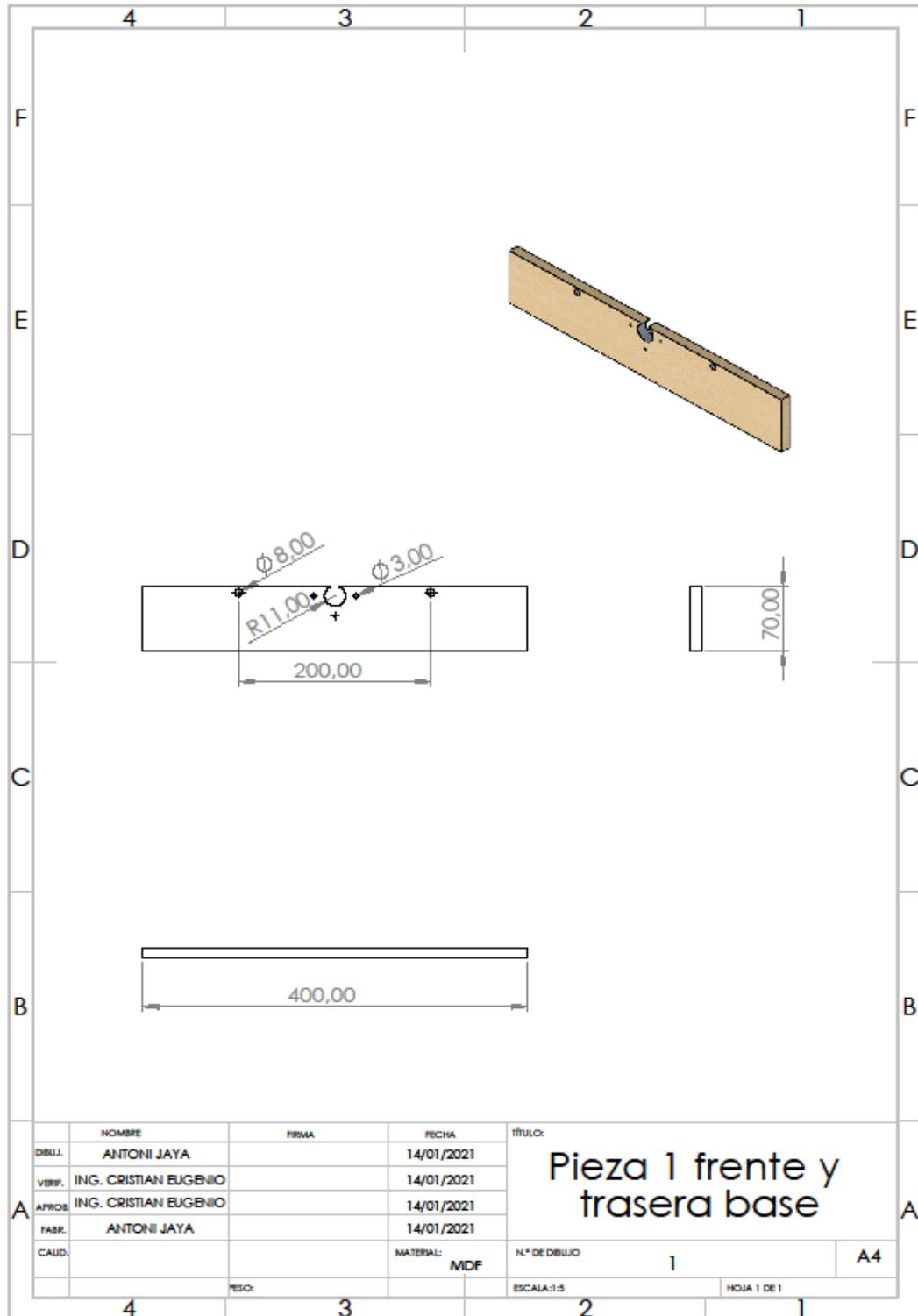
- [44] «Steelart,» [En línea]. [Último acceso: 21 01 2020].
- [45] E. D. Caicedo Guerra, 02 17 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/12821/T-ESPE-053798.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [46] «Inkscape,» 01 09 2020. [En línea]. Available: <https://inkscape.org/es/acerca-de/#:~:text=Es%20usado%20por%20dise%C3%B1adores%20profesionales,de%20W3C%2C%20como%20formato%20nativo.>
- [47] «Inkscape.org,» 01 06 2020. [En línea]. Available: <https://inkscape.org/es/acerca-de/resumen/>.
- [48] C. Arciniega, «Repositorio.ute.edu.ec,» 11 09 2018. [En línea]. Available: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/18537/1/70783\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/18537/1/70783_1.pdf).
- [49] J. Churra, «Repositorio.unap.edu.pe,» 23 06 2020. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/user/Downloads/Chura\\_Condori\\_Jes%C3%BAs\\_Favio.pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/Chura_Condori_Jes%C3%BAs_Favio.pdf).
- [50] J. Corrales, «Repositorio.espe.edu.ec,» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15484/1/T-ESPEL-MEC-0159.pdf>.
- [51] A. Martin, «Repositorio.espe.edu.ec,» 04 05 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9977/4/T-ESPEL-MEC-0046.pdf>.
- [52] A. E. T. R. J. G. Sosa Silva, «Repositorio.espe.edu.ec,» 06 05 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10341/1/T-ESPE-048846.pdf>.
- [53] «Electrocrea,» 28 12 2020. [En línea]. Available: <https://electrocrea.com/products/shield-para-control-de-cnc-driver-a4988#:~:text=La%20Arduino%20CNC%20Shield%20es,gracias%20a%20su%20formato%20shield.>
- [54] G. Venturini, «Tecnologia+informatica,» 30 09 2020. [En línea]. Available: <https://www.tecnologia-informatica.com/que-son-drivers-controladores/>.
- [55] E. D. Caicedo Guerra, «Repositorio.espe.edu.ec,» 17 02 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12821/1/T-ESPE-053798.pdf>.
- [56] «Allegro,» Allegro, 04 09 2020. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/user/Downloads/A4988-Datasheet.pdf>.
- [57] «Yosoytuprofe,» 25 04 2019. [En línea]. Available: <https://yosoytuprofe.20minutos.es/2019/04/25/media-aritmetica-estadistica/>. [Último acceso: 26 02 2021].

- [58] «Khanacademy,» [En línea]. Available: <https://es.khanacademy.org/math/statistics-probability/summarizing-quantitative-data/variance-standard-deviation-population/a/calculating-standard-deviation-step-by-step>. [Último acceso: 26 02 2020].
- [59] M. d. educación, «Educacion.gob.ec,» 03 04 2020. [En línea]. Available: [https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/04/FIP\\_Eban-Tallado-y-Escul.pdf](https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/04/FIP_Eban-Tallado-y-Escul.pdf). [Último acceso: 24 02 2021].
- [60] «creamoblar,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.creamoblar.com/caracteristicas-de-los-tableros-o-madera-mdf/>.
- [61] «MEGA T,» 16 05 2017. [En línea]. Available: <http://www.megat.ec/principales-usos-y-aplicaciones-de-tableros-de-mdf/>.
- [62] «AITIM,» 15 06 2015. [En línea]. Available: [https://www.cscae.com/area\\_tecnica/aitim/enlaces/documentos/Tableros\\_Fibras%20MDF\\_15.06.2015.pdf](https://www.cscae.com/area_tecnica/aitim/enlaces/documentos/Tableros_Fibras%20MDF_15.06.2015.pdf).
- [63] «Taladroinalambrico.blogspot,» 04 01 2016. [En línea]. Available: <http://taladroinalambrico.blogspot.com/>.
- [64] «Pintulac,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.pintulac.com.ec/taladroinalambrico-1-2-18v-wesco>.
- [65] Mega, «mega.nz,» mega.nz, [En línea]. Available: <https://mega.nz/file/XiARQIJC#drVUNSKh4i4HbQW99w9sgnaMCIX3EddMuqzEBNPMPq4>. [Último acceso: 22 02 2021].

**ANEXOS:**

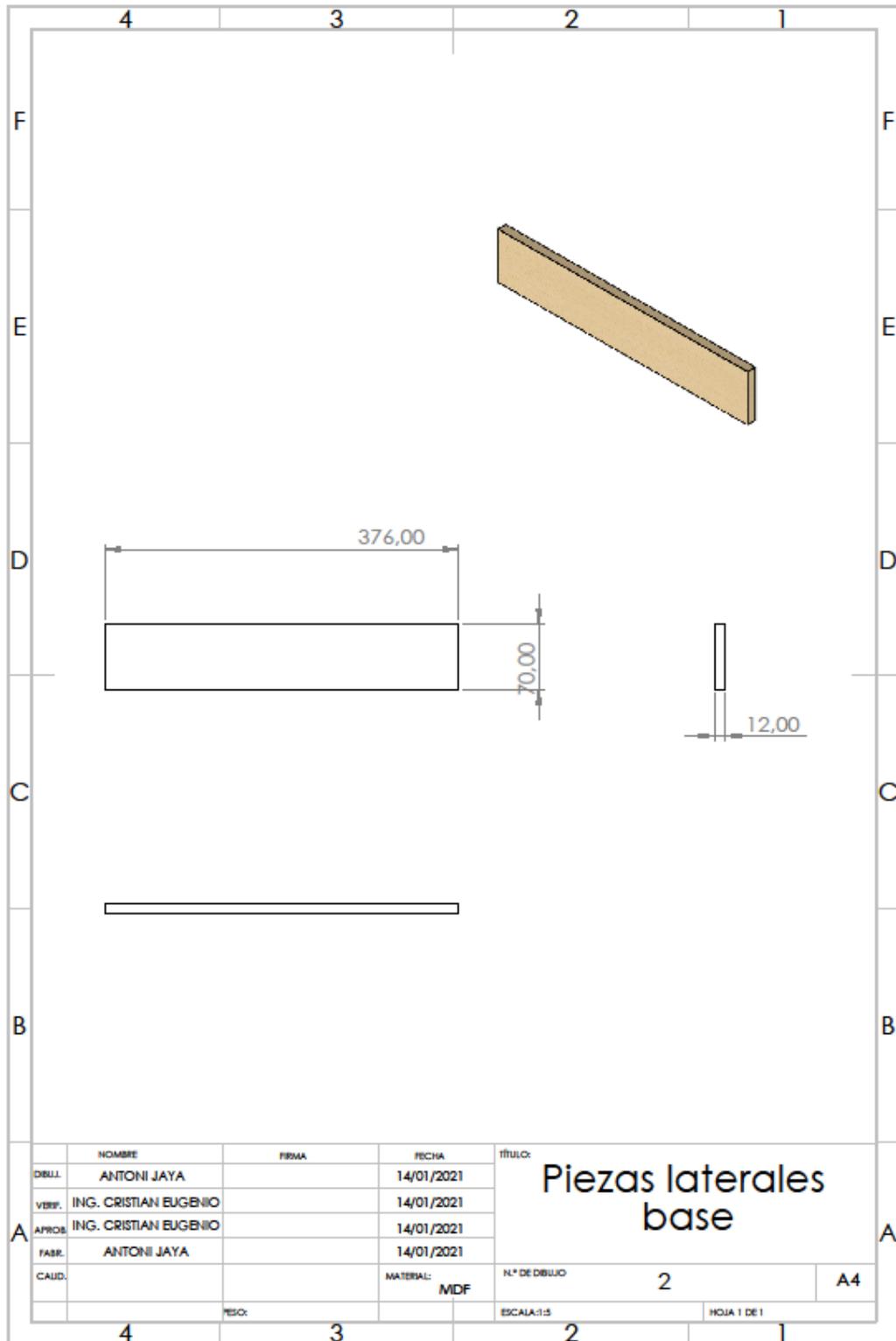
**Anexo I**

*Figura I1 Pieza 1*



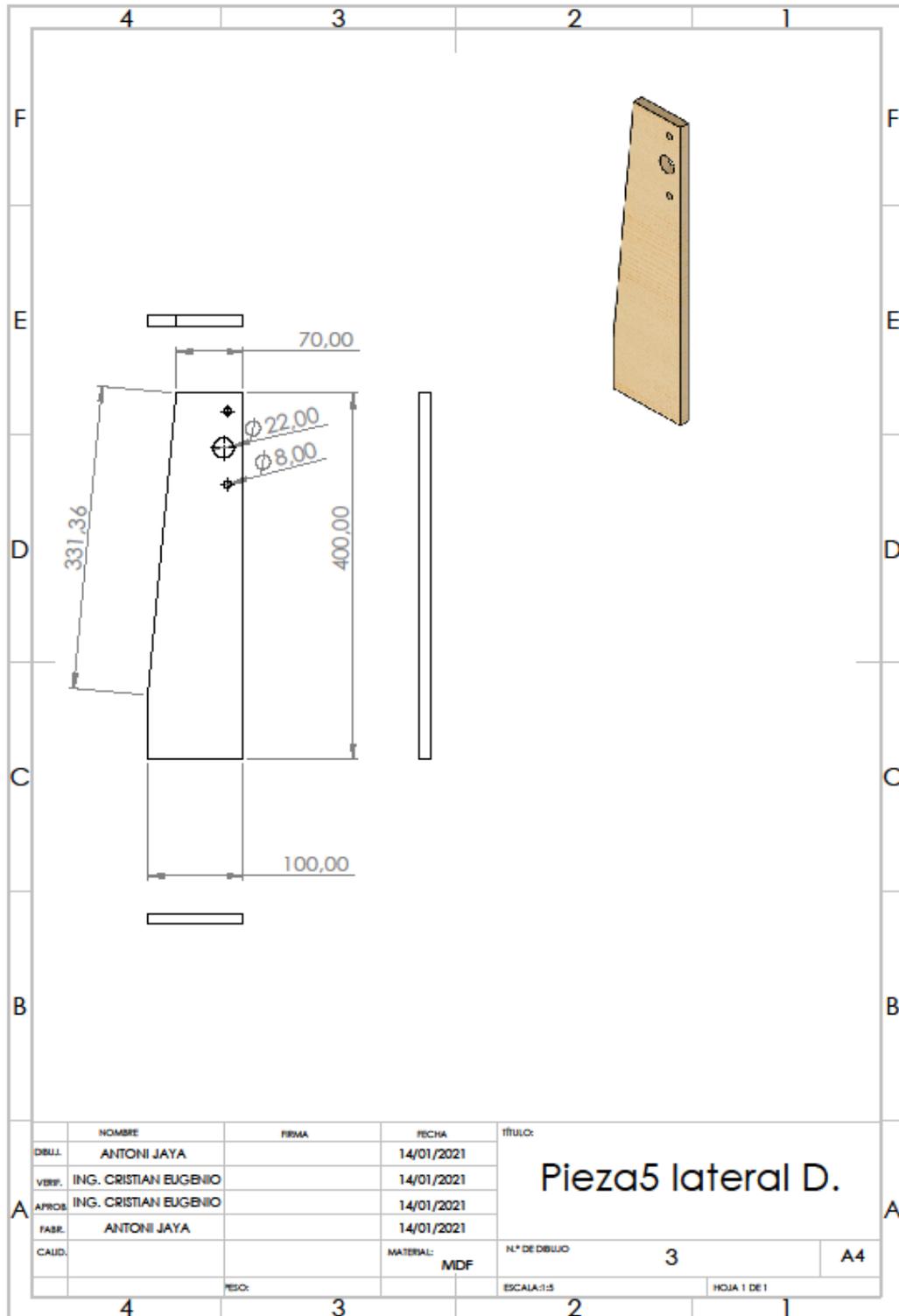
**Fuente:** (Elaboración propia)

*Figura I 2 Pieza lateral base*



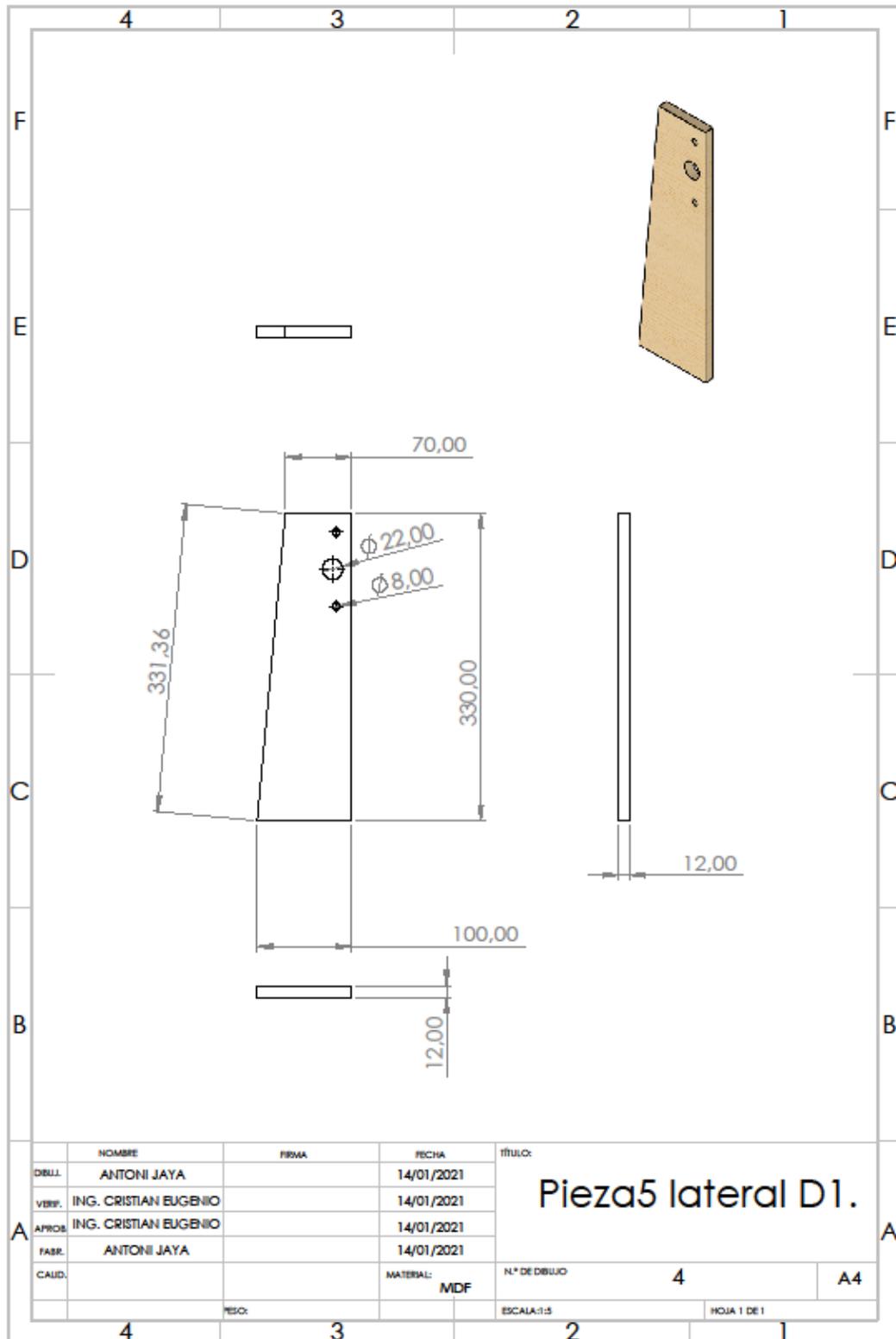
**Fuente:** (Elaboración propia)

Figura I 3 Pieza 5 lateral D



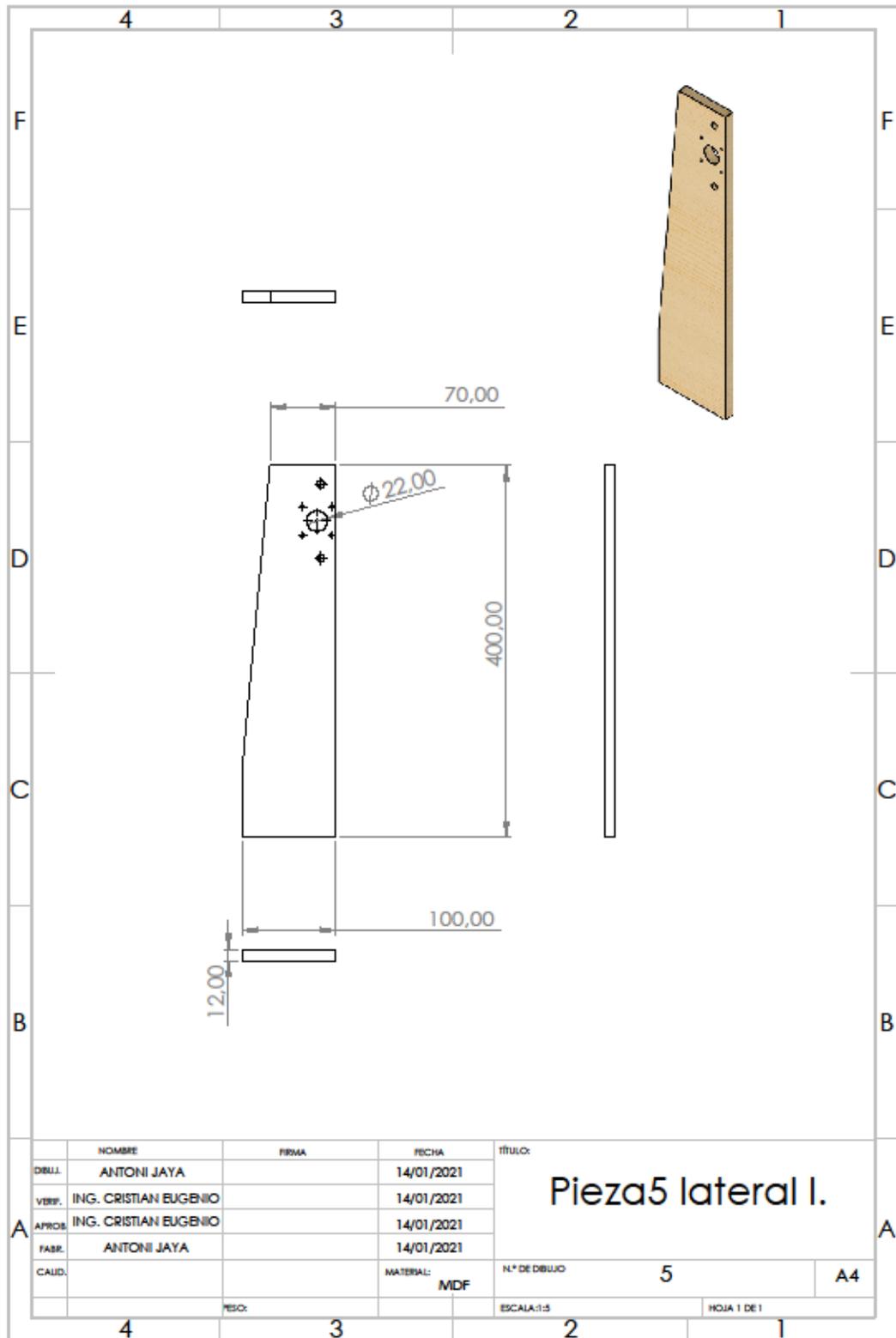
Fuente: (Elaboración propia)

Figura I 4 Pieza 5 lateral D1



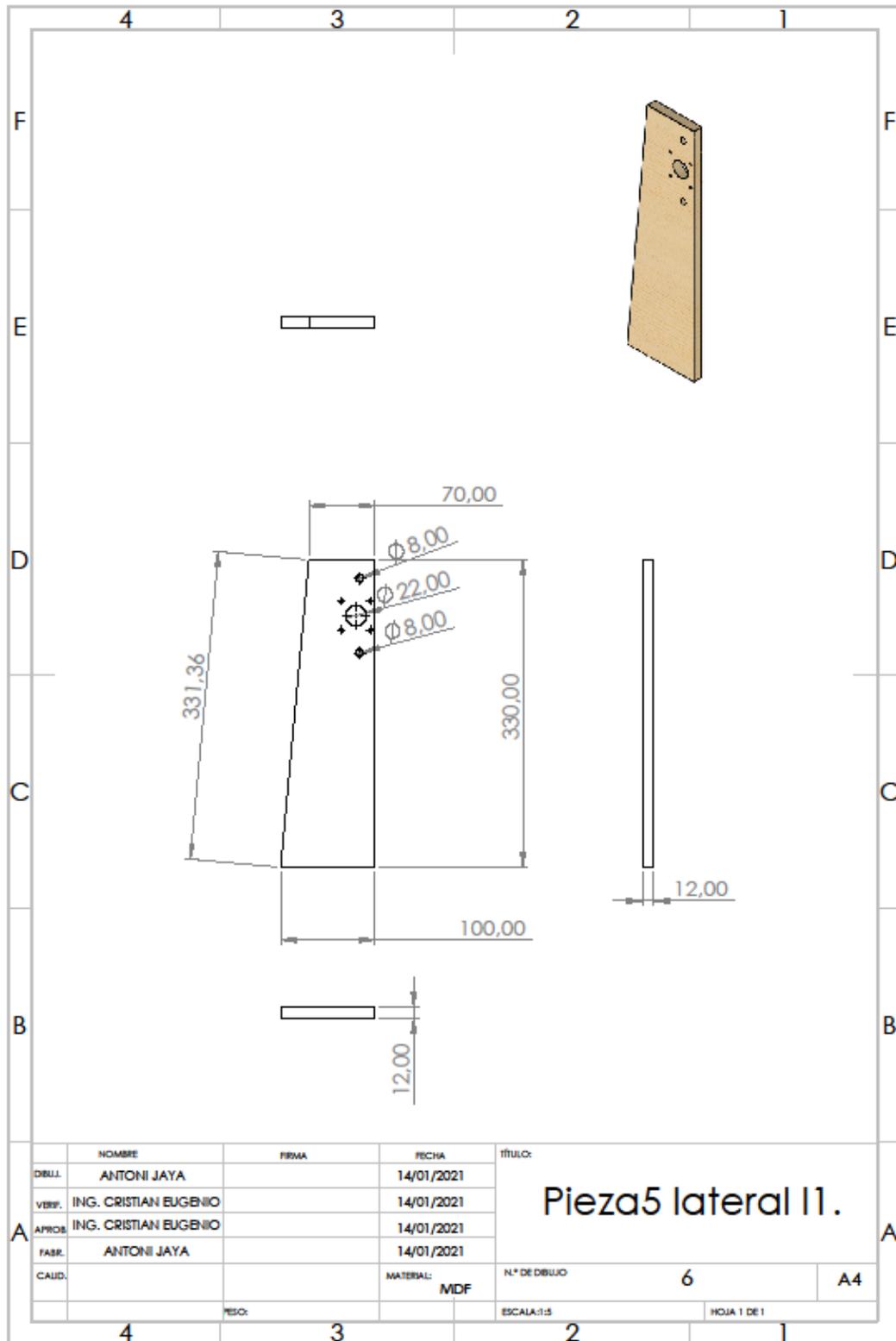
Fuente: (Elaboración propia)

Figura 15 Pieza 5 lateral I



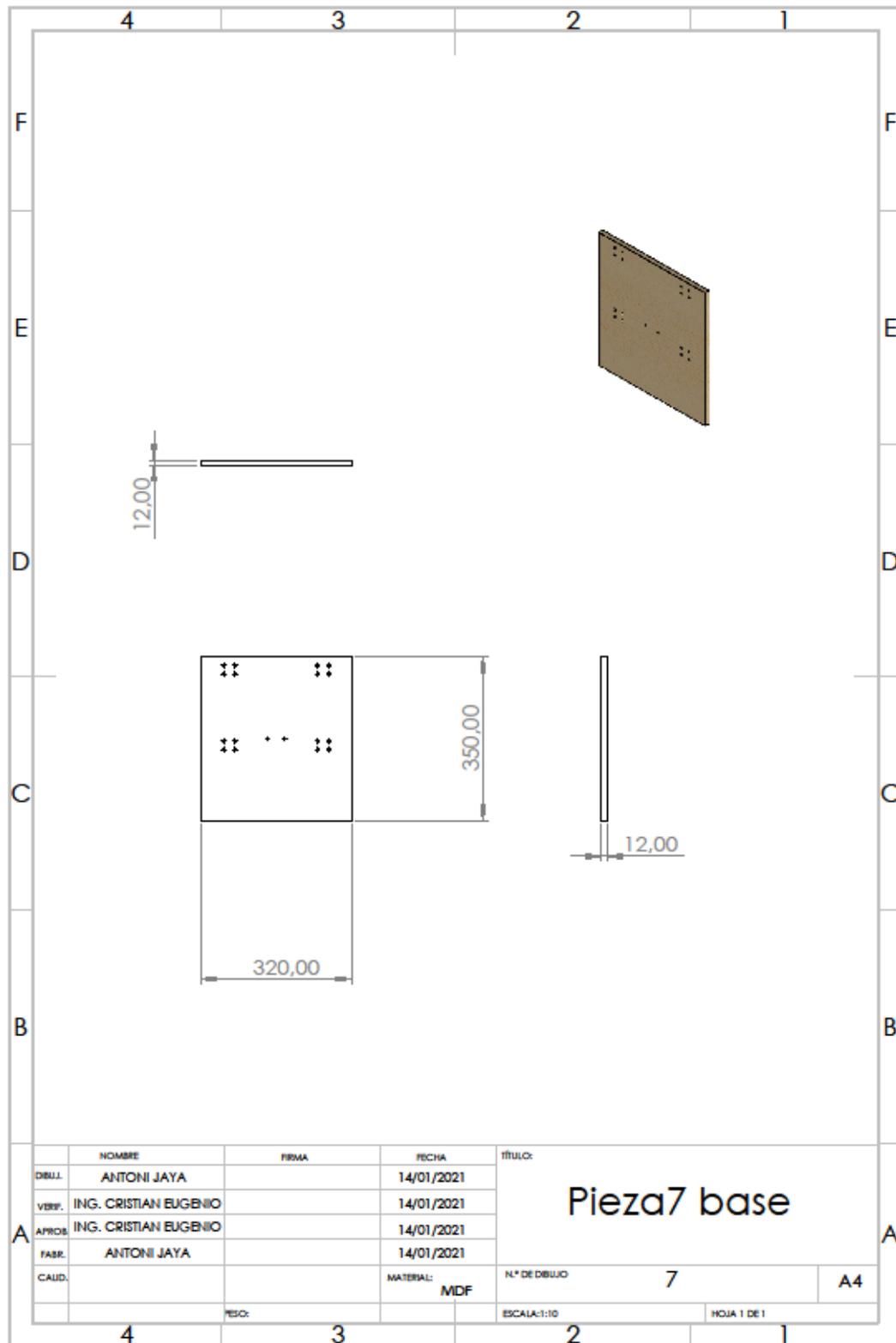
Fuente: (Elaboración propia)

Figura 16 Pieza 5 lateral I1



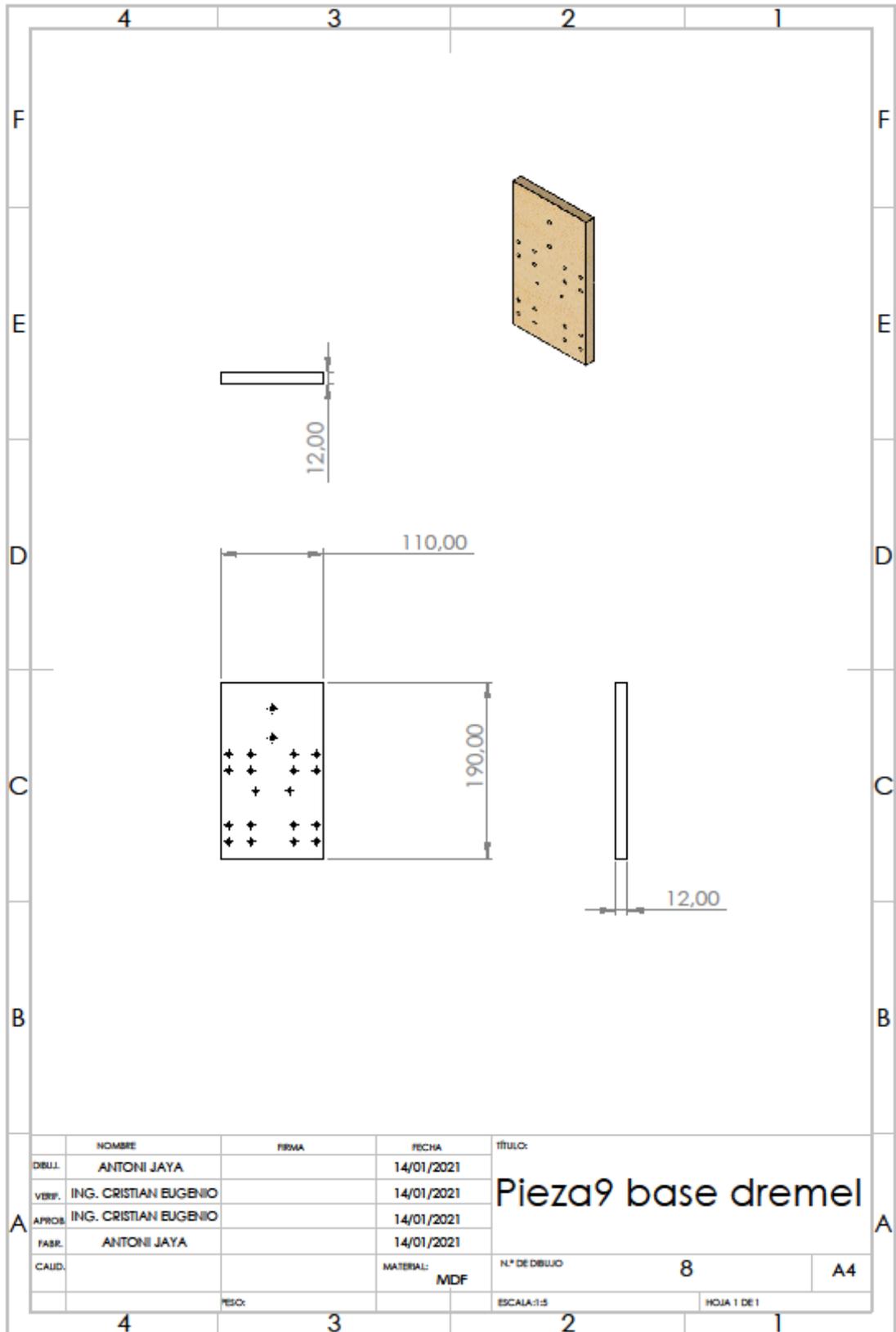
Fuente: (Elaboración propia)

Figura I7 Pieza 7 base



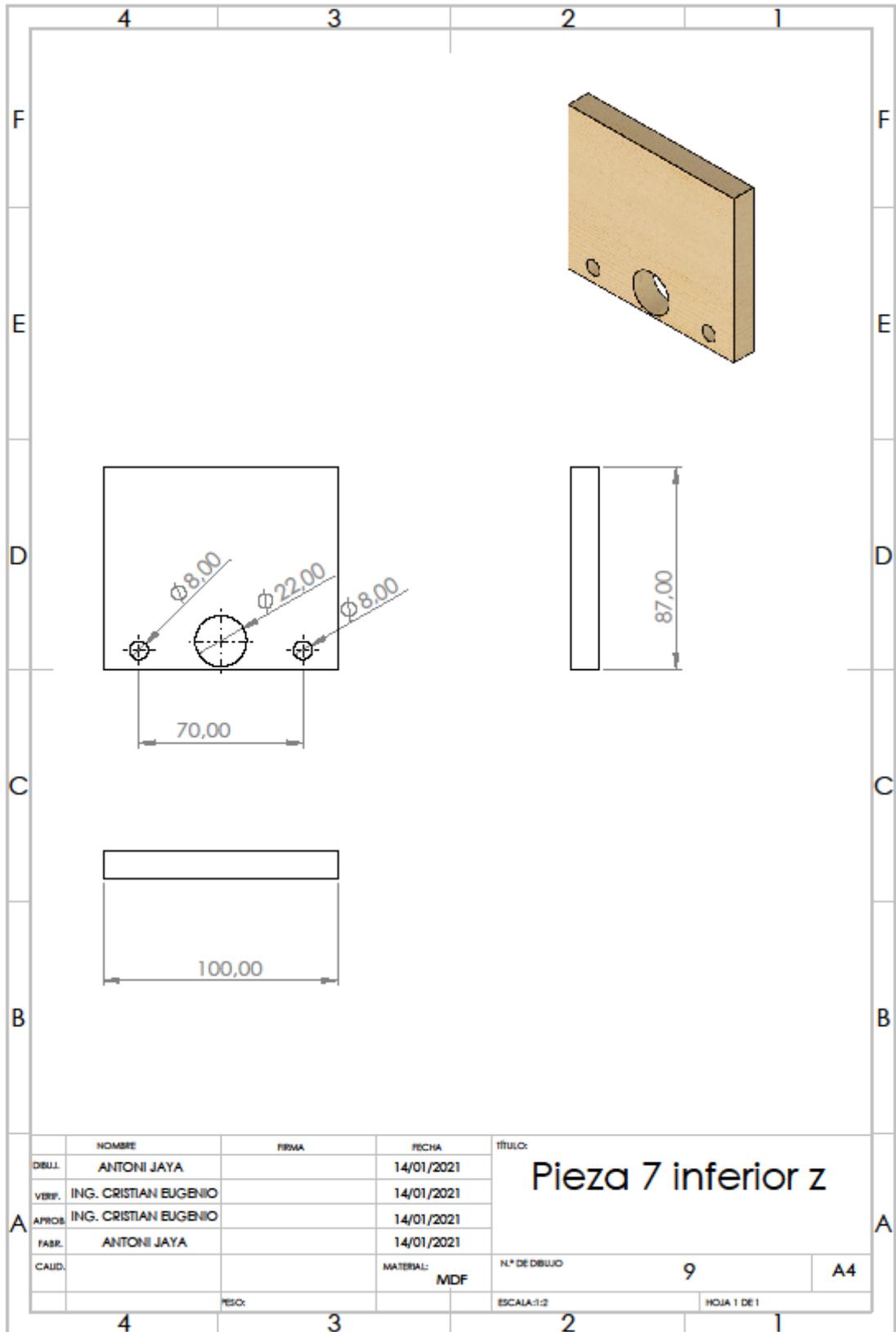
Fuente: (Elaboración propia)

Figura 18 Pieza 9 base dremel



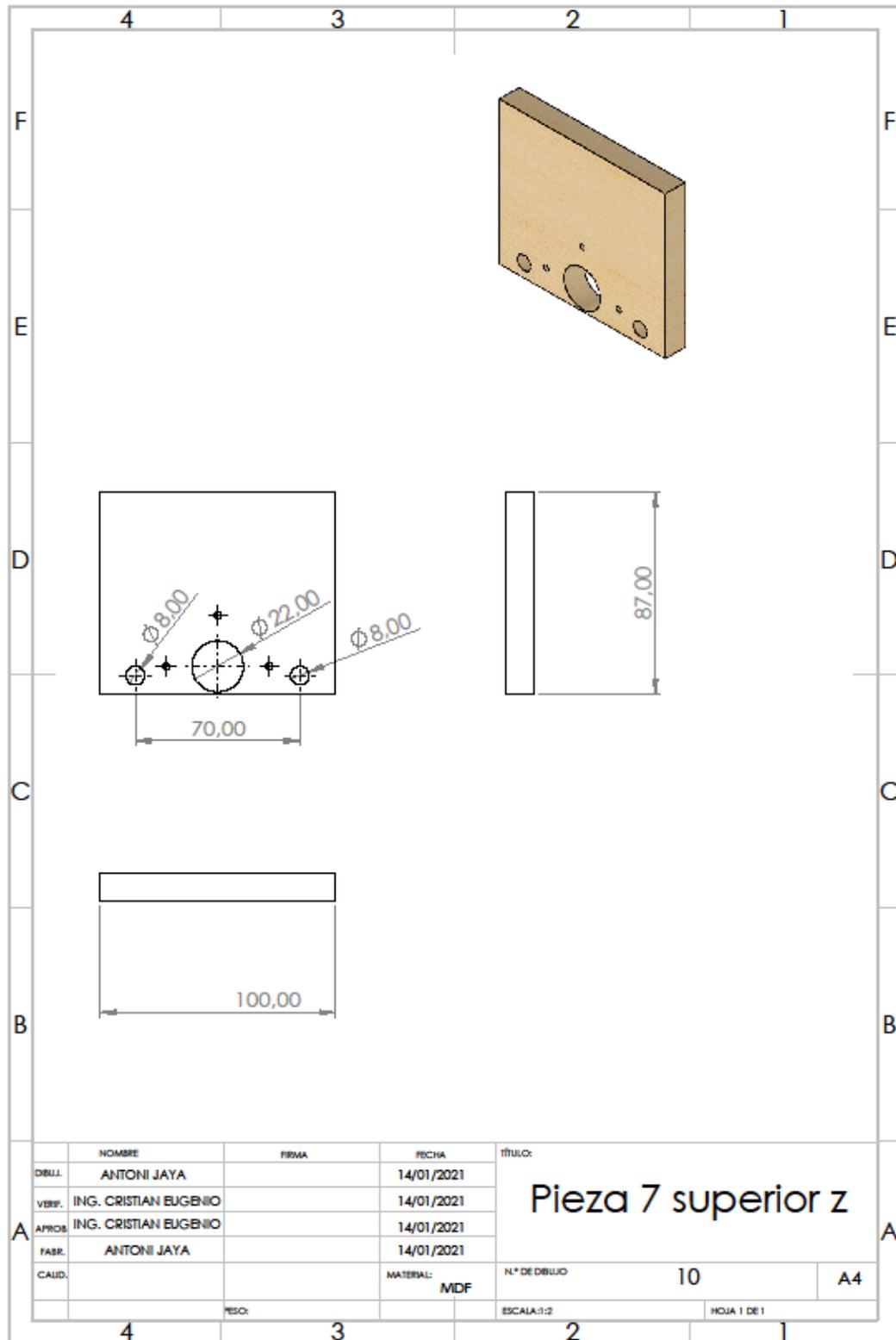
Fuente: (Elaboración propia)

Figura 19 Pieza 7 inferior Z



Fuente: (Elaboración propia)

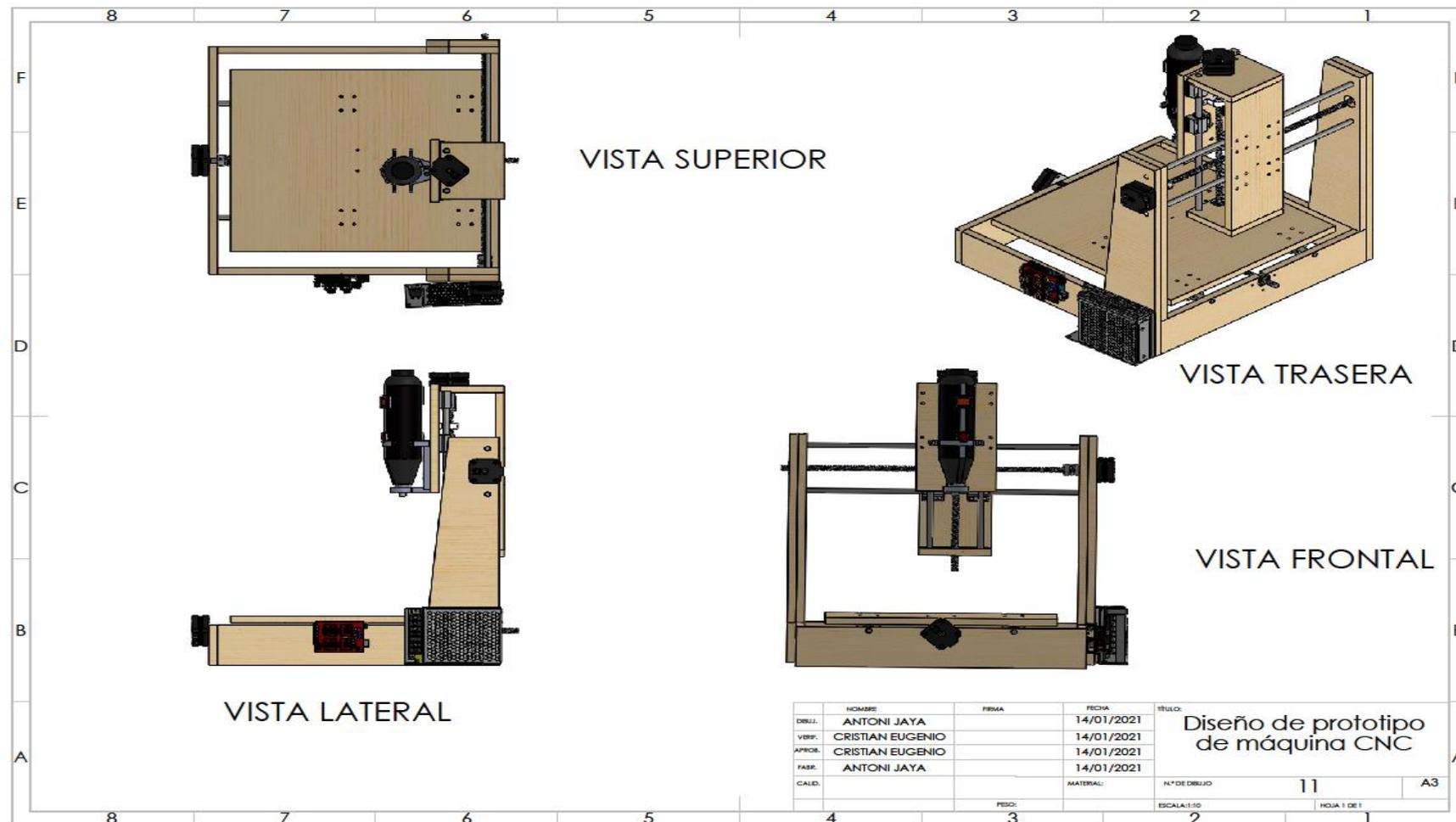
Figura I 10 Pieza 7 superior Z



Fuente: (Elaboración propia)

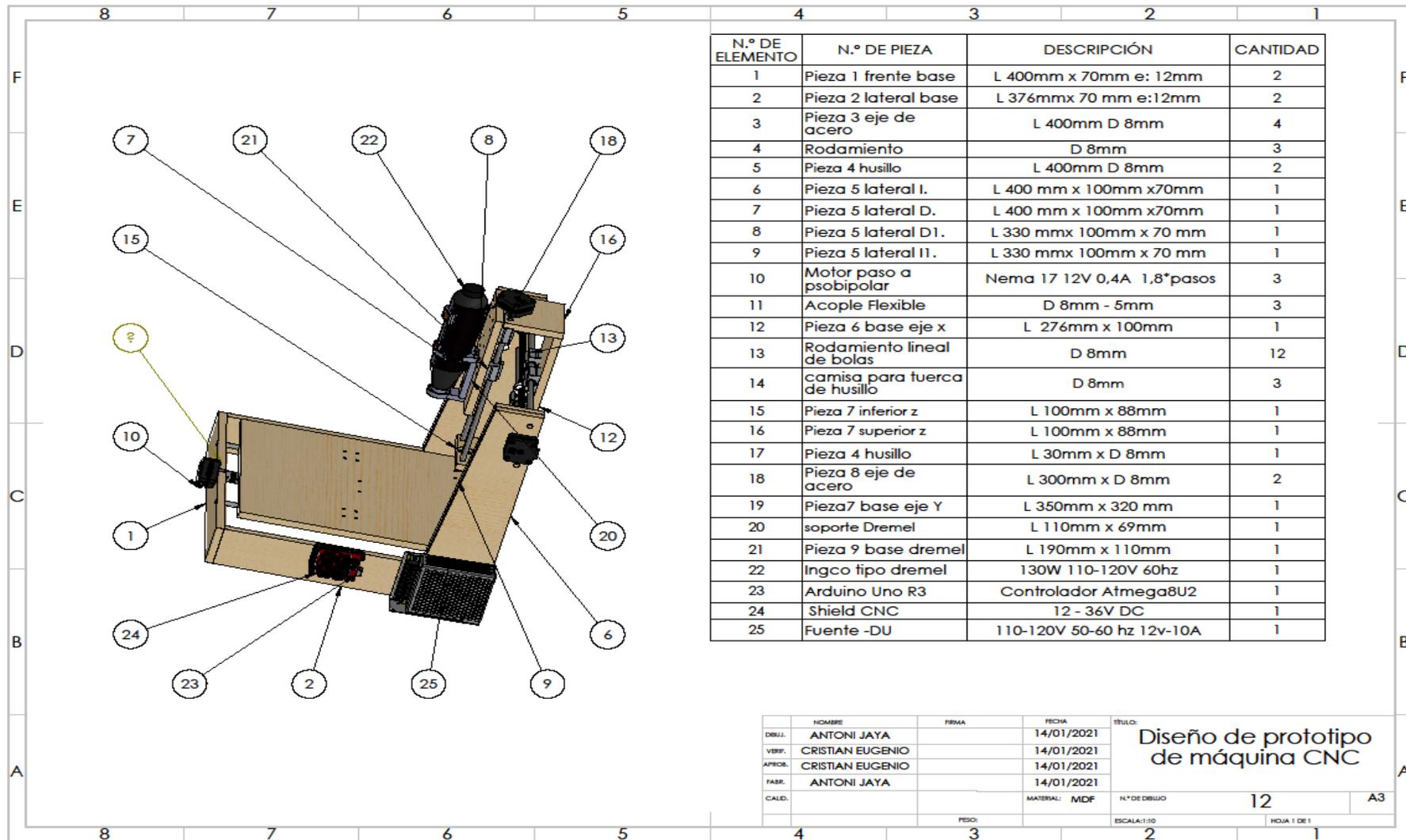
## Ensamble y vistas de la estructura de la máquina CNC

*Figura 111 Vistas del prototipo de la máquina CNC construida*



Fuente: (Elaboración propia)

Figura I 12 Diseños del prototipo con sus elementos



Fuente: (Elaboración propia)

## Anexo II

*Figura II 1 Códigos “G”*

G00: Posicionamiento rápido (sin maquinar)  
G01: Interpolación lineal (maquinando)  
G02: Interpolación circular (horaria)  
G03: Interpolación circular (antihoraria)  
G04: Compás de espera  
G10: Ajuste del valor de offset del programa  
G20: Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas)  
G21: Comienzo de uso de unidades métricas  
G28: Volver al home de la máquina  
G32: Maquinar una rosca en una pasada  
G36: Compensación automática de herramienta en X  
G37: Compensación automática de herramienta en Z  
G40: Cancelar compensación de radio de curvatura de herramienta  
G41: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la izquierda  
G42: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la derecha  
G70: Ciclo de acabado  
G71: Ciclo de maquinado en torneado (escalera con progresión monótona de cilindrados)  
G72: Ciclo de maquinado en frentado (escalera con progresión monótona de frentados)  
G73: Repetición de patrón  
G74: Taladrado intermitente, con salida para retirar virutas  
G76: Maquinar una rosca en múltiples pasadas  
G96: Comienzo de desbaste a velocidad tangencial constante  
G97: Fin de desbaste a velocidad tangencial constante  
G98: Velocidad de alimentación (unidades/min)  
G99: Velocidad de alimentación (unidades/revolución)

**Fuente:** (Elaboración propia)

Anexo III

Figura III 1 Factura de compra de tornillos MDF



Fuente: (Elaboración propia)

Figura III 2 Factura de compra de los tornillos M3x 25

|   |          | CASTILLO HERMANOS S.A.<br>RUC: 1790155102001<br>AGENTE DE RETENCIÓN RESOLUCIÓN MAC-DMCRASC20-00000001<br>OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI  |                           |           |              |
|---|----------|--|---------------------------|-----------|--------------|
| PRINCIPAL: Quito - Ecuador<br>Tel/Fax: 2475-7856/7 2477-214<br>Panamericana Norte Km. 5 1/2 #13135<br>AMÉRICA: Tel/Fax: 2227-270 2226-507<br>Av. América N22-148 Y Ramírez Dávalos<br>GUAJALO: Tel/Fax: 2684-560/1<br>Av. Simón Bolívar Lote 174 y Av. Maldonado<br>CUMBAYÁ: Tel: 204-1450 099-450-2576<br>Centro Comercial Plaza Cumbayá Local 20<br>GUAMANI: Tel/Fax: 2695-700 2699-542 2699-706<br>Panam. Sur Km. 12 1/2 Sector El Beaterío<br>BANGOLQUÍ: Tel/Fax: 3880-501 3880-502<br>San Rafael, Av. Gral. Enriquez e Isla Galango<br>Email: ventas@castillohermanos.com <a href="http://www.castillohermanos.com">www.castillohermanos.com</a> |          | FACTURA<br>No. 002-001-000335531<br>NÚMERO DE AUTORIZACIÓN<br>0812202001179015510200120020010003355313622141711<br>Fecha y Hora de Autorización: 2020-12-08 T13:58:57<br>AMBIENTE: PRODUCCIÓN<br>EMISIÓN: NORMAL<br>CLAVE DE ACCESO<br>0812202001179015510200120020010003355313622141711 |                           |           |              |
| Razón Social / Nombres y Apellidos: <b>JAYA ANTONI</b><br>RUC/Ci: <b>1725480790</b><br>Fecha: <b>08/12/2020</b> <span style="float: right;">Bodega: ALM. AMERICA</span>   |          |  |                           |           |              |
| Código Principal  | Cantidad | Descripción  | Precio Unitario           | Descuento | Precio Total |
| 1882400   | 20.00    | TORNILLO AC.INOX. C.AVELLANADA D.PH. MM DIN965 304(A2) 3X25  | 0.030                     | 0.064     | 0.536        |
| 604710  | 20.00    | TUERCA AC.INOX. MM DIN934 304(A2) 3X0.50   | 0.020                     | 0.043     | 0.357        |
| INFORMACION ADICIONAL   |          |  | SUBTOTAL 12%              |           | 0.89         |
| Dirección Cliente: BELLAVISTA DEL SUR   |          |  | SUBTOTAL 0%               |           | 0.00         |
|   |          |  | SUBTOTAL No sujeto de IVA |           | 0.00         |
|   |          |  | SUBTOTAL SIN IMPUESTOS    |           | 0.89         |
|   |          |  | DESCUENTO                 |           | 0.11         |
|   |          |  | IVA 12%                   |           | 0.11         |
| FORMA DE PAGO   |          |  | VALOR TOTAL               |           | 1.00         |
| PAGO  |          |  | VALOR                     |           |              |
| Sin Utilización del Sistema Financiero  |          |  | 1.00                      |           |              |
| Número de Pagos: 1 DE CONTADO   |          |  |                           |           |              |

Fuente: (Elaboración propia)

**Figura III 3 Factura de compra del kit de los elementos mecánicos**

# VHMG

RUC: 1720926300001

**FACTURA**

No. 001-010-000000057

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN

091220200117209263000012001010000000574442325512

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 09/12/2020 02:19 PM

AMBIENTE: PRODUCCIÓN

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO



091220200117209263000012001010000000574442325512

Victor Hugo Masapanta Guayta

Victor Hugo Masapanta Guayta

Dirección matriz: Versalles N25-30 y Avenida Colón

Dirección sucursal: Versalles N25-30 y Avenida Colón

Teléfono: 0998819116

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: NO

CONTRIBUYENTE RÉGIMEN MICROEMPRESAS

Razón social / Nombres y apellidos: Antoni Jaya

Identificación: 1725490790

Fecha emisión: 09/12/2020

Dirección: Bellavista Sur

Teléfono: 3168403

| Cod. Principal | Cod. Auxiliar | Cantidad | Descripción      | Precio unitario           | Descuento | Precio total  |
|----------------|---------------|----------|------------------|---------------------------|-----------|---------------|
| COMPONE1       | COMPONEN      | 1,00     | Componentes CNC. | 242,857143                | 0,00      | 242,86        |
|                |               |          |                  | SUBTOTAL 12 %             |           | 242,86        |
|                |               |          |                  | SUBTOTAL 0%               |           | 0,00          |
|                |               |          |                  | SUBTOTAL NO OBJETO DE IVA |           | 0,00          |
|                |               |          |                  | SUBTOTAL EXENTO DE IVA    |           | 0,00          |
|                |               |          |                  | SUBTOTAL SIN IMPUESTOS    |           | 242,86        |
|                |               |          |                  | TOTAL DE DESCUENTO        |           | 0,00          |
|                |               |          |                  | ICE                       |           | 0,00          |
|                |               |          |                  | IVA 12%                   |           | 29,14         |
|                |               |          |                  | IRBPNR                    |           | 0,00          |
|                |               |          |                  | PROPINA                   |           | 0,00          |
|                |               |          |                  | <b>VALOR TOTAL</b>        |           | <b>272,00</b> |

| Forma de pago                               | Valor  |
|---|--------|
| 01 - Sin utilización del sistema financiero | 272,00 |

**Información adicional**

Correo de cliente: antoj20@gmail.com

Enviar los comprobantes de retenciones electrónicas al correo: hugo.masapanta@hotmail.com

Régimen: Régimen Contribuyente Microempresas

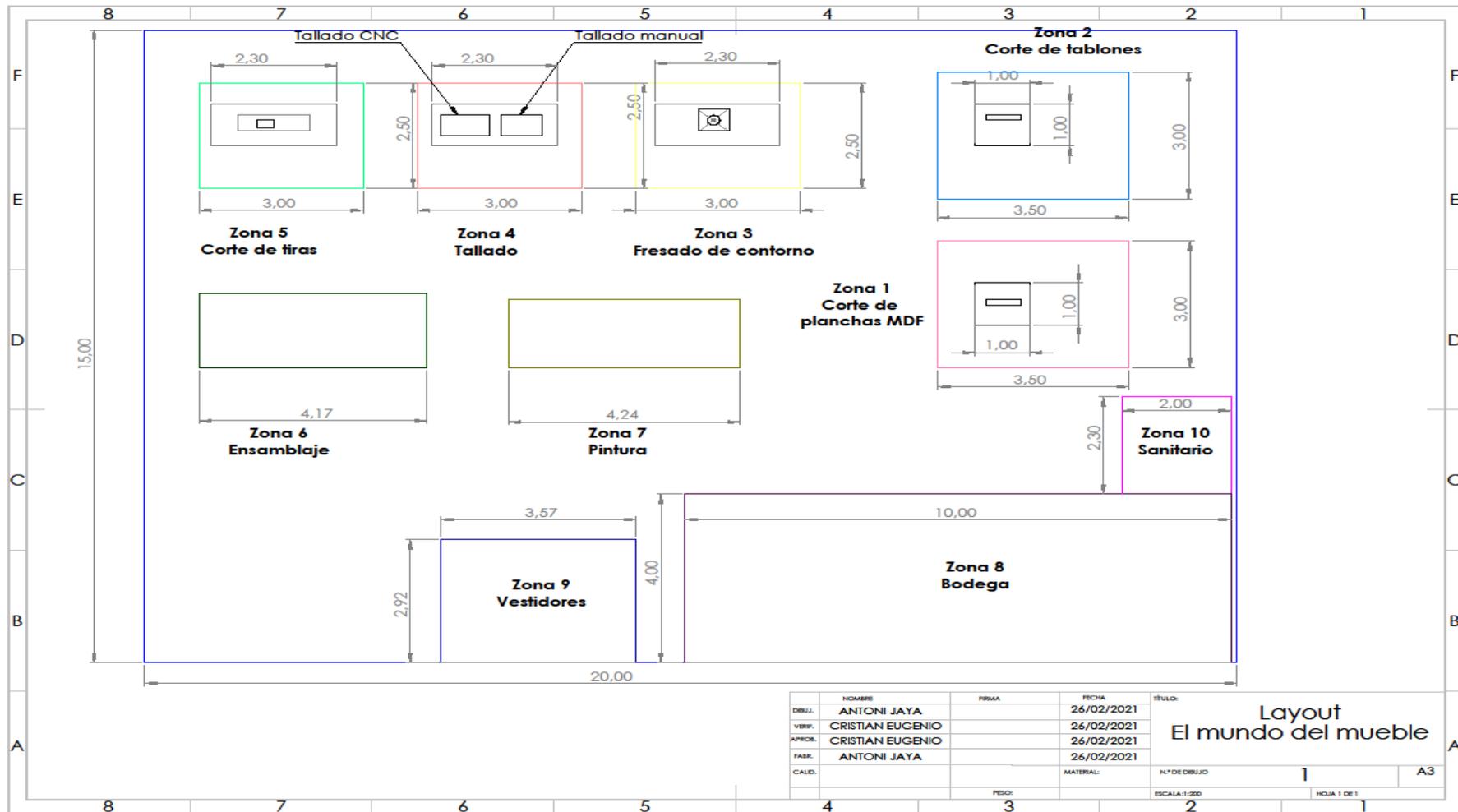
Todo comprobante de retención debe ser entregado en un plazo de 5 días a partir de la fecha de emisión de factura.



**Fuente:** (Elaboración propia)

# Anexo IV

Figura IV 1 Layout de la microempresa el mundo del mueble



Fuente: (Elaboración propia)