

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CONTROL NUMÉRCIO COMPUTARIZADO
(CNC) PARA GRABADO Y CORTE DE MATERIALES BLANDOS.

CÉSAR MAURICIO PARRA BLANCO

LUIS CARLOS VARGAS RAMÍREZ

UNIVERIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
BUCARAMANGA

2021

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO
(CNC) PARA GRABADO Y CORTE DE MATERIALES BLANDOS.

CÉSAR MAURICIO PARRA BLANCO

LUIS CARLOS VARGAS RAMIREZ

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO MECANICO

DIRECTOR:

JORGE ENRIQUE MENESES FLORES

Ingeniero mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

BUCARAMANGA

2021

A Dios Y A María.

Por darme la fortaleza espiritual necesaria para seguir adelante y acompañarme cada día, superando los obstáculos que se presentan a diario.

A mi madre Nubia Ramírez, a mis tías Matilde Abigail y Silveria Villarreal.

Por ser mi apoyo incondicional, ayudándome en cada problema, cada situación, brindándome ese respaldo y acompañamiento para hacer bien las cosas. Gracias porque sin ustedes tres no habría podido llegar a este punto en mi vida, las quiero mucho.

A mi hermana Carolina Vargas y mi papá Leonardo Vargas.

Por ayudarme en la culminación de mi proyecto, los consejos, la paciencia y ser mi mano derecha.

A mis amigos y compañeros.

Por estar a mi lado en los momentos que más los necesito, por los consejos, enseñanzas y ayudarme a culminar esta etapa en mi vida, muchas gracias.

Luis Carlos Vargas Ramírez

A Dios

Por acompañarme todos los días, dándome fortaleza para afrontar los obstáculos que se presentan en el día a día haciéndome mejorar cada día.

A mis padres y hermanos.

Por apoyarme en todas mis decisiones, estando para mí sin importar la situación, siendo una base fundamental para mi formación como persona con sus consejos y motivaciones.

A mis amigos y compañeros.

Por estar al lado mío afrontando las situaciones que se nos presentaron, guiándome y apoyándome en cada paso por la universidad.

A mi hermana menor Paula.

aunque ya no estás en este momento con nosotros, te agradezco por siempre creer en mí en todo momento.

César Mauricio Parra Blanco.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro director de proyecto Jorge Meneses, por ayudarnos con las inquietudes que se fueron presentando a durante el desarrollo del proyecto y sus consejos que nos permitieron seguir creciendo.

A la Universidad Industrial de Santander, por permitirnos formarnos académicamente como personalmente, brindándonos todo el apoyo solicitado y acompañamiento prestado en cada una de sus áreas.

Tabla de contenido

| | |
|--|----|
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO DE GRADO..... | 4 |
| 1.1.1. Objetivo General | 4 |
| 1.1.2. Objetivos específicos | 4 |
| 1.2. SOLUCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA..... | 6 |
| 1.3. ALTERNATIVAS DE DISEÑO..... | 7 |
| 1.3.1. Subsistema de estructura (bastidor, modulo x y y de la cnc láser). | 7 |
| 1.3.2. Subsistema de transmisión de potencia..... | 9 |
| 1.3.3. Subsistema de elementos eléctricos y electrónicos..... | 10 |
| 1.3.4. Subsistema de software de control (usuario – maquina)..... | 12 |
| 1.4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS..... | 12 |
| 1.4.1. Subsistema de estructura (bastidor, modulo X y Y de la CNC láser). | 13 |
| 1.4.2. Subsistema de transmisión de potencia..... | 13 |
| 1.4.3. Subsistema de elementos eléctricos y electrónicos..... | 14 |
| 1.4.4. Subsistema de software de control (usuario – maquina)..... | 14 |
| 2. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CNC LÁSER. | 16 |
| 2.1. SUBSISTEMAS DE LA CNC LÁSER..... | 17 |
| 2.2. SUBSISTEMA DE ESTRUCTURA (BASTIDOR, MODULO X Y Y). | 17 |
| 2.2.1. Subsistema de transmisión de potencia..... | 19 |
| 2.3. SUBSISTEMA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS. 20 | |
| 2.3.1. Subsistema de software de control. | 21 |
| 2.4. PROCESO GENERAL DE DISEÑO DE LA CNC LÁSER DE 10W | 22 |
| 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE ESTRUCTURA..... | 27 |
| 3.1. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA. | 28 |
| 4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA..... | 33 |
| 4.1. MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DEL SUBSISTEMA DE TRANSMISIÓN. 35 | |
| 5. DISEÑO Y COSTRUCCIÓN DEL SUBSITEMA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS | 37 |

| | |
|---|----|
| 5.1. MONTAJE DE LOS SUBSISTEMAS DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS..... | 38 |
| 6. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE CONTROL | 42 |
| 6.1. MONTAJE DEL SUBSISTEMA DE CONTROL | 42 |
| 7. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO..... | 44 |
| 8. COSTOS DE FABRICACIÓN..... | 49 |
| CONCLUSIONES | 50 |
| RECOMENDACIONES | 52 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 53 |
| ANEXOS..... | 54 |

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. CNC láser construida..... | 6 |
| Figura 2. Correa dentada - polea..... | 14 |
| Figura 3. Software GBRL láser. | 15 |
| Figura 4. Prototipo de la CNC láser. | 16 |
| Figura 5. Subsistema de estructura. | 18 |
| Figura 6. Componentes de la estructura. | 18 |
| Figura 7. Subsistema de transmisión de potencia. | 19 |
| Figura 8. componentes eléctricos y electrónicos | 21 |
| Figura 9. Subsistema de comunicación usuario máquina. | 22 |
| Figura 10. Diseño CAD de la CNC láser. | 23 |
| Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de diseño. | 25 |
| Figura 12. Diseño CAD del subsistema de estructura. | 28 |
| Figura 13. Roscados de perfiles de aluminio y figura de la estructura. | 29 |
| Figura 14. Diseño CAD y montaje del perfil central (eje Y). | 30 |
| Figura 15. Componentes del soporte de madera del cabezal láser. | 31 |
| Figura 16. Subsistema de estructura ensamblado. | 32 |
| Figura 17. Subsistema de transmisión de potencia ensamblado. | 36 |
| Figura 18. Voltaje de referencia para la calibración. | 39 |
| Figura 19. Conexiones en la tarjeta Shield CNC..... | 40 |
| Figura 20. Montaje de los elementos del subsistema de componentes eléctricos y electrónicos..... | 41 |
| Figura 21. Cuadro de configuraciones del software GRBL láser. | 43 |
| Figura 22. CNC láser terminada. | 44 |
| Figura 23. Posicionamiento de Silicone case en el área de trabajo. | 45 |
| Figura 24. Resultado final de la CNC láser sobre el Silicone case. | 46 |
| Figura 25. Figura grabada en MDF. | 46 |
| Figura 26. Proceso de grabado sobre una superficie metálica. | 47 |
| Figura 27. Grabado láser sobre una superficie metálica..... | 47 |
| Figura 28. Grabados láser con diferente configuración. | 48 |

Lista de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Materiales para la construcción del bastidor, modulo X y Y de la CNC láser. | 7 |
| Tabla 2. Sistemas de transmisión de potencia..... | 9 |
| Tabla 3. Componentes para la selección del subsistema eléctrico y electrónico...10 | |
| Tabla 4. Sistemas de comunicación usuario – máquina..... | 12 |
| Tabla 5. Características y especificaciones del subsistema de estructura. | 28 |
| Tabla 6. Características y especificaciones del subsistema de transmisión de potencia. | 35 |
| Tabla 7. Características y especificaciones de los elementos del subsistema de componentes eléctricos y electrónicos. | 38 |
| Tabla 8. Costo total del proyecto. | 49 |

Lista de anexos

| | |
|---|-----|
| Anexo A Referentes teóricos..... | 55 |
| Anexo B Sistema de estructura..... | 68 |
| Anexo C Motor paso a paso nema 17..... | 73 |
| Anexo D Transmisión de potencia..... | 75 |
| Anexo E Sistema de control hardware..... | 79 |
| Anexo F Interfaz gráfica | 86 |
| Anexo G Análisis de fuerzas en la estructura..... | 88 |
| Anexo H Planos..... | 95 |
| Anexo I Manual de usuario de la CNC láser..... | 103 |

RESUMEN

TITULO:

Diseño y construcción de un control numérico computarizado (CNC) para grabado y corte de materiales blandos.

AUTORES:

César Mauricio Parra Blanco

Luis Carlos Vargas Ramírez **

PALABRAS CLAVE:

Diseño y construcción, materiales blandos, láser diodo.

DESCRIPCIÓN:

El socorro es un pueblo ubicado en el departamento de Santander, Colombia donde uno de sus principales pilares de la economía de este pueblo es el turismo, el cual fomenta la creación de pequeñas empresas dedicadas a la creación de accesorios de recuerdos como de diseño gráfico para estos, sin embargo, no todas cuentan con las máquinas herramientas necesarias para la fabricación de sus productos, haciendo que los costos de producción sean elevados.

Este trabajo de grado tiene como fin construir una máquina controlada por computadora para realizar trabajos de diseño gráfico con la ayuda de un láser de 10W de potencia controlado por medio de un software, este es de uso libre y gratuito llamado GRBL láser, desplazándose sobre perfiles de aluminio con ayuda de motores paso a paso, un sistema de desplazamiento lineal de correa dentada/polea dentada y un sistema de control conformado por una Shield CNC DRIVER, realizando así grabados y/o cortes en distintos materiales, con el beneficio de un bajo costo en su construcción, siendo así una propuesta viable económicamente para las distintas empresas del sector del diseño gráfico.

El desarrollo de esta máquina toma forma después de un proceso de selección ante posibles alternativas para su diseño, teniendo en cuenta los requerimientos necesarios para el cumplimiento favorable de su labor, mejorando así áreas de trabajo y reducción de tiempos, esta máquina estará compuesta de tres partes principales las cuales son su estructura mecánica, hardware y software,

El proyecto tiene tanto características tecnológicas como innovadoras al momento de la selección de materiales para su construcción demostrando que esta herramienta se puede construir con piezas que se pueden encontrar en el mercado fácilmente.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánica. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Ing. Jorge Enrique Meneses Flores.

ABSTRACT

TITLE:

Design and construction of a computerized numerical control (CNC) for engraving and cutting soft materials.

AUTHORS:

César Mauricio Parra Blanco

Luis Carlos Vargas Ramírez **

KEYWORDS:

Design and construction, soft materials, diode laser.

DESCRIPTION:

El Socorro is a town located in the department of Santander, Colombia where one of its main pillars of the economy of this town is tourism, which encourages the creation of small companies dedicated to the creation of souvenir accessories such as graphic design for these. However, not all of them have the necessary machine tools to manufacture their products, causing high production costs.

The purpose of this degree work is to build a computer-controlled machine to carry out graphic design work with the help of a 10W power laser controlled by means of a free and free Software called GRBL laser, moving on aluminum profiles with help of stepper motors, a toothed belt / toothed pulley linear displacement system and a control system made up of a Shield CNC DRIVER, thus making engravings and / or cuts in different materials, with the benefit of a low cost in its construction, thus being an economically viable proposal for different companies in the graphic design sector.

The development of this machine takes shape after a selection process before possible alternatives for its design, taking into account the necessary requirements for the favorable fulfillment of its work, thus improving work areas and reducing times, this machine will be composed of three main parts which are its mechanical structure, hardware and software,

The project has both technological and innovative characteristics when selecting materials for its construction, demonstrating that this tool can be built with parts that can be easily found in the market.

* Thesis work

** Physical-Mechanical Sciences Faculty. School of Mechanical Engineering. Director: Eng. Jorge Enrique Meneses Flores.

INTRODUCCIÓN

Un papel importante en el sector terciario de la economía del país es la comunicación gráfica; las cortadoras y grabadoras láser son unas de las herramientas más simbólicas del movimiento maker conocido como “tercera revolución industrial”, anteriormente caras y complejas, sin embargo, ahora están disponibles en tamaño personal y con precios razonables, esto en conjunto con software de código abierto.

La iniciativa de hacer una grabadora y cortadora láser aprovechando recursos y elementos reutilizables en nuestro hogar para así reducir más los costos, brinda una oportunidad de incursionar en una idea de negocio que consiste en la personalización de objetos con el grabado sin invertir tanto capital.

El presente proyecto se centra en el diseño y construcción de una maquina la cual puede realizar las tareas de grabado y corte en distintos materiales blandos mediante el uso de un láser acompañado de un sistema de transmisión de potencia que le permita desplazarse con la ayuda de un software de tal manera que cubra una amplia zona de trabajo garantizando un aprovechamiento máximo del material a trabajar, utilizando materiales de fácil acceso en el mercado.

De manera que este proyecto de CNC LÁSER se convierte en una oportunidad para explorar, desarrollar y adquirir experiencias adentrándose en terrenos que como estudiante solo conocía en teoría.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La provincia comunera está situada al centro-sur del departamento de Santander cuenta con una con una población aproximada de 88094 habitantes, su capital y principal centro urbano es el municipio de El Socorro. Su economía se basa en la agricultura (café, algodón, flores), la extracción maderera, el turismo y las artesanías. La industria gráfica ha crecido de forma acelerada en la publicidad y el diseño, exigiendo a las empresas la utilización de máquinas que agilicen y faciliten un servicio personalizado de acuerdo con las necesidades de los clientes. Una maquina CNC láser es una herramienta que corta y graba sobre materiales, la potencia determina qué tipo de trabajo y el material que se podrá utilizar, a mayor potencia más costosa será; una CNC de 10w de potencia que trabaja para grabar materiales como madera, plástico, papel, bambú, cuernos, cuero y papel de esponja tiene un valor en el mercado colombiano de aproximadamente 3 millones de pesos.

La implementación de esta CNC laser con interfaz gráfica busca ofrecer una mejora para la publicidad, promoción y presentación en trabajos personalizados sobre madera, cortes sobre hojas de vinilo textil, impresión sobre tarjetas; pueden darle cierta diferenciación y aumentar el valor a un producto. Su elevado precio y el hecho de que en la región no se encuentre un lugar que preste este servicio representa una oportunidad y hace indispensable la tecnificación de herramientas que permitan realizar trabajos especializados; con el objetivo de disminuir costos y mejorar la competitividad.

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO DE GRADO.

1.1.1. Objetivo General

Cumplir con la misión de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la universidad Industrial de Santander, contribuyendo con la formación de alta calidad e integral para el estudiante, con el diseño y construcción de un control numérico computarizado (CNC) para grabado y corte sobre distintos materiales, que se pueden encontrar en mercados locales tales como madera, papel entre otros.

1.1.2. Objetivos específicos

- Diseñar y construir una CNC laser para grabado y corte de materiales, que contenga:
 - Un sistema de transmisión de potencia que consta de ruedas y correas.
 - Un sistema de movimiento en 2 ejes, X-Y (cartesiano).
 - Fuente de alimentación para el sistema.

- La máquina estará diseñada para realizar grabados y cortes en materiales blandos, equipada con un láser de diodo de 10w.
 - Materiales grabables: madera, bambú, plástico, papel, cuero.
 - Materiales para cortar: espuma, papel, materiales de cuero fino, madera fina.
 - Las medidas propuestas para la máquina son:
 - Ancho 60 cm
 - Longitud 70 cm

- Altura 18 cm
 - Las medidas propuestas para el área de trabajo son (máximo):
 - Ancho 45 cm
 - Longitud 55 cm
- Elegir la interfaz gráfica por la cual se tenga la interacción usuario máquina, para el control de las funciones de movimiento de la CNC láser.
- Ejecutar pruebas de funcionamiento en distintos materiales blandos con la finalidad de verificar el funcionamiento de la CNC láser.
- Realizar un manual de operaciones de la maquia en donde e incluya el mantenimiento y los procedimientos adecuados para el montaje y desmontaje de las piezas de la máquina.

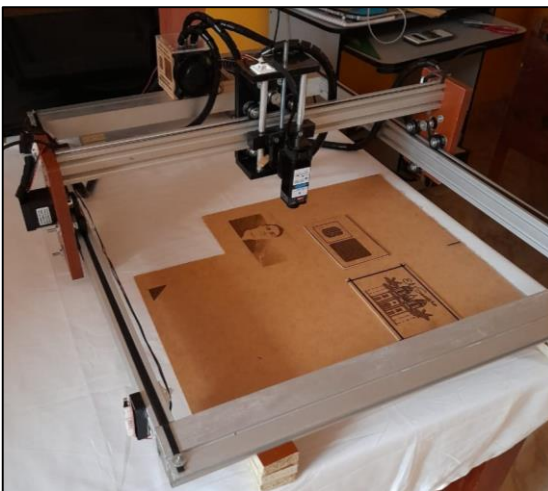
1.2. SOLUCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.

Con la creación de una CNC láser se tiene como propósito incentivar la investigación e interés por parte de los estudiantes de ingeniería mecánica de la Universidad Industrial de Santander en el área mecatrónica, abriendo el camino para la exploración de nuevos campos de investigación referentes al área, motivando y creando interés en los temas relacionados.

El diseño y construcción de esta máquina da la solución a las problemáticas que se encuentran en la región comunera, cumpliendo con las características y especificaciones presentadas por las personas que requieren el servicio de una máquina que pueda suplir sus necesidades sin tener que recurrir a invertir grandes cantidades de dinero y tiempo en el desplazamiento para realizarlos.

La CNC láser garantizara el acabado deseado tanto de grabado y corte en diferentes objetos de materiales blandos, con una precisión, de forma que los productos finales tengan una presentación impecable y satisfaga la necesidad de la comunidad con una alta calidad, agregando valor al producto a mecanizar a un bajo costo.

Figura 1. CNC láser construida.



1.3. ALTERNIATIVAS DE DISEÑO

En esta parte del diseño se tiene la selección de los sistemas y subsistemas que componen la máquina herramienta y se partirá a partir de unos requerimientos los cuales debe cumplir de manera satisfactoria, de lo cual se encuentra información más específica en el ANEXO A.

Para facilitar el proceso el diseño la CNC se efectúa una selección más profunda a los principales subsistemas presentados a continuación.

- Subsistema de estructura (bastidor, modulo X y Y de la CNC láser).
- Subsistema de transmisión de potencia.
- Subsistema de elementos eléctricos y electrónicos.
- Subsistema de software de control (usuario – maquina).

El subsistema restante es subsistema de corte por láser, no tiene selección importante ya que en los requerimientos se especificó que la potencia era de 10w, razón por la cual se omite algún tipo de alternativa

1.3.1. Subsistema de estructura (bastidor, modulo x y y de la cnc láser).

Para verificar y tener la selección más adecuada para este sistema se realiza la siguiente tabla comparativa:

Tabla 1. Materiales para la construcción del bastidor, modulo X y Y de la CNC láser.

| MATERIAL | VENTAJA | DESVENTAJA |
|--|--|--|
| AGLOMERADO ESTANDAR 15 mm/RH MELAMINA PEKAN (CEDRO) | <ul style="list-style-type: none">• Material económico• Excelente resistencia a la ralladura, fricción y manipulación.• Las superficies tienen buena resistencia al contacto con objetos calientes | <ul style="list-style-type: none">• Contar con herramientas para su manipulación |

| | | |
|---------------------------------------|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Color disponible en aglomerado estándar y RH (resistente a la humedad). | |
| MADERA | <ul style="list-style-type: none"> • Material económico. • Fácil acceso. • Fácil mecanizado. | <ul style="list-style-type: none"> • Material flexible. • No soporta mucha carga radial. |
| PERFIL DE ALUMINIO V SLOT 2040 | <ul style="list-style-type: none"> • Fácil acceso en el mercado. • Material ligero. • Perfiles mecanizados con ranuras para el desplazamiento de rodamientos. • Limite elástico 110-170 MPa • Módulo de tracción 70.6 GPa • Modulo volumétrico 75.2 GPa. • Resistencia a la tracción 130-195 MPa. | <ul style="list-style-type: none"> • Costo de perfiles de aluminio ranuradas elevado. |
| ACERO | <ul style="list-style-type: none"> • Material pesado. • Densidad media 7850 Kg/m³. • Esfuerzo de fluencia 310 MPa. • Esfuerzo máximo 565 MPa. | <ul style="list-style-type: none"> • Material pesado. • Costo elevado. • No se consiguen perfiles ranurados. |
| ACRILICO | <ul style="list-style-type: none"> • Una resistencia de más de 17 el vidrio ordinario. • Resistente a esfuerzos mecánicos considerables. • No se deforma. | <ul style="list-style-type: none"> • Costo elevado. • Se tiene que contar con herramienta especializada para realizar cortes sobre él. |

1.3.2. Subsistema de transmisión de potencia.

Para verificar y tener la selección más adecuada para este sistema se realiza la siguiente tabla comparativa:

Tabla 2. Sistemas de transmisión de potencia.

| TIPO DE SISTEMA | VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|-------------------------------|--|--|
| RODAMIENTOS LINEALES | <ul style="list-style-type: none"> • Ofrecen una fricción reducida. • Ofrecen menos ocupación. • Permiten el movimiento rotacional se combine con él lineal. | <ul style="list-style-type: none"> • Precio elevado. • Difícil acceso. • Requiere de una adecuada instalación para que este no falle. • Al momento de presentar algún daño se tiene que cambiar todo el sistema. |
| CORREA DENTADA – POLEA | <ul style="list-style-type: none"> • Fácil acceso. • Económico. • Flexibilidad del sistema para la transformación del movimiento rotacional en línea. • Menor costo en su mantenimiento periódico. • Fácil instalación. • Es confiable de acuerdo con el tipo de uso que se le dará. | <ul style="list-style-type: none"> • Su movimiento se limita hasta la longitud de la correa. • Requiere de otros elementos (ruedas) para facilitar su movimiento. |
| CREMALLERA – PIÑON | <ul style="list-style-type: none"> • Permite la transformación de un movimiento rotacional a uno línea. • Sistema sólido, capaz de resistir golpes. | <ul style="list-style-type: none"> • Su instalación es complicada en comparación con los anteriores sistemas. • Costo elevado. • Difícil acceso. |

1.3.3. Subsistema de elementos eléctricos y electrónicos.

Para realizar la correcta selección de los componentes electrónicos que contendrá el sistema de la CNC láser se realizó la siguiente tabla:

Tabla 3. Componentes para la selección del subsistema eléctrico y electrónico.

| COMPONENTES ELECTRONICOS | VENTAJA | DESVENTAJA |
|--|--|--|
| ARDUINO – TARJETA SHIELD CNC V3 -DRIVERS DRV 8825 | <ul style="list-style-type: none"> • Se consiguen fácilmente en el mercado. • Fácil instalación en el sistema. • Presentan un bajo costo. • Poca complejidad al momento de realizar códigos de mando. • Permite la automatización de procesos. • Los drivers permiten aumentar el número de pasos por vuelta para una mejor configuración. | <ul style="list-style-type: none"> • Se complementa con otros accesorios de acuerdo al funcionamiento o que vaya a realizar. |
| PLC | <ul style="list-style-type: none"> • Capaz de recibir distintas señales en gran cantidad al mismo tiempo. • Permite la automatización de procesos. • Procesos controlados con gran precisión. | <ul style="list-style-type: none"> • Alto costo en el mercado. • Se necesita de un Software especializado para realizar su programación. |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Se consigue fácilmente en el mercado. • Bajo costo. | <ul style="list-style-type: none"> • Presenta bajos torques. • Robustos |

| | | |
|---|---|--|
| <p>MOTOR NEMA 17</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Especial para realizar trabajo que no requieran de un torque elevado (5 kg/cm). • Ideal para trabajar con elementos que requieran de un movimiento con precisión 1.8° por paso (200 pasos) | |
| <p>MOTOR NEMA 23</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Se consigue fácilmente en el mercado. • Realiza trabajos que requieran un alto torque. • Gran precisión en sus movimientos. | <ul style="list-style-type: none"> • Robusto. • Alto precio en el mercado. |
| <p>FUENTE DE PODER RECICLADA (ATX de 650 W a 12 V)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Elemento reciclado, trabaja en perfectas condiciones. • Capaz de suplir las necesidades requeridas por el sistema. • Se conecta fácilmente al sistema. • Si el sistema requiere de mayor amperaje este será capaz de suplirlo. • Funcionan para máquinas CNC. | <ul style="list-style-type: none"> • Es de gran tamaño. |
| <p>FUENTE DE PORDER GY 600W</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Fácil acceso en el mercado. • Ideal para máquinas CNC. | <ul style="list-style-type: none"> • Costo elevado. |

1.3.4. Subsistema de software de control (usuario – maquina).

Para verificar y tener la selección más adecuada para este sistema se realiza la siguiente tabla comparativa:

Tabla 4. Sistemas de comunicación usuario – máquina.

| SOFTWARE | VENTAJA | DESVENTAJA |
|------------------|--|--|
| LASERGRBL | <ul style="list-style-type: none">• Interfaz gráfica amigable con el usuario.• De uso gratuito.• Fácil instalación.• Compatible con equipos Windows.• No está relacionada con ninguna marca.• Puede cargar y transmitir la ruta de GCode a Arduino, así como grabar, imágenes y logotipos con la herramienta de conversión interna. | <ul style="list-style-type: none">• Solo es compatible con sistemas Windows. |
| LASERWEB | <ul style="list-style-type: none">• Compatible con equipos Windows, Linux y OXL.• Uso gratuito.• Especial para el uso de impresoras 3D y cortes láser. | <ul style="list-style-type: none">• Interfaz con complejidad.• Se requiere un conocimiento previo del tema para la instalación. |

1.4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

La selección de alternativas se hace en base a las necesidades y requerimientos de cada subsistema proporcionando; confiabilidad, mantenibilidad, correcto funcionamiento, seguridad y bajos costos para su desarrollo.

1.4.1. Subsistema de estructura (bastidor, modulo X y Y de la CNC láser).

Los principales materiales seleccionados de la tabla 2 para la construcción de bastidor, el modulo X y Y son el perfil de aluminio v slot 2040 y el aglomerado estándar de 15 mm, el perfil es ampliamente usado en este tipo de herramientas, además cuenta con ranuras ideales para deslizar rodamientos y perforaciones transversales ideales para realizar roscados y juntar con otras piezas. Inicialmente se pensó en usar el acrílico, pero requiere de CNC láser potentes para realizar los cortes, por ello decidimos utilizar el aglomerado estándar ya que las piezas que necesitamos las podemos sacar del retal de una carpintería; es resistente y contamos con las herramientas necesarias para su manipulación como lo son taladro, brocas y caladora para los cortes.

1.4.2. Subsistema de transmisión de potencia.

Para este sistema se selecciona una transmisión de potencia por medio de correa dentada – polea, debido a la comparación que se hace en la Tabla 1 es económico, fácil instalación, confiable, fácil mantenimiento y sus desventajas no son representativas en comparación con los otros mecanismos propuestos.

Figura 2. Correa dentada - polea.



1.4.3. Subsistema de elementos eléctricos y electrónicos.

Para el subsistema de elementos eléctricos y electrónicos se selecciona la fuente ATX De 12 V y 650 W en buenas condiciones aprovechada de una torre de computador en desechada, los motores nema 17 son ideales porque los movimientos en los ejes X y Y no requieren de esfuerzos grandes pues solo hay que mover el módulo láser.

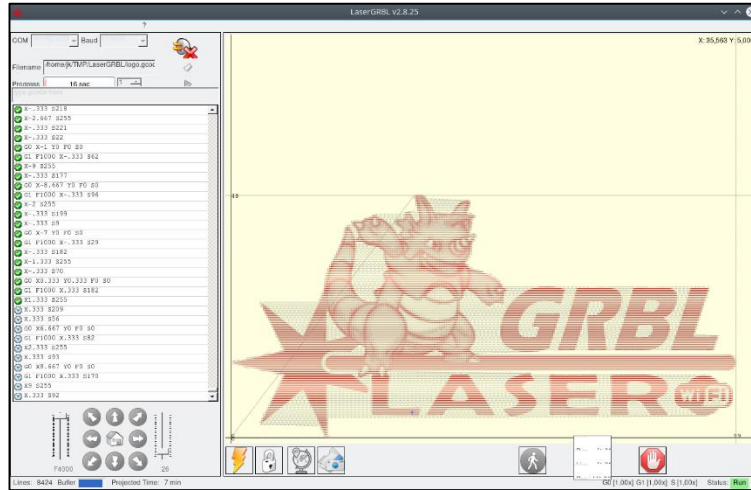
También seleccionamos la placa Arduino Uno, con la shield y los drivers es una muy buena opción de control porque son elementos que se consiguen en conjunto con los motores nema 17 y finales de carrera mucho más económicos que un PLC, son confiables ya que se usan ampliamente en las impresoras 3D, CNC Routers y láser pequeñas.

1.4.4. Subsistema de software de control (usuario – maquina).

Para el subsistema de control se selecciona la alternativa de Software GRBL laser ya que carga y transmite la ruta de Gcode a Arduino para el grabado de

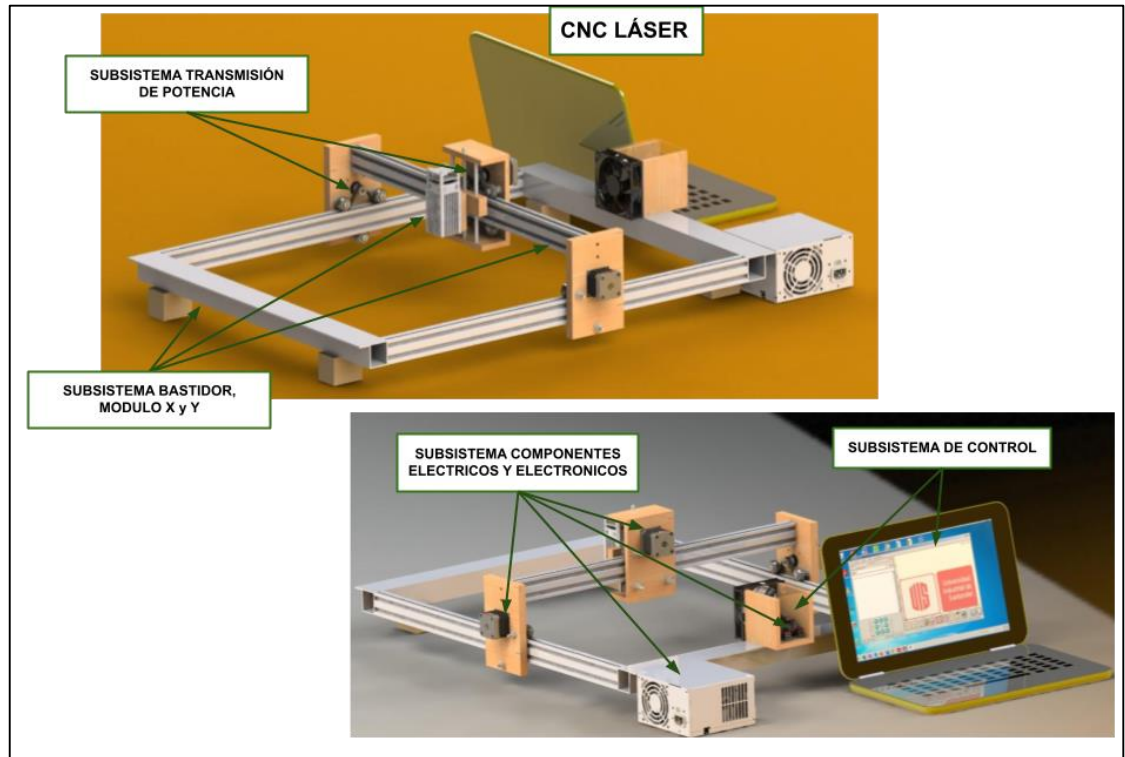
imágenes y logotipos; la interfaz gráfica es cómoda, siendo una herramienta de código abierto libre y gratuito recibe constantes actualizaciones.

Figura 3. Software GBRL láser.



2. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CNC LÁSER.

Figura 4. Prototipo de la CNC láser.



El prototipo de la CNC láser que se desarrolla en este proyecto, se presenta en la figura anterior, para el cual se tiene como medidas para la máquina de 60 [cm] de ancho x 70 [cm] de longitud x 18 [cm], contando con un área de trabajo 45 [cm] ancho y 55 [cm] de longitud, en esta, se pueden realizar trabajos de grabado y corte con distintas geometrías, la cuales puede llegar a tener tamaño considerable (cumpliendo con el área de trabajo) este, realizado por el cabezal láser que será movilizado de manera precisa gracias a su sistema de transmisión de movimiento preciso, este a su vez, realizara los movimientos tanto en el eje X como en el eje Y (sistema cartesiano) permitiendo el movimiento del cabezal en estas dos direcciones, con ayuda de una correa dentada que se encuentra en las ranuras de los perfiles de aluminio y esta correa a su vez, sujeta a una polea dentada que se encontrara en los motores paso a paso.

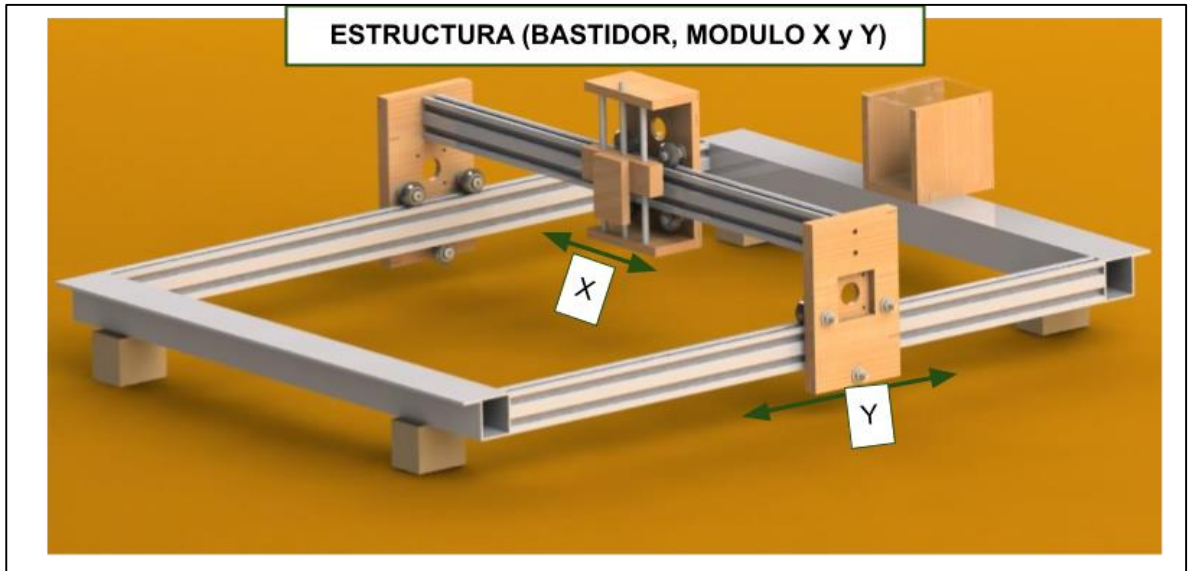
2.1. SUBSISTEMAS DE LA CNC LÁSER

La cnc láser compuesta por cuatro subsistemas, que ejercen funciones específicas para una correcta operatividad. En la figura 4 se puede apreciar los distintos subsistemas: estructura, modulo *X* y *Y*, transmisión de potencia, componentes eléctricos y electrónicos y de software de control.

2.2. SUBSISTEMA DE ESTRUCTURA (BASTIDOR, MODULO X Y Y).

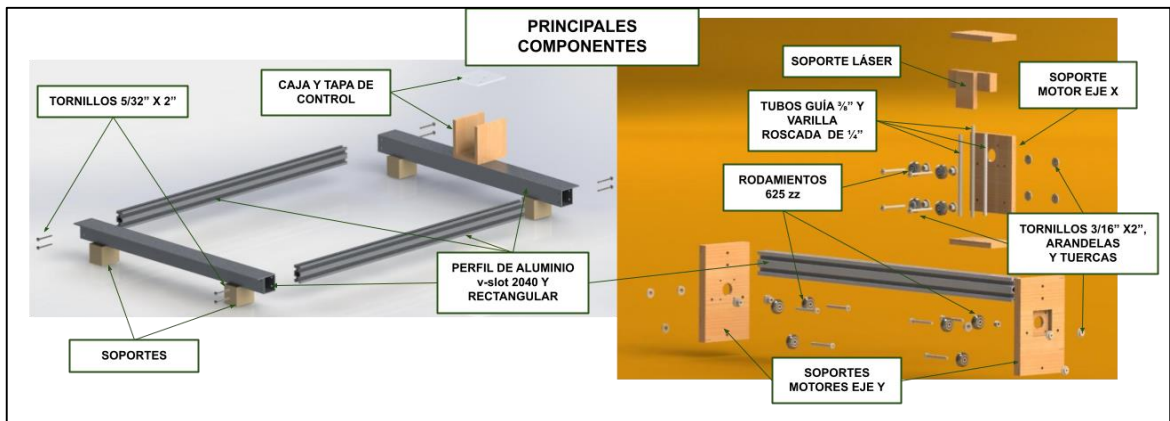
El bastidor es el encargado de soportar cada uno de los elementos o subsistemas que conforman la CNC láser, dando así la estabilidad necesaria para permitir la óptima operación de la maquina sin generar balanceos que puedan perjudicar la calidad del trabajo final, este tiene forma rectangular asegurando que se tenga la mejor estabilidad, conformada por dos tipos diferentes de perfiles ambos de aluminio, los perfiles laterales tienen una longitud de 70 [cm], con un ancho de 2 [cm] y alto de 4 [cm], para el perfil frontal y trasero se utilizó de una medida de 64 [cm] de longitud, con un ancho de 4 [cm] y un alto de 4 [cm], el perfil que se encargara de soportar el cabezal laser tendrá una longitud de 60 [cm] con un ancho de 2 [cm] y un alto de 4 [cm] este último tendrá el mismo perfil que los que se utilizaron en los laterales, las características de estos perfiles se encuentran en el ANEXO B, como se observa en la figura los perfiles laterales poseen ranuras en su parte superior, esto para permitir el movimiento que se generara al trabajar la máquina.

Figura 5. Subsistema de estructura.



Los soportes para los motores, cabezal láser y caja de mando estarán contruidos con madera, ya que con este material se disminuirá el peso de la maquina permitiendo que sea fácil de transportar, los soportes de los motores estarán montados sobre los perfiles laterales, el soporte del cabezal láser estará montado sobre el perfil de aluminio que está en la mitad de los perfiles laterales y a su vez este estará sujeto a los soportes de los motores, la caja de mando se montara sobre el perfil trasero como se muestra en la figura

Figura 6. Componentes de la estructura.



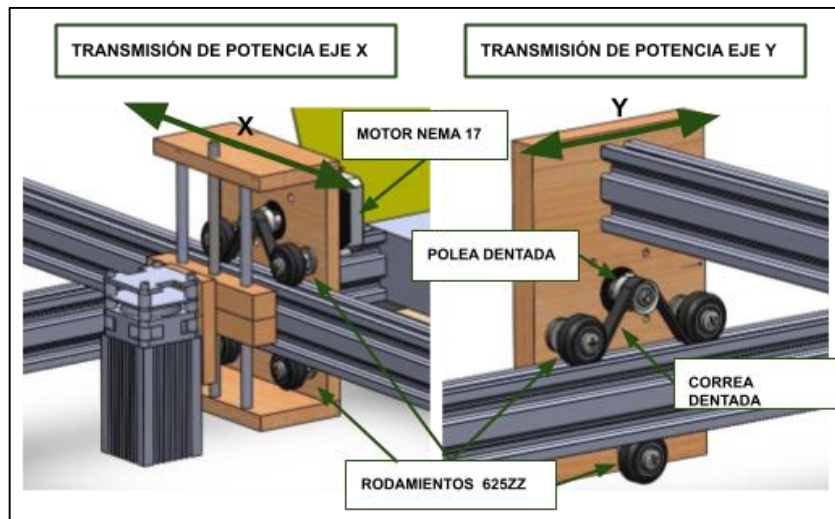
Por lo cual la estructura (bastidor, modulo X y Y) estará conformado por los siguientes elementos:

- Perfiles de aluminio laterales v-slot 20 40.
- Perfiles de aluminio rectangulares (frontal y trasero).
- Perfil de aluminio central v-slot 2040.
- Soportes de motores.
- Soporte de cabezal láser.
- Caja de mando.
- Rodamiento 625ZZ.

2.2.1. Subsistema de transmisión de potencia.

El subsistema de transmisión de potencia es el encargado de generar el movimiento con el cual la CNC láser realizará los trabajos, será generado por un parte motores paso a paso Nema 17 bipolar ubicados sobre los soportes que a su vez se encontrarán sobre los perfiles laterales del bastidor y sobre el soporte del cabezal láser, estos motores paso a paso estarán en conjunto con unas poleas dentadas y rodamientos, las cuales, con una correa dentada, transformarán el movimiento rotatorio del que genera el motor, en un movimiento lineal.

Figura 7. Subsistema de transmisión de potencia.



Estos motores paso a paso tendrán una capacidad de generar un torque de 5 [kg – cm], con tensión nominal de 2.8 V y una potencia de 4.7 w; para la transmisión de potencia se debe utilizar una polea dentada GT2 con un numero de 20 dientes, con paso de 2 [mm], un diámetro de agujero de 5 [mm], un ancho de horquilla de 7 [mm] y unos rodamientos 625ZZ

Para generar el movimiento lineal se implementará la utilización de una correa dentada modelo 200-2GT-6, la cual cuenta con un paso de 2 [mm] y un ancho de 6 [mm], los perfiles laterales y central tendrán una longitud de correa específica, para los perfiles laterales se tiene una longitud de correa de 83 [cm], para el perfil central se tendrá una longitud de 72 [cm]

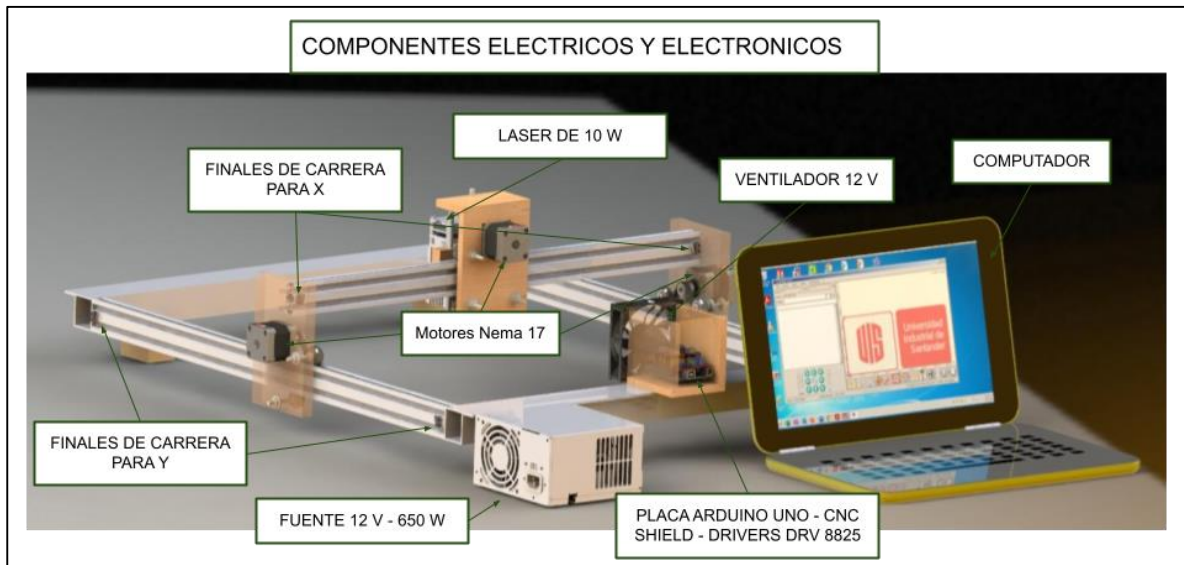
Por lo tanto, el subsistema de transmisión de potencia estará compuesto por los siguientes elementos:

- Motor paso a paso Nema 17 bipolar (ANEXO C)
- Polea dentada (ANEXO D.).
- Correa dentada (ANEXO D.).
- Rodamiento 625ZZ.

2.3. SUBSISTEMA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS.

Este subsistema encargado de la comunicación entre el software y la CNC láser, enviando señales eléctricas a los motores paso a paso generando el movimiento de estos, para realizar esta tarea se cuenta con un conjunto de elementos que trabajan al mismo tiempo, los drivers DRV 8825 (controlan el movimiento de los motores Nema 17) y el láser de 10w, se alimentan de la fuente de 12V- 650W; el computador envía señales lógicas de 0V y 5V a la placa Arduino UNO y esta trasmite esas órdenes a los drivers y al láser al mismo tiempo para finalmente moverse en los ejes X y Y y liberar energía en el láser para el grabado.

Figura 8. componentes eléctricos y electrónicos



Los componentes que conforman los subsistemas eléctricos y electrónicos son:

- Shiel CNC V3 Driver (ANEXO E)
- Driver DRV8825 (ANEXO E)
- Placa Arduino UNO (ANEXO E)
- Interruptor mecánico (ANEXO E)
- Cabezal láser (ANEXO E)
- Fuente de alimentación ATX de 650 W a 12 V. (ANEXO E)
- Ventilador (ANEXO E)
- Computador.

2.3.1. Subsistema de software de control.

Este subsistema es el encargado de generar y ejecutar el código G que se transmite a la placa Arduino UNO y de esta a los motores nema 17 y el láser; cuenta con una interfaz gráfica agradable donde encontramos una variedad de configuraciones para hacer grabados de imágenes, logotipos y cortes de siluetas, podemos seleccionar la potencia para el láser y cuenta con botones útiles para mover el láser a nuestra conveniencia moviendo el origen del grabado, calibrar el foco del láser y parar el grabado si notamos alguna falla.

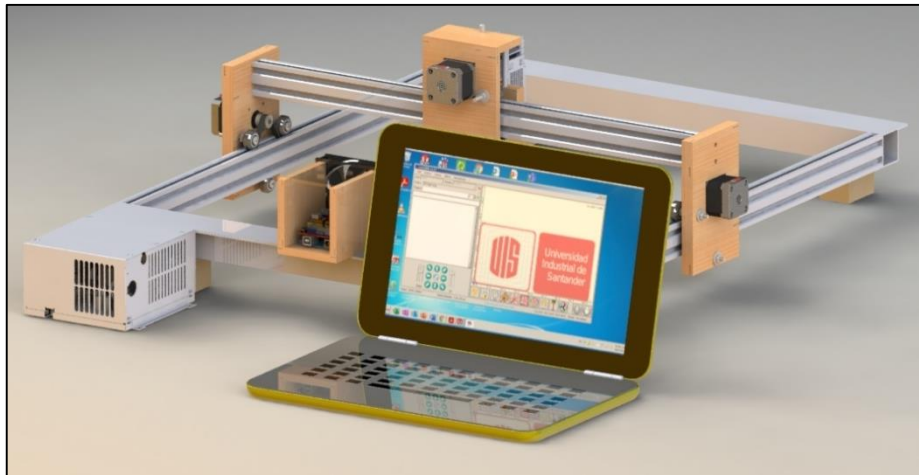
Figura 9. Subsistema de comunicación usuario máquina.



2.4. PROCESO GENERAL DE DISEÑO DE LA CNC LÁSER DE 10W

Para el proceso de diseño de la CNC LÁSER hay tres fases: en la primera realizamos el diagnostico donde analizamos los distintos productos o funciones que podemos realizar, determinando los requerimientos y especificaciones que este debe cumplir. En una segunda fase el diseño conceptual, centrado en determinar las partes la CNC Láser para generar las alternativas y un diseño CAD lo más cercano posible a la construcción final acompañado de un análisis inicial de los objetos. En la tercera fase está el desarrollo y finalización de las alternativas seleccionadas con cálculos, un diseño CAD y la ejecución de la construcción.

Figura 10. Diseño CAD de la CNC láser.

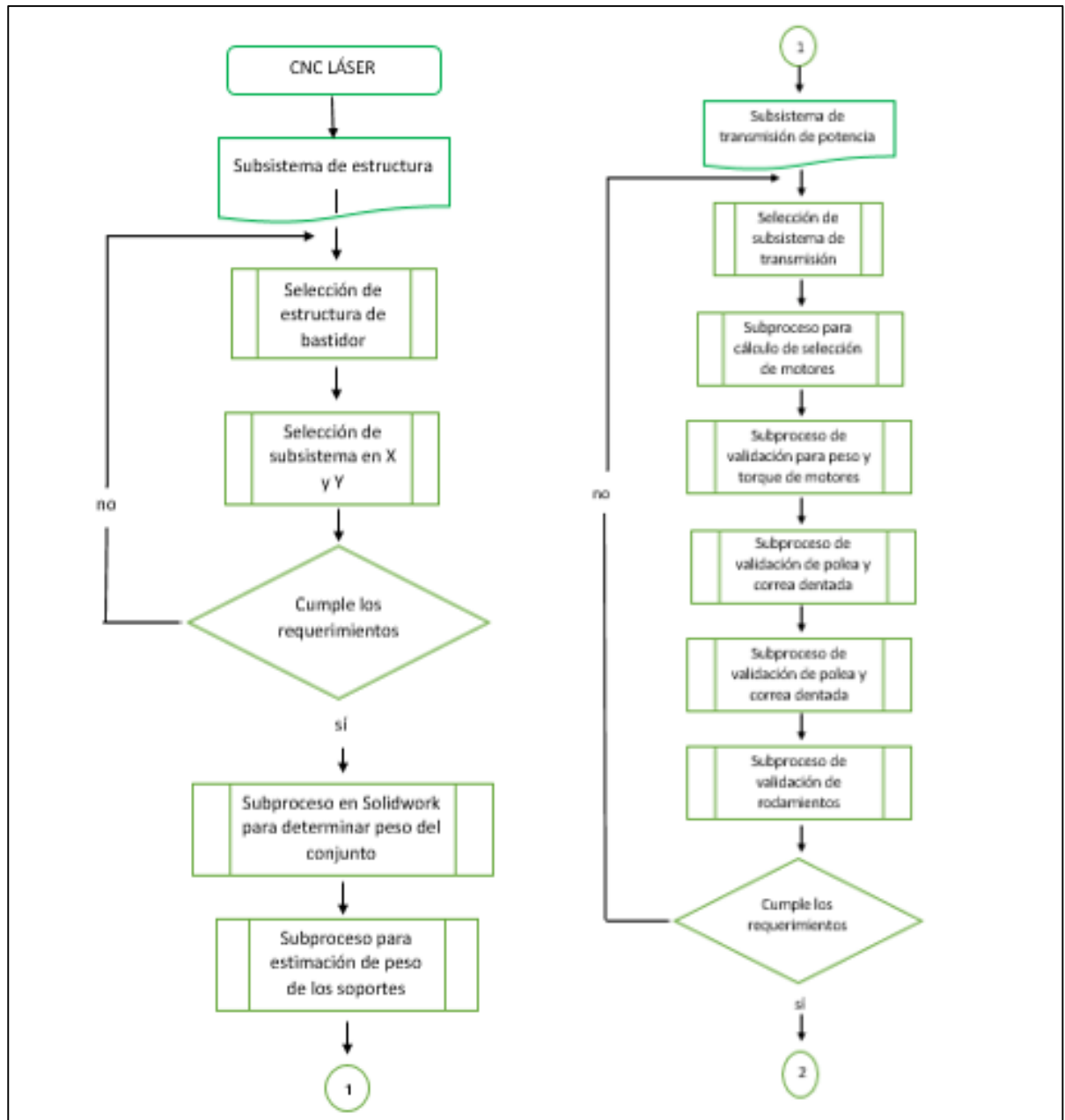


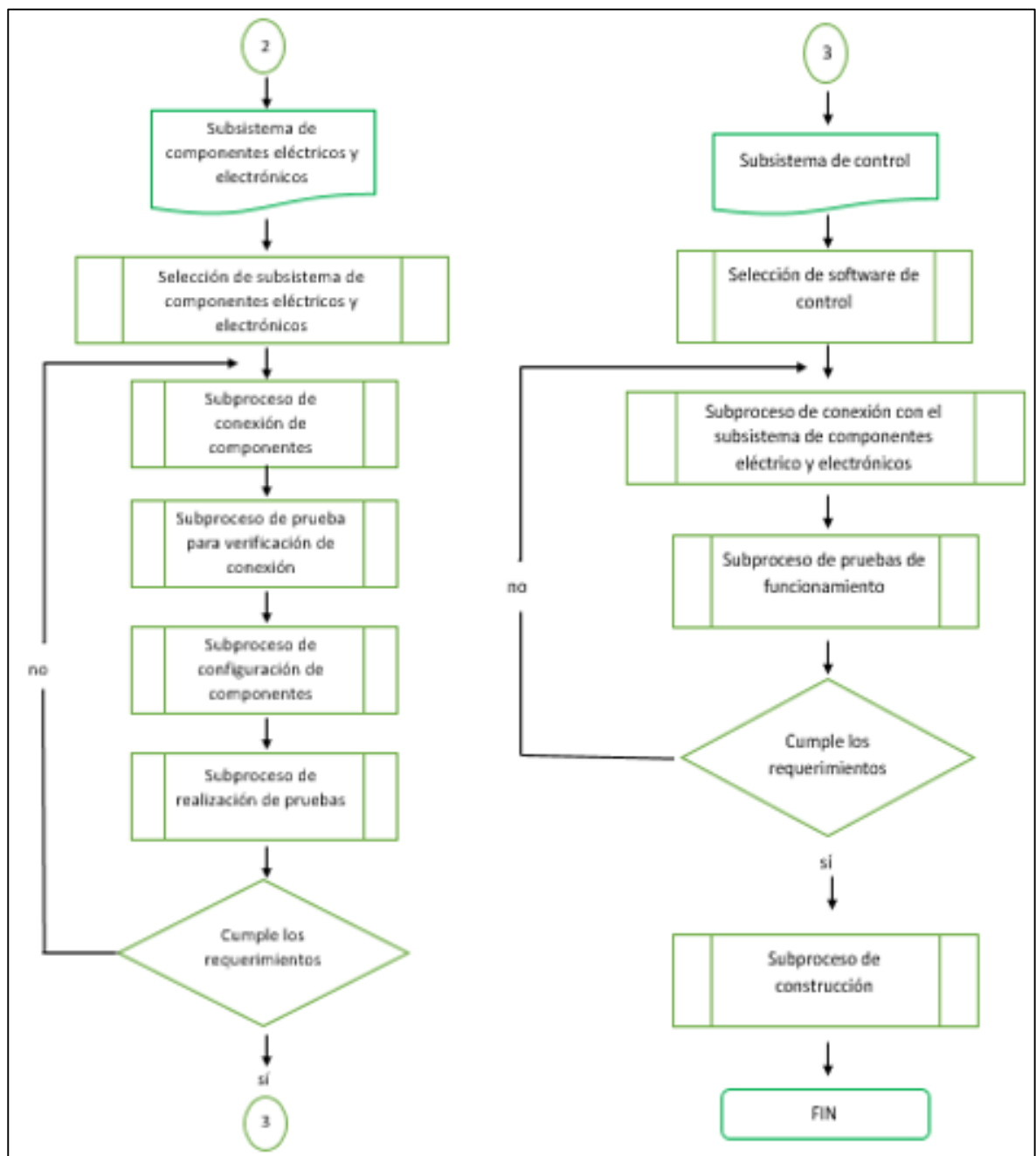
El diseño de la CNC Láser se basa especialmente en modelos comerciales de cnc con láser de diodo de 10w, 15w y 30w. De manera que el proceso de diseño gira en torno a la forma de desplazar el módulo laser de 10w a través del eje coordenado X y Y (subsistema de estructura).

En el diagrama de flujo de la figura 11, muestra que para la iniciación del proceso de construcción de diseño de la CNC láser se debe abordar la estructura que esta tendrá, esta estructura se encuentra especificado en el ANEXO B, y con ayuda del software SolidWorks se realiza un diseño de la estructura con las especificaciones del material seleccionado para esta, con el fin de obtener cálculos para determinar el peso que llevará la estructura y soportará; con una continuación del subsistema de transmisión de potencia en el cual se determinan cada uno de los componentes necesarios que se ya se han mencionado en capítulos anteriores, siguiendo el flujo del diagrama, una vez determinados los sistemas de transmisión de potencia y de los elementos que los conforman como lo son los motores, polea y demás piezas, se llega al subsistema de componentes eléctricos y electrónicos, en donde se desarrollara e identificaran partes que realizaran la comunicación entre el subsistema de control y el subsistema de transmisión de potencia, de manera que se debe realizar el ajuste de las conexiones para obtener el mejor funcionamiento.

Por último, se tiene el proceso de control, como se observa en el diagrama de flujo, se tiene la selección del software especializado para realizar las tareas requeridas, verificando que se tenga una comunicación sin inconvenientes entre este software y la máquina, realizando pruebas de funcionamiento de estas para así llegar a la construcción de la CNC láser, con sus características específicas, a un bajo costo y con terminados de trabajo de alta calidad.

Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de diseño.





3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE ESTRUCTURA

La estructura es el primer componente para comenzar con el proceso de diseño, sabiendo que a partir de este se definen los demás elementos, las características definen a la estructura son su mitad de longitud (L) y ancho (W) del sistema, comúnmente estas estructuras son más largas que anchas, según lo expuesto en páginas web tanto comerciales como de estudio, en donde se muestran diferentes modelos en los cuales el tamaño es una de las principales diferencias, esta relación entre el largo y el ancho se mantienen, por lo tanto para este proyecto se respetara esa relación y se realizara con las siguientes medidas:

Longitud de la estructura: 81 [cm]

Ancho de la estructura: 60 [cm]

Para la altura de la estructura (H), en la cual se incluye los portes de los diferentes subsistemas, se tienen gran variación de acuerdo a diferentes modelos y páginas web, en donde influye el tipo de cabezal láser, ya sea de foco ajustable o no ajustable, en donde se hace referencia de que si se tiene un cabezal laser con foco ajustable la altura entre el lente y el área de trabajo puede quedar fija, caso contrario si no se cuenta con este tipo de ajuste en el láser, para realización de este proyecto se tiene un cabezal láser de foco ajustable, por lo tanto la altura de la estructura puede quedar determinada y fija la cual sería de:

Altura de la estructura (incluyendo soportes): 18 [cm]

La estructura debe estar geométricamente diseñada para ensamblarle los elementos de transmisión de potencia y los componentes eléctricos y electrónicos. Las características generales del subsistema de estructura se encuentran en la siguiente tabla:

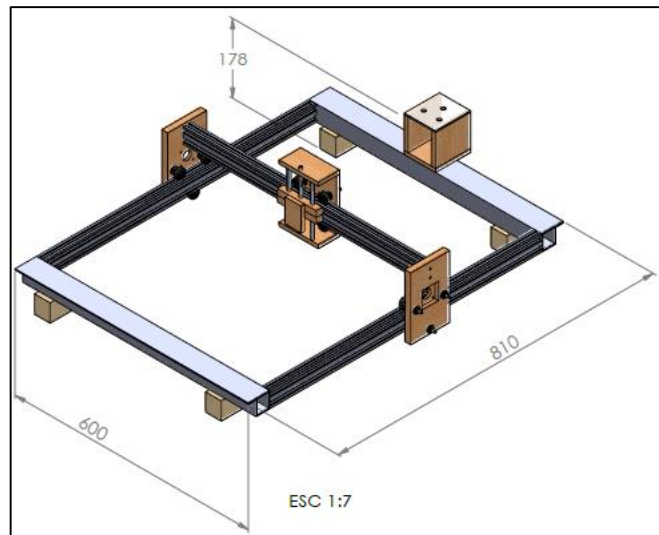
Tabla 5. Características y especificaciones del subsistema de estructura.

| CARACTERÍSTICAS | ESPECIFICACIÓN |
|---|-------------------|
| Material de la estructura | Aluminio |
| Material de los soportes de subsistemas | Madera MDF |
| Geometría de la estructura | Rectangular |
| Longitud [cm] | 70 |
| Ancho [cm] | 60 |
| Altura [cm] | 18 |
| Área de libre de trabajo [cm x cm] | 55 x 45 |
| Método de unión de perfiles | Ranura - tornillo |

3.1. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

La construcción del subsistema de estructura comienza con un modelo CAD realizado en el software SolidWorks, en el cual se ingresaron los valores finales de longitud, ancho y altura, para determinar los puntos de cables en donde se debe realizar las uniones tanto de perfil con perfil, como de soporte con perfil. En el anexo de los planos se pueden ver con más detalle las dimensiones de cada pieza de la estructura.

Figura 12. Diseño CAD del subsistema de estructura.



Una vez realizado este procedimiento se procede con el corte de los perfiles de aluminio v-slot 2040 a 70cm de largo y los perfiles de aluminio rectangulares se cortan a 60 cm de largo, posterior a esto se roscan los agujeros internos de los perfiles v-slot 2040 como se puede ver en la figura # y se hacen los agujeros en 2 caras paralelas del perfil rectangular de forma que encajen con los agujeros roscados para formar una base rectangular. Posterior a esto se cortaron los cuatro soportes en madera cuyas dimensiones son 5cm de largo x 4cm de ancho x 4.5cm de alto y se pegan en la superficie inferior de los perfiles rectangulares con pegante instantáneo (cianoacrilato) a 9cm de los extremos.

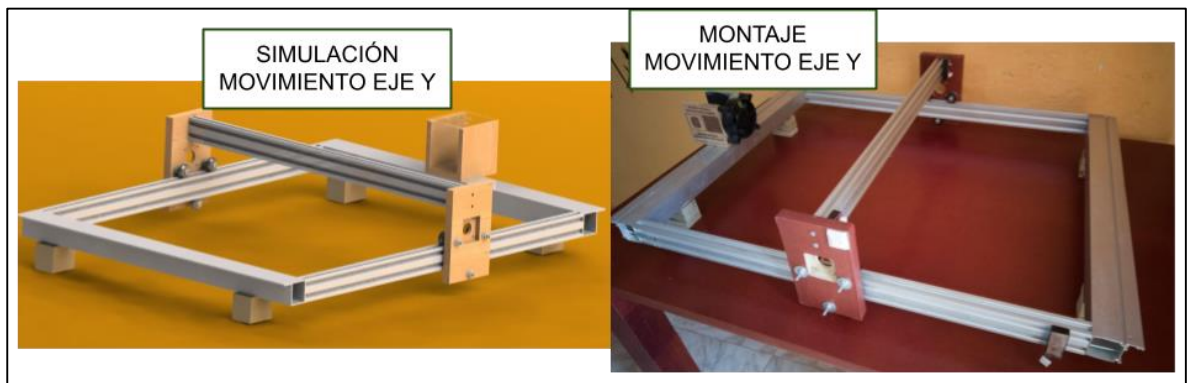
Figura 13. Roscados de perfiles de aluminio y figura de la estructura.



Para la estructura de movimiento en Y, se realiza el diseño de una estructura que deslice sobre los perfiles laterales del bastidor, este diseño consiste en dos soportes que se mueven sobre los perfiles del bastidor y para hacerlo paralelamente están unidos por un perfil V-slot 2040; basados en diseño se hace una simulación en SolidWorks como se ve en la figura #. Primero los soportes laterales de aglomerado RH que tienen 16 cm de altura, 10 cm de ancho y 15mm de espesor se ensamblan con los rodamientos 625zz, luego ya montados en el bastidor se toma la medida

transversal que hay entre los soportes y se realiza el corte de perfil de aluminio V-slot 2040 a 61 [cm] de longitud, realizado este proceso se realizan los roscados internos al extremo de los perfiles con el fin de sujetarlo a los soportes de aglomerado del subsistema de transmisión de potencia para el movimiento en Y por medio de tornillos de 3/16" x 1.5".

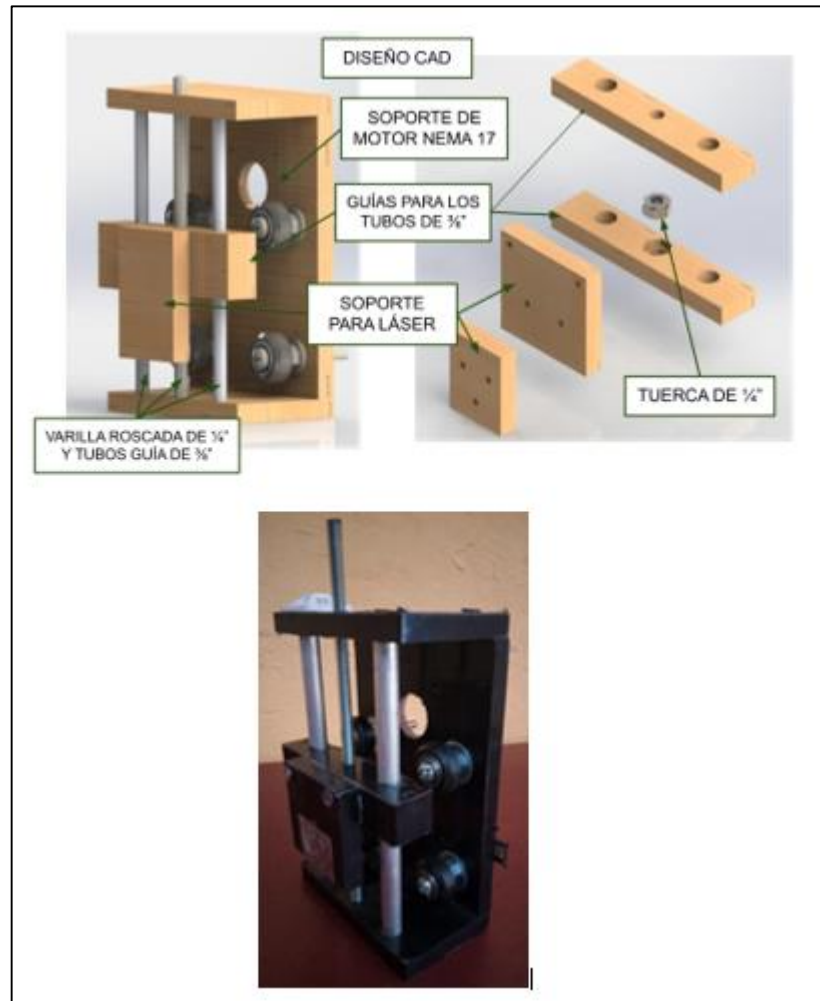
Figura 14. Diseño CAD y montaje del perfil central (eje Y).



Para el movimiento en el eje X se diseñó en SolidWorks una estructura única ver figura # que desliza sobre el perfil del movimiento en Y a través de 4 rodamientos 625zz, sostiene el Láser y se pueda graduar manualmente la altura del láser girando una varilla roscada de 1/4" que mueve un soporte que tiene una tuerca interna de 1/4" y es guiado por tubos de aluminio de 3/8" paralelos a la varilla permitiendo subir o bajar el láser.

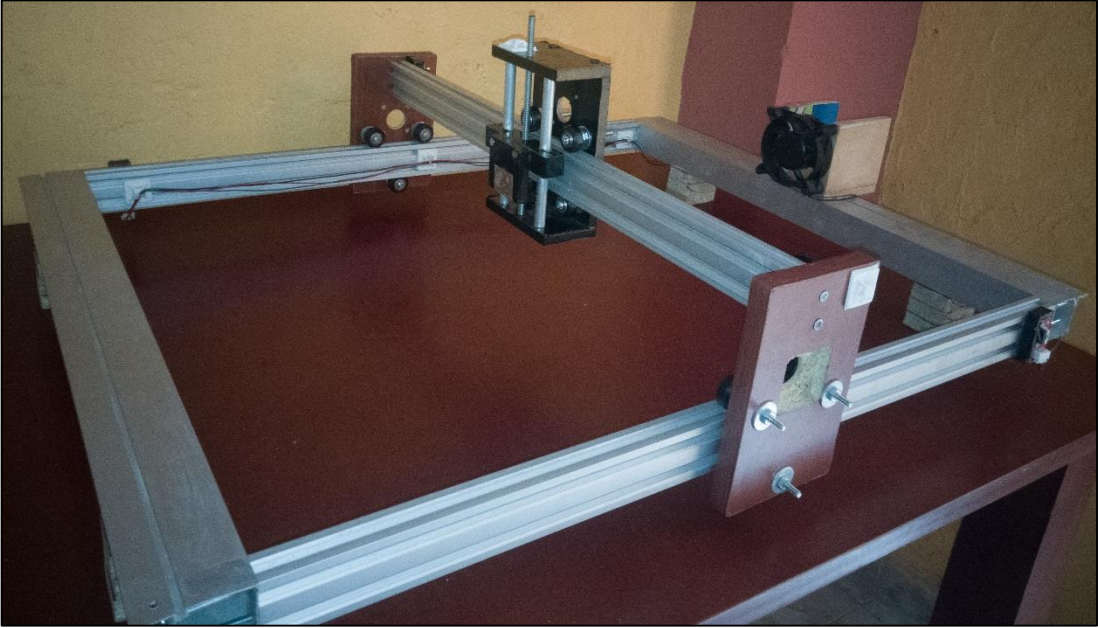
La deformación que se presentan en los perfiles debido a las cargas por el peso de los subsistemas se puede observar en el ANEXO G.

Figura 15. Componentes del soporte de madera del cabezal láser.



Por último, montamos el módulo de movimiento para X en el perfil de movimiento que se mueve en Y, teniendo lista la estructura para montarle los elementos transmisión de potencia junto con los elementos eléctricos y electrónicos.

Figura 16. Subsistema de estructura ensamblado.



4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA.

El comienzo del diseño del subsistema de transmisión de potencia empieza con selección del subsistema que transformara el movimiento circular del motor en un movimiento lineal, de acuerdo al análisis que se realizó en capítulos anteriores el sistema que se implementara en este proyecto será un sistema de polea dentada – correa dentada, en conjunto de rodamientos que permitirán que este se pueda desplazar de manera más libre.

Para el elemento que se encargara de generar el movimiento, que en este caso serán los motores, se utilizarán motores paso a paso Nema 17 acompañados de una polea dentada GT2, esta polea estará incorporada al eje del motor por medio de un pasador estos dos se incorporaran a los soportes de madera del subsistema de estructura, con estos elementos puestos en posición, se monta la correa dentada modelo 200-2GT-6 , la cual parte de esta ira sobre los perfiles de aluminio del subsistema de estructura y a su vez se ajustarán a estos.

Para verificar que este motor es capaz de mover la estructura de una manera fluida, se realiza el análisis del torque que estos manejan y del peso de la estructura con la ayuda del software SolidWorks, se puede determinar la masa de la estructura que lo motores deberá de mover.

$$M_{estructura} = 1.19 [kg]$$

Sabiendo que esta carga esta soportada por los dos soportes de madera del subsistema de estructura, para la realización del análisis de carga que deberá mover cada motor, para eso hacemos lo siguiente:

Pasamos el peso de la estructura a una unidad de fuerza, esto multiplicándolo por el valor teórico de la gravedad:

$$W_{estructura} = 1.19224 [kg] \times 9.81 [m /s^2]$$

$$W_{estructura} = 11.6958 [N]$$

Como se tienen dos soportes, este valor se dividirá en dos, para hacer el análisis sobre un solo motor:

$$W_{estructura} = \left(\frac{11.6958 [N]}{2} \right)$$

$$W_{estructura} = 5.847 [N]$$

Con este valor se realizarán los análisis; ahora, sabiendo que este sistema se está deslizando con ayuda de unos rodamientos, estos deberán de romper la fuerza de fricción para así realizar el movimiento, estos rodamientos son fabricados de material de nailon, de acuerdo a los fabricantes, en estos tipos de rodamientos se puede encontrar una fuerza de fricción entre este y un metal de 0.3, conociendo que la fuerza de fricción es $N \times \mu$, entonces:

$$F_f = 5.847 [N] \times 0,3$$

$$F_f = 1.7 [N]$$

Por lo tanto, la fuerza total que se presentará en el subsistema será de:

$$F = W_{estructura} + F_f$$

$$F = 5.847 [N] + 1.7 [N]$$

$$F = 7.547 [N]$$

Con esta fuerza y con la distancia a la cual estará ubicada esta al extremo de la polea dentada, podremos determinar el torque necesario para generar el movimiento, hacemos uso de la siguiente ecuación para esto:

$$T = r \times F$$

Donde r es 0.005 m, ya que el radio de la polea es de 5 mm, por lo tanto:

$$T = 0.005 [m] \times 7.547 [N]$$

$$T = 0.037 [N - m]$$

Por lo tanto, si es este valor lo pasamos a kg por centímetros, nos quedara de:

$$T = 0.4 [kg - cm]$$

Con el valor seleccionado del motor, este cumplirá perfectamente con los requerimientos.

Nota: no se toma un motor con un menor torque, pensado en futuras modificaciones a la CNC, para que esta pueda ser utilizada como *CNC router* y *CNC impresora 3D*.

Para los rodamientos que se utilizaron en este proyecto son unos rodamientos de bolas de referencia 625ZZ, estos estarán sujetos a los soportes de madera del subconjunto de estructura y a su vez sobre la correa dentada, la posición de estos rodamientos se determina mediante el uso del software SolidWorks, en el cual mediante un modelo CAD se analiza la mejor opción de posicionamiento de estos cumpliendo con sus requerimientos.

Las características del subconjunto de transmisión de potencia se ven reflejadas en la siguiente tabla:

Tabla 6. Características y especificaciones del subsistema de transmisión de potencia.

| CARACTERÍSTICAS | ESPECIFICACIÓN |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Transmisión | Polea dentada – Correa dentada |
| Motor | Paso a paso Nema 17 |
| Polea dentada | 2GT |
| Correa dentada | 200-2GT-6 |
| Rodamientos | 625ZZ |
| Material de polea dentada | Aluminio |

4.1. MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DEL SUBSISTEMA DE TRANSMISIÓN.

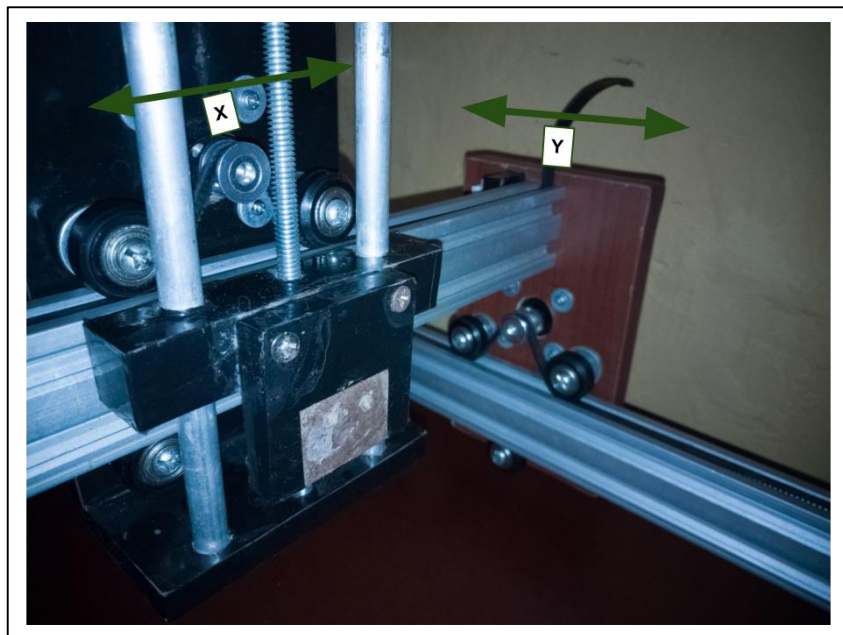
El montaje de los elementos del subsistema se empieza definiendo la posición que estos tomaran sobre el subsistema de estructura, para esto se analiza el modelo CAD generado y se verifica el mejor posicionamiento que estos pueden tener

cumpliendo con los requerimientos, una vez determinadas las posiciones se procede a realizar su montaje.

Se empieza con los motores paso a paso, estos se ajustan mediante tornillos a los soportes de aglomerado RH, dejando un espacio para que su eje sobresalga; teniendo fijo los motores paso a paso en los soportes de madera se procede a montar la polea dentada sobre el eje del motor, para justar estos dos elementos se hace uso de un pasador

Para la unión de los rodamientos 625ZZ a los soportes de madera, se realiza mediante un eje ajustado al interior de este y al soporte, esto se hace con la intención de dejar un espacio entre el rodamiento y el soporte con la idea de que el rodamiento pueda empalmar sobre las ranuras de los perfiles de aluminio laterales del subsistema de estructura, permitiendo el movimiento libre sobre este.

Figura 17. Subsistema de transmisión de potencia ensamblado.



5. DISEÑO Y COSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

Para el diseño del subsistema de componentes eléctricos y electrónicos se comienza estableciendo el espacio en el cual estarán todos los componentes conectados, para esto se estable una caja de control, en donde su ubicación se establece en el modelo CAD realizado en el software SolidWorks, realizando un análisis de espacio en el subsistema de estructura se concluye que la caja de control de mando tendrá su ubicación sobre el perfil rectangular de aluminio del subsistema de estructura.

Dentro de la caja de mando se tendrán los hardware de control, entre estos una tarjeta Arduino UNO, una tarjeta shield CNC y los drivers DRV8825, para regular la temperatura y extraer el aire caliente que se genere al interior de la caja de control, se instala un ventilador para enfriar los elementos mediante una convección forzada.

La alimentación de estas tarjetas se realiza mediante una fuente de poder reciclada, la cual es extraída de un pc dañado, pero, aun así, como se menciona en capítulos anteriores, esta es capaz de suplir con los requerimientos con la ventaja de un ahorro de costos en la construcción de este proyecto, esta fuente tiene la capacidad de entregar 12 v a DC, para más información mirar ANEXO E.

Adicional a estos, se dispondrán unos finales de carrera, los cuales cumplirán la función de limitar el movimiento de los motores paso a paso, previniendo que estos sobre pasen su rango de trabajo, estos finales de carrera serán ubicados en los extremos de los perfiles laterales y central del subsistema de estructura.

El láser de diodo se ubicará sobre el soporte de madera de la estructura del eje central, este estará sujeto mediante tornillería, la conexión de este a la caja de control estará recubierto por una manguera en espiral, esto para prevenir que los cables de conexión se enreden durante el funcionamiento de la CNC láser.

Cuando todos los elementos estén conectados a la caja de control y puestos en su posición final, se realiza la conexión entre el ordenador y la caja de mando, y así realizar la configuración necesaria de las diferentes placas del hardware.

Los elementos de este subconjunto se encuentran en la siguiente tabla

Tabla 7. Características y especificaciones de los elementos del subsistema de componentes eléctricos y electrónicos.

| CARACTERÍSTICAS | ESPECIFICACIÓN |
|------------------------------|----------------------------|
| Tarjeta Arduino | Modelo UNO |
| Tarjeta Shield | CNC V3 Driver |
| Driver | DRV8825 |
| Interruptor mecánico | Final de carrera |
| Cabezal láser | De 10 W con foco ajustable |
| Fuete de alimentación | ATX de 650 W a 12 V |
| Ventilador | Cooler de 12 V |

5.1.MONTAJE DE LOS SUBSISTEMAS DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS.

En el montaje de los componentes eléctricos y electrónicos es importante calibrar los drivers DRV 8825 que alimentan los motores nema 17 para esto fue necesario leer el DATASHEET en donde encontramos la ecuación 1 para regulación de corriente.

$$I(A) = \frac{Vref(V)}{5xRcensado(ohm)}$$

La corriente máxima del motor es de 1.69 A pero solo vamos a usar el 80 % la capacidad del motor porque no necesitamos el 100%.

$$Ireal = 1.69 A \times 80\%$$

$$Ireal = 1.352 A$$

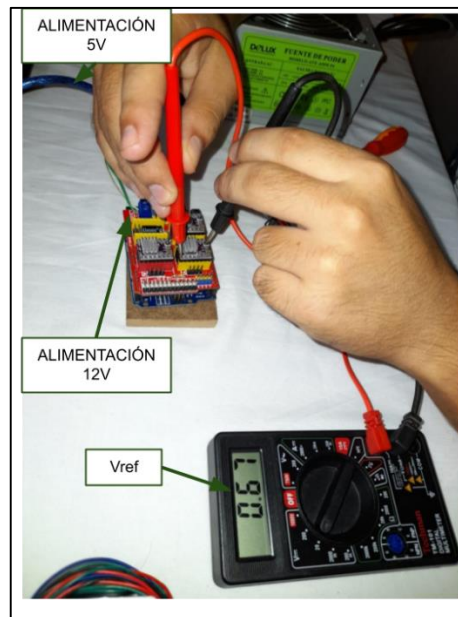
La resistencia de censado es una R100 y su valor es de 0.1 Ohm, reemplazando los valores de la resistencia y la corriente real en la EC1 hallamos el del Vref para calibrar los drivers DRV 8825.

$$V_{ref} = 1.352 A \times 5 \times 0.1 \text{ Ohm}$$

$$V_{ref} = 0.676 V$$

Para calibrar los drivers conectamos la shield a la placa Arduino, alimentamos tanto el Arduino con 5v desde el computador como la shield a los 12 v que entrega la fuente de poder; con ayuda de un multímetro digital conectamos al negativo del driver y el positivo a la perilla del driver que giramos lentamente hasta obtener el valor de voltaje de referencia como se puede ver en la figura 18.

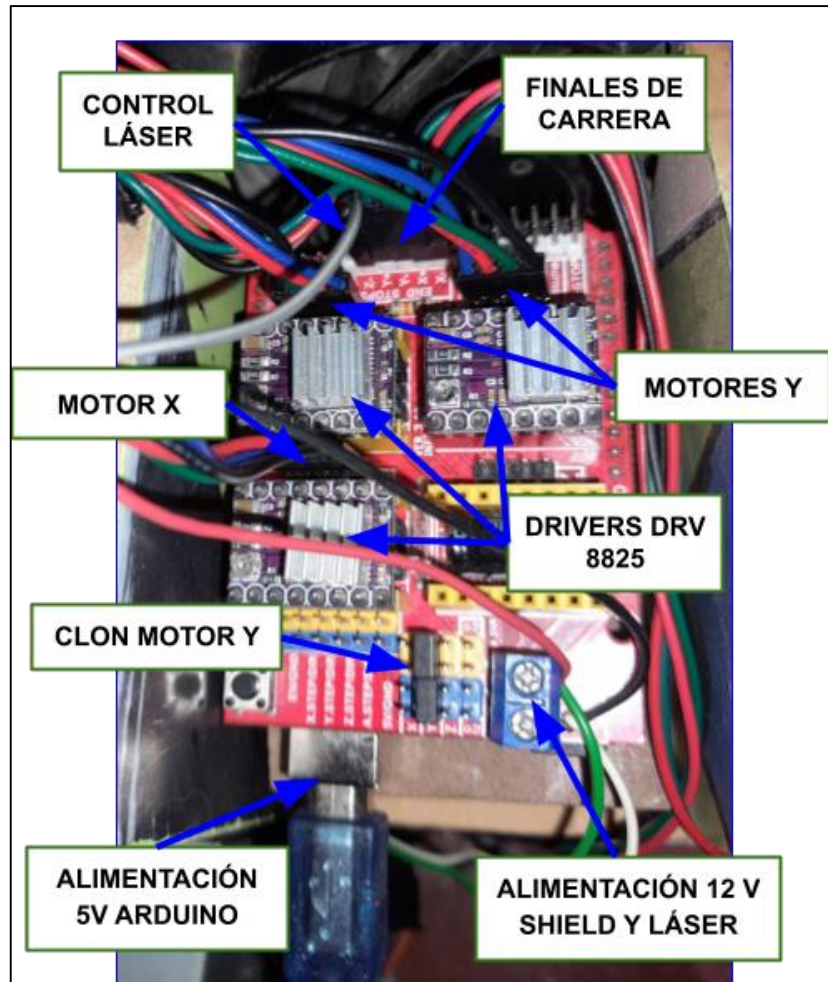
Figura 18. Voltaje de referencia para la calibración.



Luego de calibrar los drivers se realiza la conexión de los motores en la shield con su respectivo eje, eje Y cuenta con dos motores que mueven paralelamente para este se activa con unos jumpers la clonación del eje Y pero la conexión debe ser opuesta entre estos motores para invertir la polaridad en las bobinas y como uno está ubicado frente al otro se muevan en la misma dirección. La conexión del control del láser se hace en z- ya que por este pin el Arduino envía las señales de control

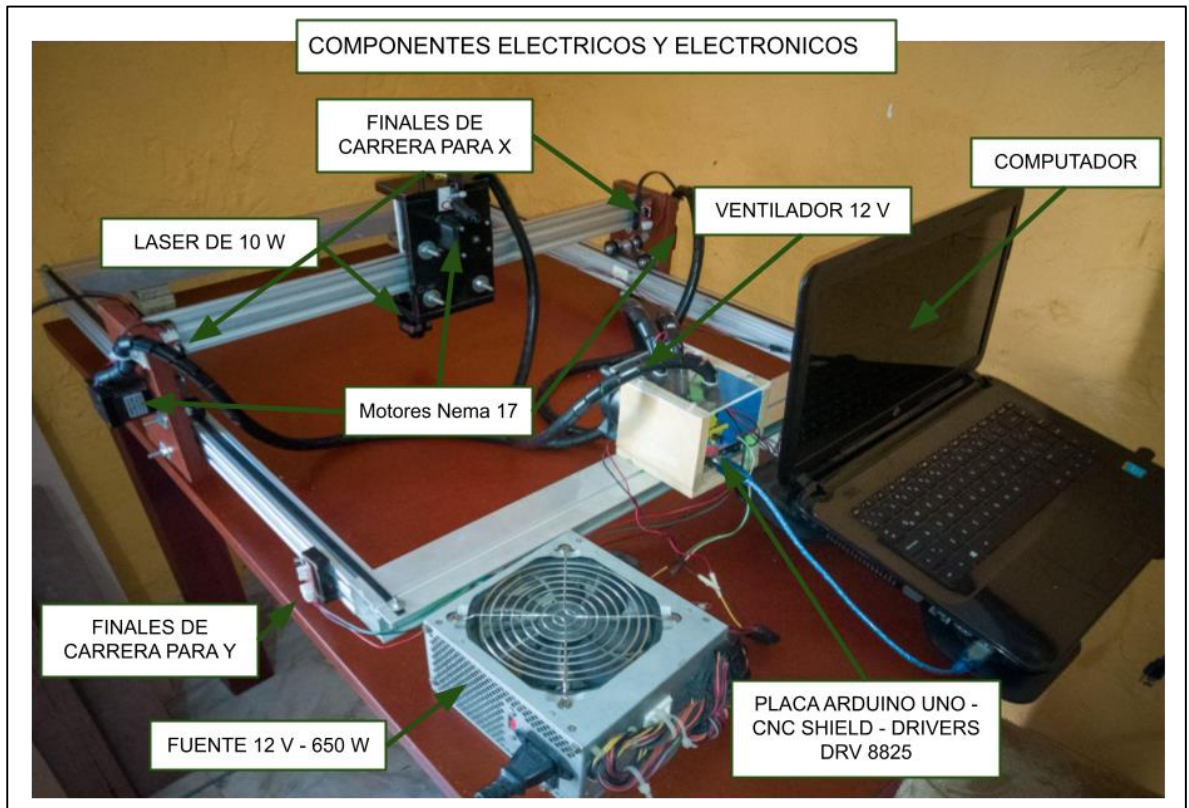
PWM al láser; en alimentación de 12V del shield se hace la conexión de 12V que va para el láser, finalmente los finales de carrera se conectan en los pines $Y-$, $Y+$, $X+$ y $X-$ estos en lazo abierto de modo que la conexión del cable verde queda en el positivo y el cable negro en la tierra.

Figura 19. Conexiones en la tarjeta Shield CNC.



En la figura 20 se muestra los componentes eléctricos y electrónicos ya instalados en la estructura, donde se puede observar que los cables que van a cada motor están dentro una manguera espiral evitando que tanto los cables del motor como los de los finales de carrera y el láser hagan interferencia o se enreden.

Figura 20. Montaje de los elementos del subsistema de componentes eléctricos y electrónicos.



6. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE CONTROL

Para realizar la instalación del software que se encargara de decodificar las imágenes y enviar las señales correspondientes al subsistema de elementos eléctricos y electrónicos, para que estos operen de manera que cumplan la tarea solicitada, para esto se tiene el Software GRBL láser, el cual es en donde se presentará la interfaz gráfica con la cual va a interactuar el usuario.

Este software estará acompañado de un código con el cual se programará la tarjeta de Arduino UNO, esta programación será la encargada de manipular las señales que se envíen a través de la tarjeta Shield CNC para realizar el control de los motores en una serie de secuencias.

Estos, tanto el código como el software será instaladas en el ordenar desde donde se podrán manipular configurar estos dos.

Recordando que la descripción de la interfaz del software se detalla en capítulos anteriores, por lo tanto, este se centra en la configuración del programa.

6.1. MONTAJE DEL SUBSISTEMA DE CONTROL

Para esto, se comienza con la descarga del software GRBL láser, el cual se consigue de manera gratuita y libre en su página web www.lasergtbl.com, una vez se tenga el software descargado e instalado, se descarga el programa Arduino, esto para realizar la programación de la tarjeta, este programa se encuentra en www.arduino.cc de manera gratuita.

Una vez se tenga el software descargado e instalado en el ordenador, se procede a realizar la configuración de este, en donde los parámetros más importantes a configurar son las señales de los finales de carrera en lazo abierto, se configuran los pasos por mm, esto para que por cada revolución que se especifique en el

software sea una revolución por parte del motor, la velocidad máxima a la cual se puede desplazar la máquina, la aceleración máxima que pueden llegar a tener los motores y los desplazamientos máximos que se puedan llegar a presentar sobre los ejes X y Y.

Estas configuraciones se realizan en el panel de configuración del software, como se presentan en las siguientes imágenes.

Figura 21. Cuadro de configuraciones del software GRBL láser.

| # | Parámetro | Valor | Unidad | Descripción |
|------|---------------------------------|-----------|--------------|--|
| #0 | Step pulse time | 10 | microseconds | Sets time length per step. Minimum 3usec. |
| #1 | Step idle delay | 100 | milliseconds | Sets a short hold delay when stopping to let dynamics settle before disabling steppers. Value 255 keeps motors enabled ... |
| #2 | Step pulse invert | 0 | mask | Inverts the step signal. Set axis bit to invert (000002TX). |
| #3 | Step direction invert | 0 | mask | Inverts the direction signal. Set axis bit to invert (000002TX). |
| #4 | Invert step enable pin | 0 | boolean | Inverts the stepper driver enable pin signal. |
| #5 | Invert limit pins | 0 | boolean | Inverts the all of the limit input pins. |
| #6 | Invert probe pin | 0 | boolean | Inverts the probe input pin signal. |
| #10 | Status report options | 4 | mask | Alters data included in status reports. |
| #11 | Junction deviation | 0,020 | millimeters | Sets how fast Grbl travels through consecutive motions. Lower value slows it down. |
| #12 | Arc tolerance | 0,010 | millimeters | Sets the G2 and G3 arc tracing accuracy based on radial error. Beware: A very small value may effect performance. |
| #13 | Report in inches | 0 | boolean | Enables inch units when returning any position and rate value that is not a settings value. |
| #20 | Soft limits enable | 0 | boolean | Enables soft limits checks within machine travel and sets alarm when exceeded. Requires homing. |
| #21 | Hard limits enable | 0 | boolean | Enables hard limits. Immediately halts motion and throws an alarm when switch is triggered. |
| #22 | Homing cycle enable | 0 | boolean | Enables homing cycle. Requires limit switches on all axes. |
| #23 | Homing direction invert | 0 | mask | Homing searches for a switch in the positive direction. Set axis bit (000002TX) to search in negative direction. |
| #24 | Homing locate feed rate | 200,000 | mm/min | Feed rate to slowly engage limit switch to determine its location accurately. |
| #25 | Homing search seek rate | 4000,000 | mm/min | Seek rate to quickly find the limit switch before the slower locating phase. |
| #26 | Homing switch debounce delay | 0 | milliseconds | Sets a short delay between phases of homing cycle to let a switch debounce. |
| #27 | Homing switch pull-off distance | 0,000 | millimeters | Retract distance after triggering switch to disengage it. Homing will fail if switch isn't cleared. |
| #30 | Maximum spindle speed | 255 | RPM | Maximum spindle speed. Sets PWM to 100% duty cycle. |
| #31 | Minimum spindle speed | 0 | RPM | Minimum spindle speed. Sets PWM to 0.4% or lowest duty cycle. |
| #32 | Laser-mode enable | 1 | boolean | Enables laser mode. Consecutive G1/2/3 commands will not halt when spindle speed is changed. |
| #100 | X-axis travel resolution | 80,000 | step/mm | X-axis travel resolution in steps per millimeter. |
| #101 | Y-axis travel resolution | 80,000 | step/mm | Y-axis travel resolution in steps per millimeter. |
| #102 | Z-axis travel resolution | 0,001 | step/mm | Z-axis travel resolution in steps per millimeter. |
| #110 | X-axis maximum rate | 5000,000 | mm/min | X-axis maximum rate. Used as G0 rapid rate. |
| #111 | Y-axis maximum rate | 5000,000 | mm/min | Y-axis maximum rate. Used as G0 rapid rate. |
| #112 | Z-axis maximum rate | 12000,000 | mm/min | Z-axis maximum rate. Used as G0 rapid rate. |
| #120 | X-axis acceleration | 600,000 | mm/sec^2 | X-axis acceleration. Used for motion planning to not exceed motor torque and lose steps. |
| #121 | Y-axis acceleration | 600,000 | mm/sec^2 | Y-axis acceleration. Used for motion planning to not exceed motor torque and lose steps. |
| #122 | Z-axis acceleration | 12000,000 | mm/sec^2 | Z-axis acceleration. Used for motion planning to not exceed motor torque and lose steps. |
| #130 | X-axis maximum travel | 400,000 | millimeters | Maximum X-axis travel distance from homing switch. Determines valid machine space for soft-limits and homing search dis... |
| #131 | Y-axis maximum travel | 400,000 | millimeters | Maximum Y-axis travel distance from homing switch. Determines valid machine space for soft-limits and homing search dis... |
| #132 | Z-axis maximum travel | 10000,000 | millimeters | Maximum Z-axis travel distance from homing switch. Determines valid machine space for soft-limits and homing search dis... |

Para la configuración del láser, se debe verificar que el software se encuentre habilitado en la opción de soporte *PWM*, esta se encuentra en la pestaña de ajustes, con este parámetro activado se podrá configurar y manejar el cabezal láser de 10 W.

7. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Figura 22. CNC láser terminada.

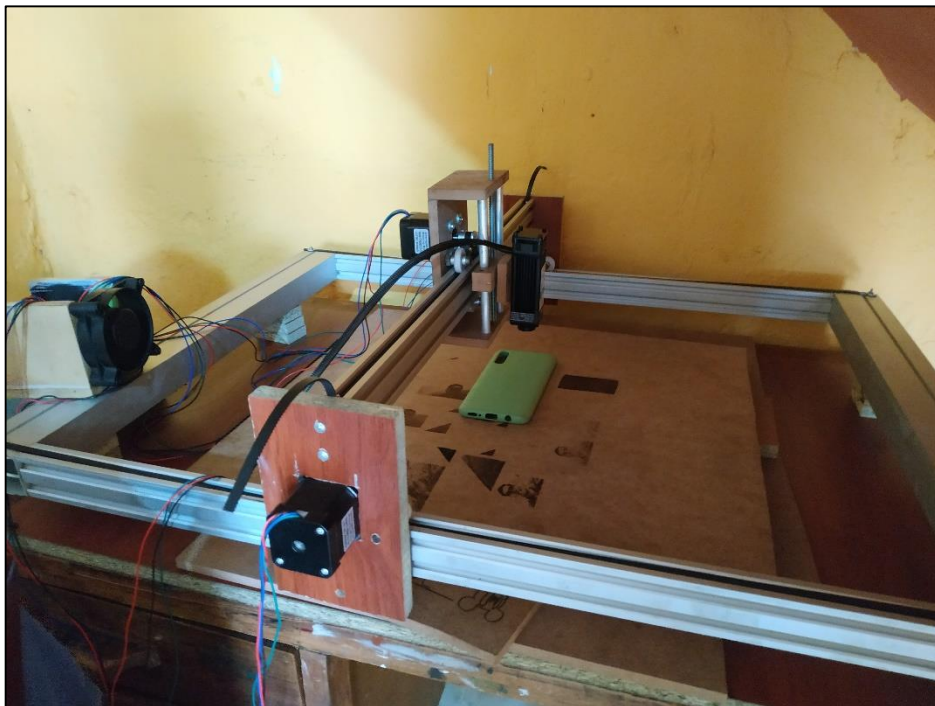


Prueba N°1

La primera prueba se realiza sobre un Silicone case de un celular, para la realización de este se realizaron los siguientes pasos:

- Se escoge la imagen o figura que se desea grabar o cortar, en este caso es proceso de grabado.
- Se vectoriza la imagen seleccionada con la ayuda del software GRBL láser.
- Se configura el software con la velocidad, área de trabajo y potencia del láser, configurado estos parámetros se procede a realizar el trabajo.

Figura 23. Posicionamiento de Silicone case en el área de trabajo.



Fuente: los autores.

Figura 24. Resultado final de la CNC láser sobre el Silicone case.



Fuente: los autores.

Prueba N°2

Para esta prueba, se realiza un proceso de grabado sobre madera MDF de 2.7 mm de espesor, al igual que en la prueba N°1, se realizan los mismos pasos, el resultado de esta prueba es completamente satisfactoria, puesto que presenta unos acabado con gran detalle.

Figura 25. Figura grabada en MDF.



Prueba N°3

Para la realización de esta prueba, quisimos poner a prueba el potencial del láser, por lo que se realiza un trabajo de grabado sobre una superficie metálica, los pasos para realizar este trabajo son los mismos que se presentan en la prueba N°1, el resultado de un proceso de grabado sobre una superficie metálica cumplió con las expectativas.

Figura 26. Proceso de grabado sobre una superficie metálica.



Figura 27. Grabado láser sobre una superficie metálica.



Otras pruebas

Figura 28. Grabados láser con diferente configuración.



8. COSTOS DE FABRICACIÓN.

En la siguiente tabla se presentan los costos generales necesarios para la construcción de la CNC láser.

Tabla 8. Costo total del proyecto.

| GASTOS GENERALES | VALOR |
|---|---------------------|
| Papelería (fotocopias, carpetas, impresiones, etc.) | \$ 100.000 |
| Bibliografía (libros, artículos, manuales, catalogos) | \$ 150.000 |
| Transporte | \$ 100.000 |
| Trabajo intelectual | \$ 1.200.000 |
| Asesoría profesional | \$ 1.200.000 |
| Subtotal | \$ 2.750.000 |
| GASTOS DE MATERIALES | |
| Elementos mecanicos | \$ 450.000 |
| Elementos electronicos | \$ 500.000 |
| Subtotal | \$ 950.000 |
| TOTAL | \$ 3.700.000 |

CONCLUSIONES

La CNC láser esta diseñada para grabar y cortar distintos materiales, contiene una amplia zona de trabajo en donde se puede situar materiales de diferentes medidas, además, se observó en las pruebas de funcionamiento que también es capaz de grabar sobre materiales metálicos.

Los componentes y configuraciones seleccionadas para la construcción permiten el movimiento libre y sin interrupciones de los diferentes elementos que conforman la CNC láser.

A pesar de que la fuente seleccionada proviene de un equipo de cómputo, el mando de control responde de manera adecuada a las necesidades requeridas por el cabezal láser sin presentar complicaciones, por lo que este tipo de fuentes se puede emplear en futuros proyectos de diseño y construcción de CNC láser, reduciendo así sus costos de fabricación sin temor a que este tipo de fuentes no responda de manera adecuada.

Con una configuración de los drivers y jumpers a 1/32 para los motores, el sistema funciona de manera adecuada para la realización de trabajos de precisión, responden rápidamente y no se genera ruido al momento de la realización de trabajos de grabado y corte.

El sistema de control de lazo abierto funciona de manera adecuada, ya que los motores paso a paso no requieren de retroalimentación, sin embargo, al presentarse alguna falla al momento de la realización de un trabajo, este no se detendrá y seguirá trabajando aun teniendo una falla.

El software láser GRBL no presenta complicaciones para la interacción usuario – maquina, puesto que presenta una interfaz gráfica agradable con el usuario de fácil entendimiento, con herramientas para la vectorización de imágenes, calibración del cabezal láser, velocidades y potencias de trabajo.

Los resultados obtenidos en las pruebas de funcionamiento fueron totalmente exitosos, mostrando gran calidad en los acabos sin presentar complicaciones.

Los perfiles de aluminio cuadrados presentan gran estabilidad al sistema de soporte, lo que representa que los soportes en los cuales no vaya a ver un movimiento lineal pueden ser remplazados por estos, reduciendo costos de construcción.

La herramienta del software ANSYS fue primordial para el análisis de esfuerzos y deformación que se podrían presentar en la estructura de la CNC láser, sobre todo en la reducción de tiempos de cálculo y representaciones gráficas, permitiéndonos la visualización de los modelos sometidos a dichas cargas. El uso de la herramienta de diseño y dibujo CAD también fundamental para la realización de este proyecto es SOLIDWORKS, al realizar trabajos de piezas, dibujos y planos en tiempos cortos con una alta precisión de detalle.

Con este proyecto de grado se ha logrado un aprendizaje practico en procesos de diseño y construcción de máquinas herramientas, permitiendo aplicar conocimientos adquiridos durante el proceso de formación académica en cada una de las decisiones de diseño para piezas y configuraciones de sistemas con las que trabaja la CNC láser.

RECOMENDACIONES

Es importante enfocar el haz de luz del láser sobre el material que vayamos a cortar o grabar y el software GRBL laser cuenta con una herramienta muy útil que permite enciende el láser a una potencia que no afecta la vista ni quema el material para realizar el ajuste.

Antes de realizar un trabajo de grabado o corte, verificar que el área de la imagen o figura seleccionada sea coherente con el área del material al cual le van a realizar alguno de estos procesos. El software cuenta con una función de enmarcado que sirve para visualizar los cuatro extremos por dónde se realizara el grabado finalmente.

Se recomienda utilizar un ventilador adicional que ayude a disipar el calor del láser cuando trabaja a máxima potencia (100%) con tiempos largos (más de 25 minutos) para evitar que se recaliente y se queme.

Es importante utilizar una placa de Arduino uno original o una copia original que tenga el chip 16u2, hay copias que montan el chip serie CH340 que presenta problemas de comunicación que paran el o desvían el curso dañando el grabado.

Se recomienda tener una plantilla cuando se va a realizar repetir el grabado en varias piezas de iguales dimensiones, esto para agilizar la verificación del área de grabado y utilizar gafas protectoras para láser violeta/azul con longitud de onda $400\text{ nm} - 450\text{ nm}$ en el momento del grabado.

BIBLIOGRAFIA

CNC DIY. COMPONENTES MECANICOS DE UNA MAQUINA CNC. 20 de Abril de 2020. Disponible en <https://cncdiyblog.wordpress.com/2017/04/09/primera-entrada-de-blog/>

DIAZ, J.A. PLACA ARDUINO UNO. 20 de Marzo de 2021. Disponible en <https://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>

GARCÍA, Antony. ¿Qué es y cómo funciona un servomotor?. 25 de Febrero 2021. Disponible en <https://cncdiyblog.wordpress.com/2017/04/09/primera-entrada-de-blog/>

HETPRO. Microcontrolador – qué es y para qué sirve. 5 de Enero de 2021. Disponible en <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/microcontrolador/>

LEMACO INSUTRIAL. El proceso de Corte por Laser. 10 de Febrero de 2021. Disponible en <http://www.lemaco.cl/blog/posts/el-proceso-de-corte-por-laser>

LÓPEZ, P. Robótica y domótica básica con Arduino. Madrid: RA-MA, S.A. Editorial y Publicaciones. (2016).

PADILLA, R. Ingeniero en Mecatrónica, Ibarra, 2017, 86. Diseño y construcción de una cortadora láser para papel con interfaz gráfica..

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE. FACULTAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA. ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA.

ANEXOS

ANEXO A

REFERENTES TEORICOS

Estructura mecánica.

En una máquina de CNC la estructura es parte fundamental puesto que esta es la encargada de soportar los demás elementos que componen la máquina y a su vez mantiene la rigidez de esta mientras está trabajando.

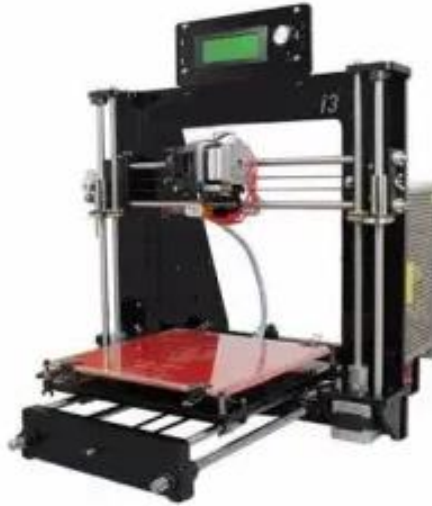
Para la realización de la estructura de máquinas CNC se tienen los siguientes materiales:

- Acrílico.
- Madera.
- Aluminio.
- Acero.

La estructura debe ser lo suficientemente resistente para no torcerse y contrarrestar los esfuerzos generados por el movimiento de los ejes. En una impresora 3d, cortador laser, o un plotter no se ejercen grandes esfuerzos en la maquina por lo que solo debe preocuparse de que la maquina sea hecha con un material lo suficientemente rígido para no vibrar. (CNC DIY, 2017).

De acuerdo a la función que vaya a realizar la maquina CNC el material que conformara la parte estructural deberá ser de mayor resistencia, si se hace una selección de material para una maquina cuyo trabajo sea de corte por desprendimiento de material, esta selección deberá ser de mayor o igual dureza al material a mecanizar, es decir si la maquina realizara cortes en madera por desprendimiento de material que deberá conformar la estructura será de manera o aluminio, si por el contrario, el materia que va a cortar es aluminio, la estructura deberá ser de aluminio o acero.

Estructura en acrílico de una CNC 3D.



Fuente: <https://cnctdiyblog.wordpress.com>

Estructura de madera de una CNC router.



Fuente: <https://cnctdiyblog.wordpress.com>

Estructura en aluminio de una CNC router.



Fuente: <https://cncdiyblog.wordpress.com>

Estructura en acero de una fresadora controlada por computadora.



Fuente: <https://cncdiyblog.wordpress.com>

COMPONENTES DE OPERACIÓN

- **El láser**

Al hablar de láser, es necesario hablar del espectro electromagnético, pues que este me define la propiedad de la luz, de su comportamiento con un movimiento ondulatorio de ondas, en donde los efectos que genera esta luz como la difracción, reflexión, polarización, etc. Son los efectos que se usan en la utilización de la tecnología láser.

Las aplicaciones industriales, en la cual, se trabaja con láser, tienen un parámetro importante que es la longitud de onda, esta se mide en metros (m). donde los más utilizados están en el rango de infrarrojo y rango de ultravioleta debido a su alto rendimiento.

Espectro electromagnético.



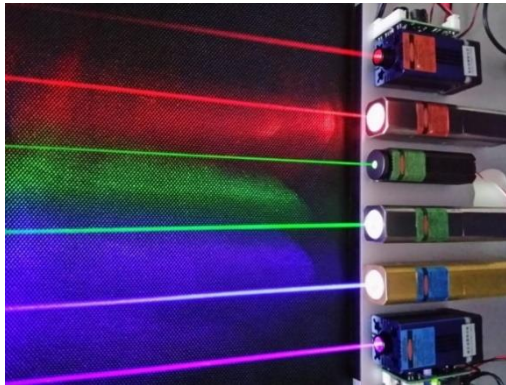
Fuente: <http://2.bp.blogspot.com>.

Los componentes de un láser, comúnmente son el sistema de bombeo, medio activo, cavidad óptica. Un láser es un sistema multidisciplinar en el que se conjugan los conocimientos ópticos y electrónicos necesarios para conseguir que los átomos del medio activo aumenten a un estado de energía superior mediante la aplicación de bombeo (eléctrico u óptico), del cual descienden liberando fotones que rebotan gracias a su confinamiento en la cavidad óptica. (Cuesta, 2011).

Los láseres se pueden clasificar a partir del medio activo:

- Estado sólido. Son aquellos en los que el medio activo está incluido en un elemento sólido.
- Estado gaseoso. Este contiene un tubo hermético, en el cual se introduce una mezcla de gases.
- De colorante. Estos trabajan con un medio activo que depende de una mezcla orgánica.
- Semiconductor. Son los más comunes, los encontramos en los punteros láser usados en presentaciones, mira láser. El medio activo debe ser atravesado por la electricidad para generar la emisión láser.

Láser de estado sólido.



Fuente: <https://www.todosobrelaser.com/laser-de-estado-solidoss/>

- **Actuadores.**

Los actuadores son dispositivos que generan energía mecánica a partir de líquidos, gases, energía eléctrica. Se activan mediante una señal proveniente de un controlador y son usados para accionar máquinas y mecanismos. Los actuadores pueden ser de tipo hidráulico, neumático o eléctrico (Padilla, 2017).

Los actuadores más comunes que se encuentran en las máquinas CNC son:

- Motores paso a paso (MPP).

Un motor paso a paso, es como cualquier tipo de motor, que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, se caracteriza por girar determinados ángulos y no libremente, este transforma los pulsos eléctricos en movimientos de giros controlados haciendo que su precisión sea mayor para elementos de control.

Motor paso a paso.



Fuente: <https://www.dynamoelectronics.com>

- Servomotores.

Al hablar de un servomotor se tiene en cuenta que es una pieza electromecánica, Un servomotor (o servo) es un tipo especial de motor con características especiales de control de posición. El motor en el interior de un servomotor es un motor DC

común y corriente. El eje del motor se acopla a una caja de engranajes similar a una transmisión. Esto se hace para potenciar el torque del motor y permitir mantener una posición fija cuando se requiera (García, 2016).

Servomotor.



Fuente: <https://clr.es>

- **Sistema de desplazamiento.**

Este es el sistema necesario para que la maquina CNC se pueda desplazar en sus diferentes ejes, este sistema también debe soportar las cargas que se generen por el peso de los demás componentes que permiten el movimiento de forma lineal.

Para realizar dicho movimiento se hace uso de dos elementos:

- Guías lineales

Son elementos que se ubican en la trayectoria por donde se desplazará la herramienta de la máquina.

- Rodamientos

Estos elementos se desplazarán sobre las guías lineales.

Para las guías lineales encontramos diferentes tipos, entre estas están:

- Guías Hiwin.
- Guías lineales soportadas.
- Ejes lineales.
- Perfiles con ranura en V.

- **Transmisiones**

Estas serán las encargadas de transformar el movimiento rotativo de los actuadores en movimiento lineal, entre estos tenemos los siguientes:

- Husillo de bolas.

Es uno de los sistemas más precisos y a su vez genera pocas perdidas por la fricción por lo cual es un sistema de gran valor económico, como defecto se tiene que a medidas de longitud grande este sistema tiende a pandearse haciendo que la precisión disminuya.

- Cremallera y piñón.

Este sistema a pesar que posee gran precisión de movimiento, es uno de los que más genera ruido, esto debido al choque que ocurre entre los engranajes, sin embargo, es un sistema de bajo costo.

- Tornillo Rosca Acme o trapezoidal.

Es un sistema poco eficiente que lo anteriores debido a un efecto llamado backlash, este trabaja con medidas entandare.

- Correa dentada.

Es el sistema que se encuentra con mayor frecuencia en máquina de CNC 3D y láser, es un sistema económico y silencioso, sin embargo, no es recomendable cuando se tiene grandes torques en los actuadores.

COMPONENTES DE CONTROL.

El Microcontrolador es un circuito integrado que es el componente principal de una aplicación embebida. Es como una pequeña computadora que incluye sistemas para controlar elementos de entrada/salida. También incluye a un procesador y por supuesto memoria que puede guardar el programa y sus variables (flash y RAM). Funciona como una mini PC. Su función es la de automatizar procesos y procesar información (Hetpro, 2017).

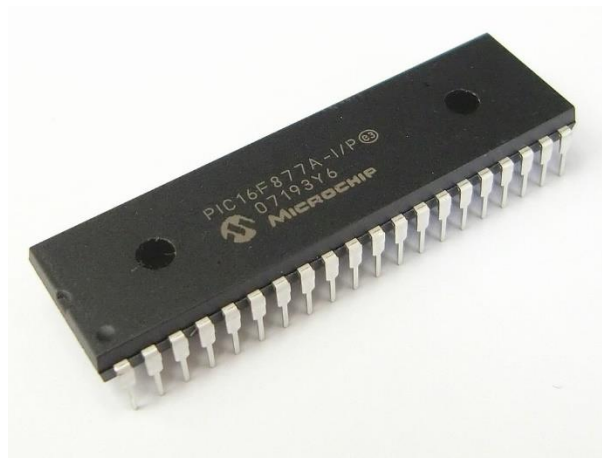
Los microcontroladores los podemos encontrar en múltiples aplicaciones como:

- Sistemas de comunicación.
- Electrodomésticos.
- Industria informática.
- Electromecánica.
- Automoción.

Los microcontroladores más nombrados son:

- Microcontroladores de ATMEL.
- Microcontroladores PIC de Microchip Technology Inc.
- Microcontroladores de Arduino.

Microcontrolador.



Fuente: <https://sensoricx.com>

- **Microcontrolador Arduino.**

Arduino es una placa de circuito impreso con la que, junto con unos componentes electrónicos, un microprocesador y una serie de pines de entrada y salida, podemos crear proyectos basados en sistemas electrónicos (López, 2016).

El software que se requiere para programar una placa Arduino es totalmente gratuito y es mediante una interfaz USB.

Podemos encontrar distintas placas de Arduino, entre los conocidos están:

- Arduino Uno.
- Arduino Mega.
- Arduino Nano.

Arduino Uno es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328. La placa incluye todo lo necesario para que el microcontrolador haga su trabajo, basta conectarla a un ordenador con un cable USB o a la corriente eléctrica a través de un transformador (MiArduino, 2016).

Arduino Uno.



Fuente: <http://www.iescamp.es>

CNC LÁSER.

Al hacerse referencia a CNC láser, se habla del tipo de instrumento a la cual el control numérico computarizado de la máquina-herramienta va a trabajar, las máquinas CNC láser, se puede decir que son máquinas que trabajan a velocidades de tiempo real con una muy alta precisión de corte y/o grabado, como toda máquina esta presenta una interfaz muy amigable y fácil de utilizar para los usuarios. (Padilla, 2017).

Lo procesos que se generan con una cnc láser son procesos térmicos de alta precisión y velocidad sin entrar en contacto con el material a mecanizar (Lemaco industrial, 2014), esto debido a la absorción del material a las ondas de luz, las cuales se convierten en energía térmica con la capacidad de cortar, grabar o quemar.

En la industria se manejan dos tipos de láser para realizar trabajos, está el láser de estado sólido y el láser de CO₂, este tipo de máquinas generan amplias ventajas, como lo son:

- No hay contacto mecánico con el material.
- Proceso automático.
- Altas velocidades de corte y grabado.
- Pueden trabajar en diversos tipos de materiales.

Sin embargo, la desventaja que posee esta máquina es:

- Elevado costo del equipo en comparación de otras herramientas para generar corte y grabado.
- La calidad de el corte se ve afectada con el grosor del material, a mayor grosor menor calidad.

Los componentes principales que se encuentra en una CNC láser son los actuadores, el láser y el modelamiento de control que genere la interacción de usuario máquina.

La industria ha venido presentando un cambio significativo en la tecnología para el mecanizado de materiales, donde, una de estas es la implementación del CNC, este es utilizado en múltiples aplicaciones.

Este crecimiento se debe a la alta demanda de calidad de los productos, por lo tanto, la industria se enfrenta a diversos problemas, como lo son:

- Diseños complejos.
- Costos de fabricación de moldes son costosos.
- Tiempo de inspección elevados.
- Mayor exigencia de precisión.
- Tiempo de entrega de productos finales.

Estos pueden ser solucionados con la implementación del CNC a las maquinas herramientas, dándole las siguientes ventajas:

- Fácil control de calidad.
- Satisfacción de la entrega de productos en tiempos cortos.

- Fácil cambio de diseño y modelos en poco tiempo.
- Aumento en la producción.
- Mayor precisión y mejoramiento de calidad de procesos de mecanizado.
- Elaboración de piezas con geometrías complejas.

ANEXO B

SISTEMA DE ESTRUCTURA

Esta estructura será la encargada de mantener el sistema en una posición estable, soportando los elementos de transmisión, el sistema del láser de diodo y los actuadores.

Para la elaboración de la estructura se optó por diferentes materiales, uno se encargará de dar estabilidad a la máquina y permitir el movimiento de los actuadores sobre él, el otro será utilizado para soportar los actuadores y el sistema del láser, estos dos materiales fueron:

- Aluminio.
- Madera.

Se eligió el aluminio para la estructura puesto que en este tipo de material podemos encontrar propiedades favorables para la construcción de la CNC láser, estas las podemos observar en la siguiente tabla:

Propiedades del Aluminio.

| Propiedad | | Aluminio |
|-----------|---|------------|
| 1 | Esfuerzo (N/mm ²) | 250 |
| 2 | Elasticidad E, Módulo de Young (MPa) | 70.000 |
| 3 | Densidad (g/cm ³) | 2,7 |
| 4 | Punto de fusión (°C) | 660 |
| 5 | Rango de temperatura de trabajo (°C) | -250 a 150 |
| 6 | Conductibilidad eléctrica (m/Ohm mm) ² | 29 |
| 7 | Conductividad térmica (W/m °C) | 200 |
| 8 | Coefficiente de expansión lineal x 10 ⁻⁶ /°C | 24 |
| 9 | No-magnético | Sí |
| 10 | Tóxico | No |
| 11 | Resistente a la corrosión | Sí |
| 12 | Mecanizado | Fácil |
| 13 | Maleable | Sí |
| 14 | Costo | Barato |

Fuente: <http://puentelara.blogspot.com>

Las propiedades de la madera presentan ventajas para el diseño de los soportes entre estas están que es un material liviano, de fácil acceso en el mercado, es aislante eléctrico, flexible, entre otras, por lo tanto, es un material óptimo para este tipo de trabajo, para la realización de este proyecto se utilizara madera tablex RH de 15 mm de espesor con medidas de 10 x 16.5 cm.

- **Perfil de aluminio para el eje X.**

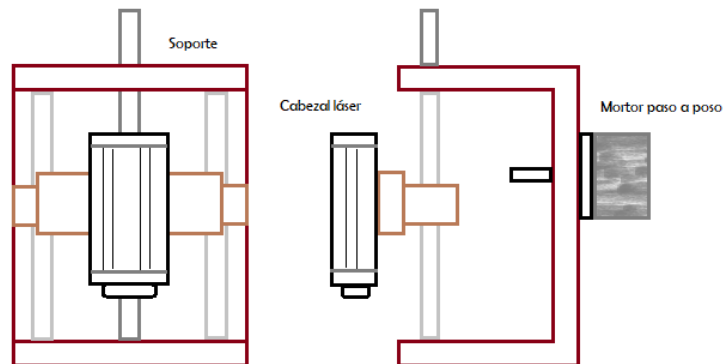
Para la realización del diseño de la estructura en el eje X, se deben considerar las cargas que este va a soportar como lo son:

- Motor paso a paso.
- Cabezal láser.
- Soporte de motor PAP y cabezal láser.

No se tienen en consideración las cargas ejercidas por los rodamientos y la correa puesto su carga puede ser despreciada en temas de caculos. El conjunto del motor

PAP, el cabezal láser y su soporte, se estarán desplazando de manera lineal sobre el perfil de aluminio seleccionado.

Conjunto de motor, láser y soporte.



Fuente: los autores.

Teniendo en cuenta que este conjunto de motor, láser y soporte, se desplazara de manera lineal sobre el perfil, este debe ser capaz de facilitar el movimiento del conjunto, para esto se encuentran perfiles de aluminio con ranura de fácil acceso en el mercado, este tipo de perfil se llama V-slot el cual cuenta con ranuras en las cuales se instala un sistema de rodamientos permitiendo el movimiento fluido del sistema que se ponga encima y a su vez restringe la dirección del movimiento en una sola dirección.

Se utilizarán perfiles de aluminio estructural 2040 V-slot 20x40, estos perfiles disponen de una ranura central en forma de V en las caras superior e inferior, este perfil de aluminio cuenta con las siguientes características:

- Material: Aluminio 6063-T5
- Momento de inercia: $I_x = 1,4 \text{ cm}^4$ $I_y = 5.1 \text{ cm}^4$
- Momento de resistencia: $W_x = 1.4 \text{ cm}^3$ $W_y = 2.5 \text{ cm}^3$
- Masa: 0.9 Kg/m

Si se hace el cálculo del peso del perfil de aluminio teniendo en cuenta que sobre el eje X tendrá una longitud de 60 cm, puesto que el acho de la maquina tendrá este valor, el resultado obtenido es:

$$\text{Masa del perfil de aluminio en X} = 0.9 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} * 0.6 \text{ m}$$

$$\text{Masa del perfil de aluminio en X} = 0.54 \text{ kg}$$

Si multiplicamos este valor por la gravedad de la tierra nos queda que:

$$\text{Peso del perfil de aluminio en X} = 0.54 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Peso del perfil de aluminio en X} = 5.3 \text{ N}$$

➤ Perfil de aluminio para el eje Y.

Sobre el perfil de este eje se montarán los actuadores como sus soportes para realizar el movimiento sobre el eje Y de la CNC láser, en los soportes de los motores de este eje, irá montada la estructura del eje X, por lo que este sistema también deberá soportar la carga que se genera en este.

Al igual que el perfil en sistema de eje X, se selecciona un perfil de aluminio V-slot 20x40, la dimensión del largo del perfil será de 70 cm, por lo tanto, el peso de este perfil será:

$$\text{Masa del perfil de aluminio en Y} = 0.9 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} * 0.7 \text{ m}$$

$$\text{Masa del perfil de aluminio en Y} = 0.63 \text{ kg}$$

Si multiplicamos este valor por la gravedad de la tierra nos queda que:

$$\text{Peso del perfil de aluminio en Y} = 0.63 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Peso del perfil de aluminio en Y} = 6.18 \text{ N}$$

ANEXO C

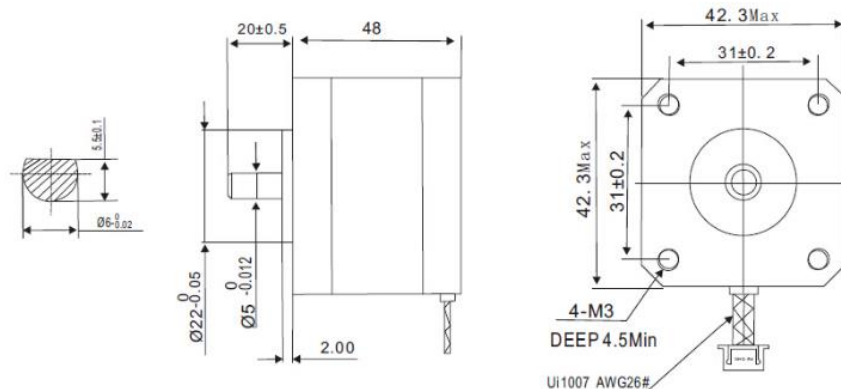
MOTORES PASO A PASO BIPOLAR NEMA 17

Para la selección del sistema encargado de generar el movimiento tanto en el eje X como en el eje Y, se utilizará motores paso a paso, Estos motores convierten una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares, lo que hace que estos tipos de motores posean una precisión en su giro, estos son los más adecuados para la implementación de máquinas que requieren precisión a la hora de trabajar.

Por lo tanto, el motor seleccionado para el desarrollo del proyecto será un motor paso a paso Nema 17 bipolar, las características de este motor son:

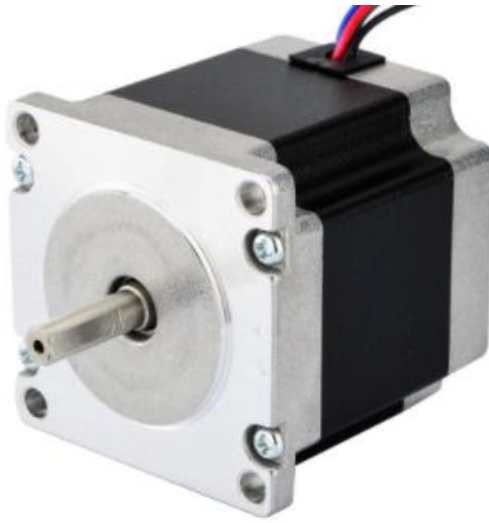
- Angulo de paso: 1.8° (200 *pasos por vuelta*).
- Voltaje nominal: 2.8 V (mínimo por bobina).
- Voltaje de alimentación: 12 V a DC.
- Corriente nominal: 1.7 A
- Torque: 3.7 Kg – cm.
- Cables de conexión: 4.

Medidas del motor PAP Nema 17 bipolar.



Fuente: <https://www.vistronica.com>

Motor paso a paso Nema 17 bipolar.



Fuente: <https://electronilab.co>

ANEXO D

TRANSMISIÓN DE POTECIA

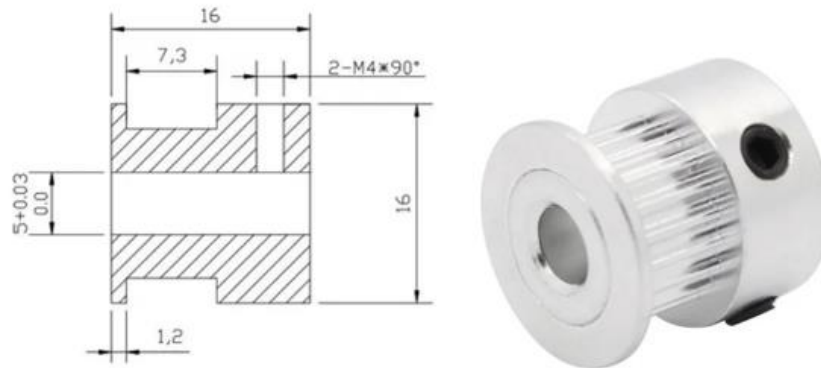
Sistema de transmisión lineal.

Para la realización del diseño y selección de los elementos del sistema de transmisión lineal se debe partir de que los motores generan un movimiento rotacional, por lo cual, se debe transformar ese movimiento rotacional en movimiento lineal, los mecanismos que permiten transformar este tipo de movimiento son el piñón-cremallera y el tornillo-tuerca, sabiendo que el movimiento se realizara sobre el perfil de aluminio, la opción de tornillo-tuerca se descarta de manera inmediata, dejando como opción el mecanismo piñón-cremallera, sin embargo, el mecanizo del perfil de aluminio para la realización de la cremallera no es viable, por lo que se seleccionó una correa dentada para cumplir esta función y una polea dentada cumplirá la función de piñón.

Este sistema seleccionado constara de los siguientes elementos:

- **Polea dentada.**
 - Polea dentada GT2.
 - Material aluminio.
 - Diámetro de agujero de 5 *mm*.
 - Diámetro de la polea de 12.22 *mm*.
 - Numero de dientes 20.
 - Paso entre dientes 2 *mm*.
 - Ancho de horquilla 7 *mm*.
 - Brida doble.

Medidas de la polea dentada.



Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.co>

- **Correa dentada.**

- Modelo 200-2GT-6.
- Material: caucho de neopreno con núcleo de fibra de vidrio.
- Paso GT2: 2 mm.
- Altura de la correa: 1.52 mm.
- Altura del diente: 0.76 mm.
- Ancho 6 mm.

Correa dentada 2GT-6.



Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.co>

Con las características de los elementos podemos determinar el avance que se obtendrá con estos elementos, para eso hacemos uso de la siguiente ecuación:

$$P = 2\pi * r$$

Donde P es el avance y r el radio de la polea dentada, lo que o queda:

$$P = 2\pi * \frac{12.22 \text{ mm}}{2}$$

$$P = 38.39 \text{ mm}$$

Con este valor se puede decir que por cada vuelta que de la polea dentada el conjunto de soportes tanto del motor como del cabezal láser tato en el eje X como en el eje Y se desplaza 38.39 mm .

- **Rodamientos.**

Los rodamientos utilizados deben proporcionar el movimiento libre en una dirección, para esto se tienen diferentes variedades de rodamientos, sin embargo, los rodamientos necesarios para el desarrollo este proyecto debe trabajar de tal manera que este se pueda desplazar de manera lineal sobre los perfil de aluminio V-slot.

Los rodamientos seleccionados para este proyecto son unos rodamientos de Nylon para perfil de aluminio V-slot con un agujero para eje de 5 mm . con un espesor de 7 mm .

Rueda con rodamiento.



Fuente: <https://solectroshop.com>.

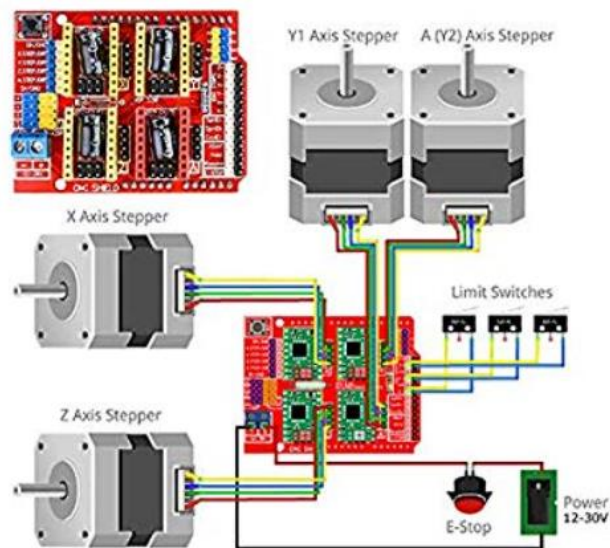
ANEXO E

SISTEMA DE CONTROL HARDWARE.

Hardware

Estos son los elementos físicos tangibles del sistema, en este caso una tarjeta de control capaz de recibir y enviar señales a diferentes dispositivos, el uso de estas tarjetas tiene como fin en este proyecto, el control de los ejes que poseen los motores, los finales de carrera, paradas de emergencia y el control de potencia del cabezal láser.

Tarjeta de control.



Fuente: <https://www.microtutorialesdc.com>

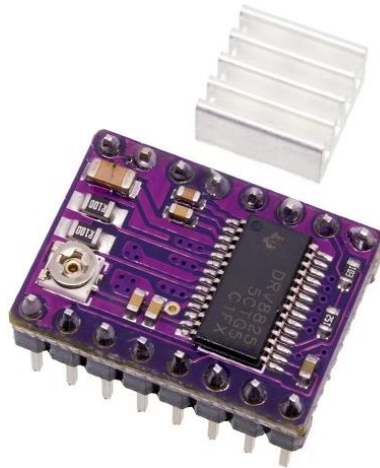
Para el sistema de control se tiene un sistema de lazo abierto, este sistema es aceptable puesto que los motores paso a paso no trabajan con retroalimentación,

➤ Compatible con GRBL láser.

- **Driver.**

Para este se seleccionó un Driver DRV8825, ideal para motores paso a paso puesto que este permite su control, en especial en motores bipolares.

Driver DRV8825.



Fuente: <https://ferretronica.com>

Este componente cuenta con las siguientes características:

- Voltaje de operación: 8.2 a 45 V DC.
- Voltaje de operación máxima: 45 V DC.
- Corriente continua por bobina: 1.5 A.
- Máxima corriente por bobina: 2.2 A.
- Voltaje mínimo para lógica: 2.5 V DC.
- Voltaje máximo para lógica: 5.25 V DV.
- Capacidad de micro-stepping.
- Resoluciones para paso: *paso completo*, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ y $\frac{1}{32}$.
- Control de corriente ajustable.

➤ Protección por sobre-temperatura, bajo voltaje y otras condiciones.

- **Arduino.**

Para este proyecto se seleccionó una placa Arduino UNO, cuenta con las siguientes características:

- Microcontrolador: *ATMEGA328P*.
- Alimentación: *5V*.
- Alimentación recomendada: *7 – 12 V*.
- Límite de alimentación: *6 – 20 V*.
- Pines digitales (entrada / salida): *16 (6 con PWM)*.
- Entradas analógicas: *6*.
- Corriente máxima por pin: *20 Ma*.
- Memoria flash: *32 KB*
- Reloj: *16 MHz*

Placa Arduino UNO.



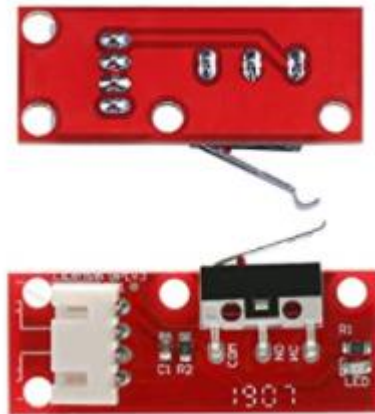
Fuente: <http://microelectronicadesign.com>

- **Interruptor mecánico.**

Estos serán lo finales de carrera que utilizaremos para tener limitada el área de trabajo, para esto se seleccionó el componente Endstop de limite mecánico rampas 1.4, este cuenta con las siguientes características.

- Voltaje de operación: 5 V.
- Corriente: 1 A.
- Resistencia: 1.0 – 1.2 *ohm* (12 V) / 3 – 3.4 *ohm* (24 V).
- Dimensiones: 40 x 16 x 7.9 mm

Finales de carrera Endstop.



Fuente: <https://www.amazon.co.uk>

- **Cabezal láser.**

El cabezal láser que se utilizará para la realización de este proyecto será el encargado de generar los grabados y cortes en los distintos materiales, por

lo tanto, se seleccionó un láser de diodo, este láser seleccionado cuenta con las siguientes especificaciones:

- Potencia: $10W$ (10000 mW).
- Corriente: 6 A .
- Longitud de onda: $445\text{ a }450\text{ nm}$.
- Voltaje de alimentación: 12 VDC .
- Color de luz: Azul/Violeta.
- Frecuencia: $0\text{ a }20\text{ KHz}$.
- Enfoque: ajustable.
- Material: aleación de Aluminio + plástico.

Cabezal láser.



Fuente: <https://spanish.alibaba.com>.

- **Fuente de alimentación.**

Teniendo en cuenta que la Shield CNC V3 Driver traba con $DC\ 12\text{ V}$, se tiene que la fuente mantenga este tipo corriente, por lo que la selección de la fuente debe cumplir con este requerimiento, para esto se encuentran distintos tipos de fuentes en el mercado que cumple con esta función, sin embargo, el costo

de este tipo de fuentes son elevados, por lo que se tomó como opción la reutilización de una fuente de computadora, se tiene una fuente con la misma capacidad capaz de entregar una potencia de salida mayor, con protección de voltajes bajos y encontrándolos en el mercado a un costo menor. La fuente de poder seleccionada fue una **ATX de 650 W. a 12 V** suministra *32 amperios*.

Fuente de computadora.



Fuente: <https://ar-mex.com.ar>

ANEXO F

INTERFAZ GRAFICA

Software

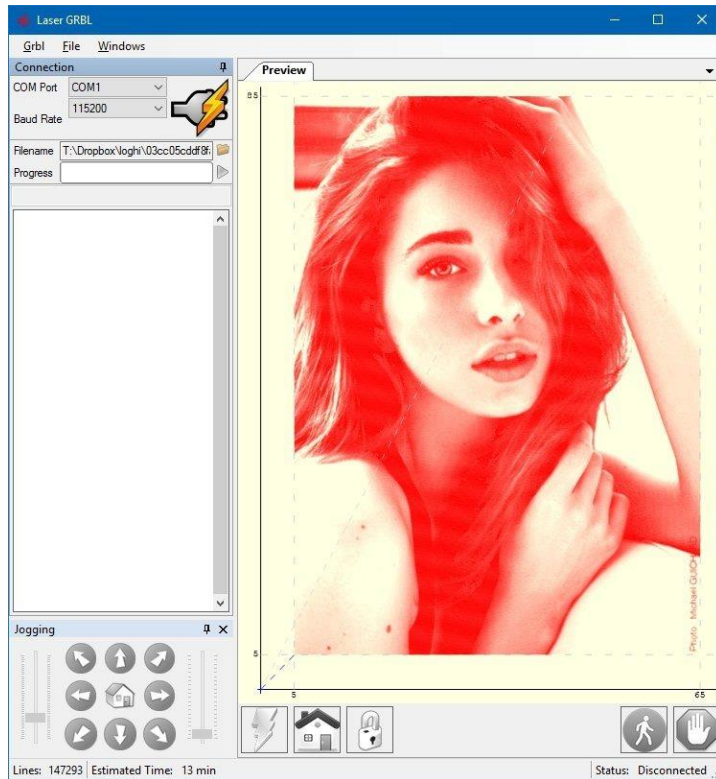
Este sistema se encargar de enviarle instrucciones al hardware para que este las ejecute, para el sistema de grabado por láser, se tienen distintos softwares que cumplen los objetivos planteados en el proyecto, para esto se realizó en el ante proyecto la selección del sistema más adecuado.

- **GRBL láser.**

Laser GRBL es un software que puede transmitir en G-code a Arduino y grabar imágenes, fotografías o logos con diferentes tonalidades, este es un sistema que posee una interfaz gráfica de fácil uso, permitiendo que la relación de usuario-maquina sea de fácil utilización, dentro de su interfaz gráfica podemos encontrar las siguientes características:

- Vista previa del grabado.
- Control de conexión.
- Control de archivos.
- Comandos manuales.
- Comandos en cola, su estado de ejecución y errores.
- Recuento de líneas y proyección de tiempo.
- Botones para suspender y reanudar la ejecución del programa.

Software Laser GRBL.



Fuente: <https://www.neoteo.com>

La descarga de este software es totalmente gratuita y segura, esta se puede descargar en su página oficial <http://lasergrbl.com/en/>.

ANEXO G

ANÁLISIS DE ESFUERZO EN LA ESTRUCTURA

Para la realización del análisis de esfuerzos se sabe que el peso de la estructura estará soportado por los perfiles de aluminio, sabiendo que el peso que soporta el perfil en el eje X estará siendo soportado por los perfiles en el eje Y, se procede a realizar el análisis en el eje Y.

Los dos perfiles en el eje Y, en donde se encuentran en simetría se tiene lo siguiente:

Teniendo en cuenta las propiedades físicas de las distintas piezas que se encuentran sobre los perfiles, para determinar el peso que de cada una de estas se tiene la siguiente tabla:

Peso de las piezas.

| Elemento | Peso [N] |
|--------------------------------|----------|
| Perfil de aluminio en el eje X | 5.3 |
| Perfil de aluminio en el eje Y | 6.18 |
| Motor PAP | 3.43 |
| Cabezal láser | 1.3 |
| Soporte de motores | 0.85 |
| Soporte de cabezal de láser | 1.2 |

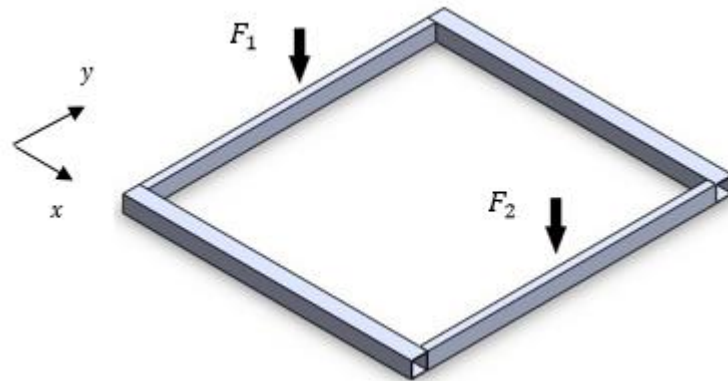
Fuente: los autores.

Los valores del peso de los perfiles en los diferentes ejes varían ya que sus longitudes son distintas, puesto que para el eje Y se tiene una longitud de 70 cm y para el eje X una longitud de 60 cm

Como se observa en la tabla 2. No se tienen en cuenta todos los elementos, puesto que el peso de estos se puede despreciar como lo son el peso de rodamiento, correa dentada y de la polea.

De acuerdo a la siguiente figura podemos decir que

Fuerzas sobre los perfiles en el eje Y.



Fuente: Los autores.

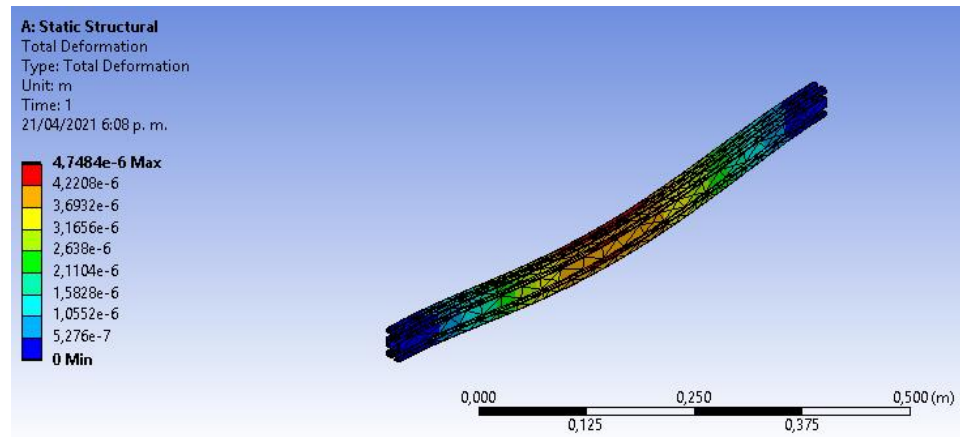
$$F_1 = \frac{5.3 N + 3.43 N + 1.3 N + 0.85 N + 1.2 N}{2} + 6.18 N + 3.43 N + 0.85 N$$

$$F_1 = F_2 = 16.5 N$$

Realizado un análisis estático sobre uno de los perfiles de aluminio (eje Y) con esta carga, podemos determinar la deformación total, tensión equivalente y factor de seguridad, para esto hacemos uso del Software ANSYS 2020 R2 para la realización de esta simulación de carga, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Deformación total en perfil de eje Y.

Deformación en el perfil de aluminio en el eje Y.

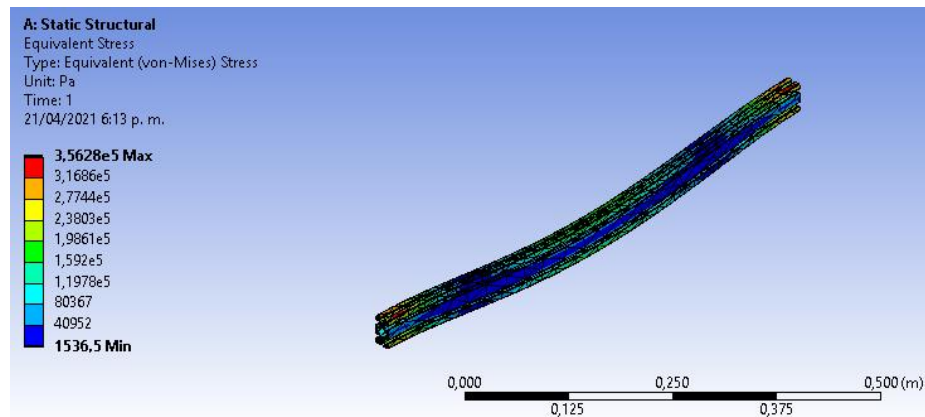


Fuente: los autores.

En la imagen anterior podemos observar que la deformación máxima que se presenta debido a las fuerzas sobre el perfil de aluminio en el eje Y es de $4.7484e^{-6} m$.

- Esfuerzos sobre el perfil del eje Y.

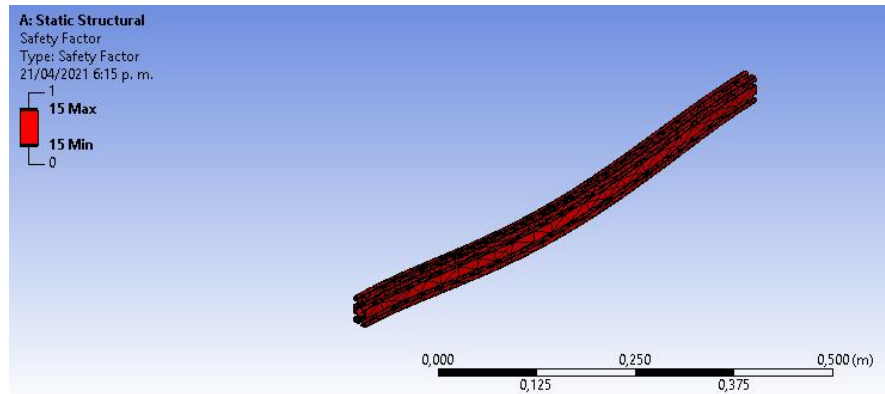
Esfuerzos sobre el perfil de aluminio en eje Y.



Fuente: los autores.

- Factor de seguridad.

Factor de seguridad en el perfil de aluminio en el eje Y.

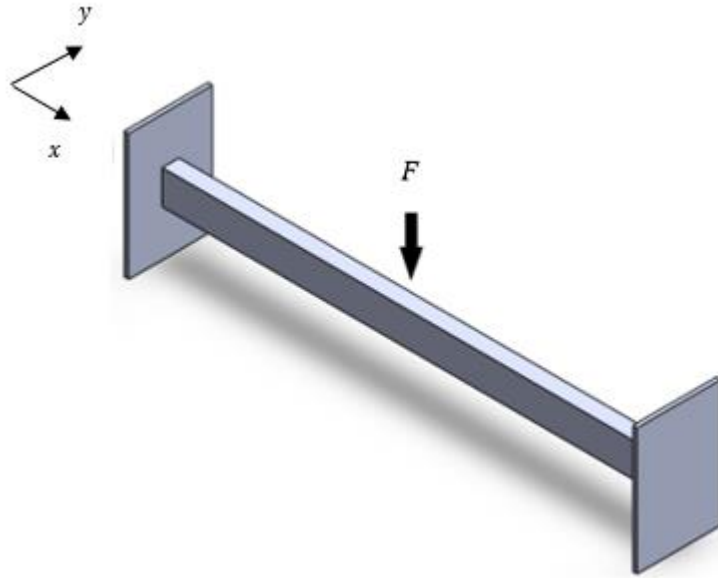


Fuente: los autores.

De acuerdo a las figuras anteriores, con esta carga sobre el perfil se tiene un esfuerzo máximo de $3.5628e^5 Pa$, respecto al valor de esfuerzo máximo del aluminio 6063 T5 el cual está hecho el perfil es de $1.75e^8 Pa$, por lo cual nos un valor alto en el factor de seguridad.

Realizamos el análisis de esfuerzos ahora sobre el eje X, por lo que tenemos lo siguiente

Fuerza sobre el perfil de aluminio en el eje X.



Fuente: los autores.

De acuerdo a la tabla 1. El valor de F sería el siguiente:

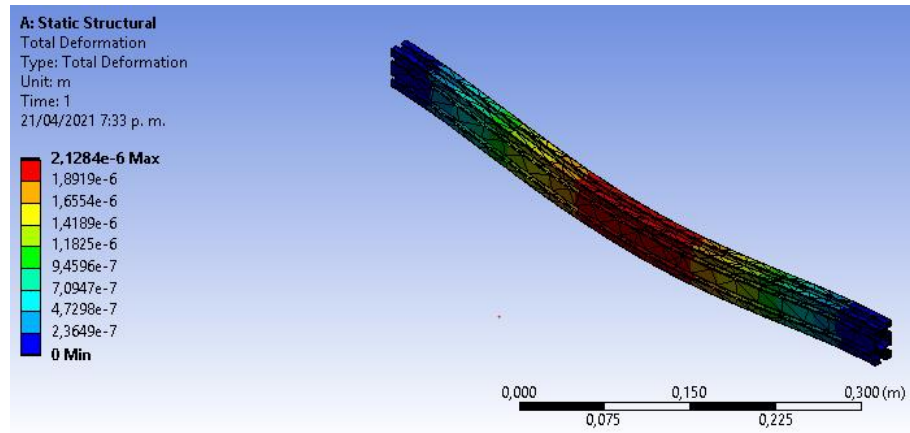
$$F = 5.3 N + 3.43 N + 1.3 N + 0,85 N + 1.2 N$$

$$F = 12.08 N$$

Teniendo en cuenta este valor y que la longitud del perfil es de 600 mm , procedemos a realizar la simulación de esfuerzos con la ayuda del software ANSYS 2020 R2, el cual nos arroja los siguiente valores.

- Deformación total en perfil de eje X.

Deformación en el perfil de aluminio en el eje X.

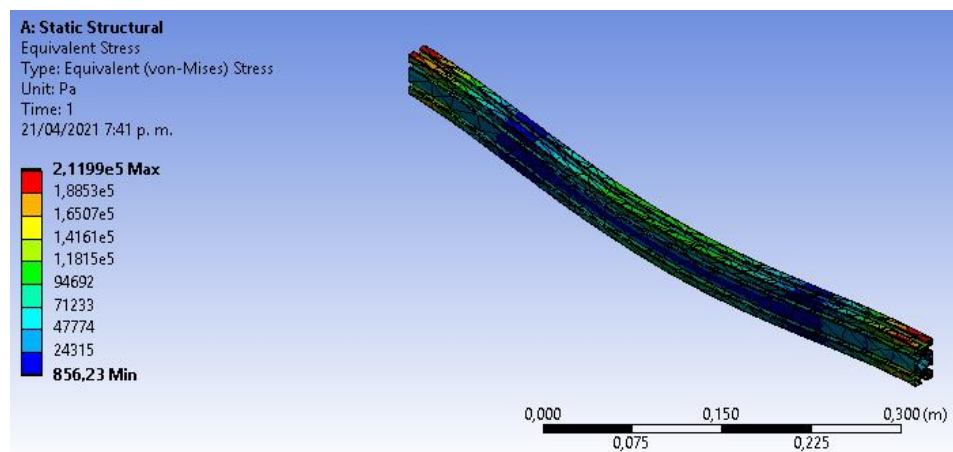


Fuente: los autores.

La deformación máxima que se presenta en el perfil de aluminio en el eje X por las cargas del cabezal láser, motores, soportes y su propio peso es de $2.1284e^{-6}m$,

- Esfuerzos sobre el perfil del eje X.

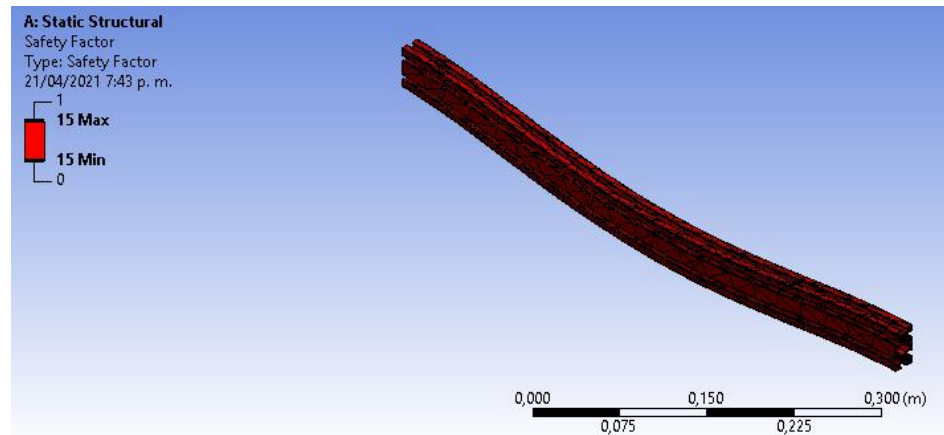
Esfuerzos sobre el perfil de aluminio en eje X.



Fuente: los autores.

- Factor de seguridad.

Factor de seguridad en el perfil de aluminio en el eje X.

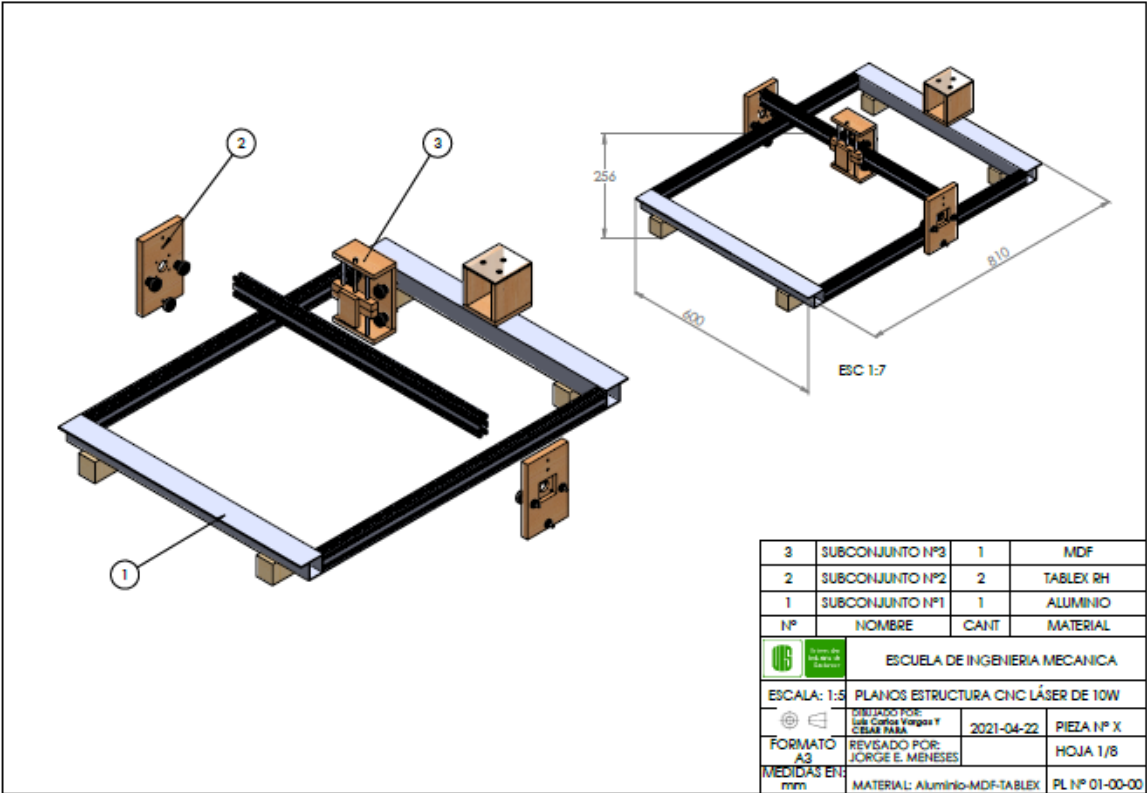


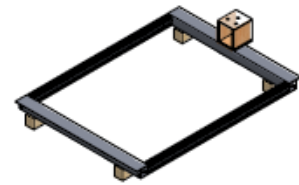
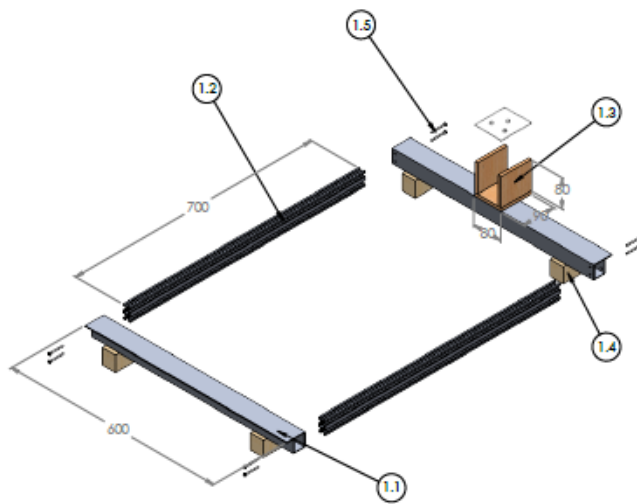
Fuente: los autores.

Al igual que en el perfil de aluminio sobre el eje Y, los esfuerzos que se presentan en este perfil son pequeños en comparación al esfuerzo máximo del aluminio, en este caso, el valor del esfuerzo sobre este perfil es de $2.1199e^5 Pa$, por lo tanto, el factor de seguridad nos da un valor de 15.

ANEXO H

PLANOS



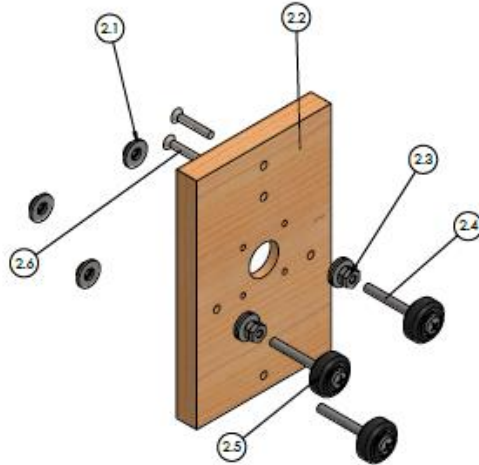


ESC: 1:10

NOTA 1: El perfil de aluminio v-slot 2040 que va transversal mide 610mm.

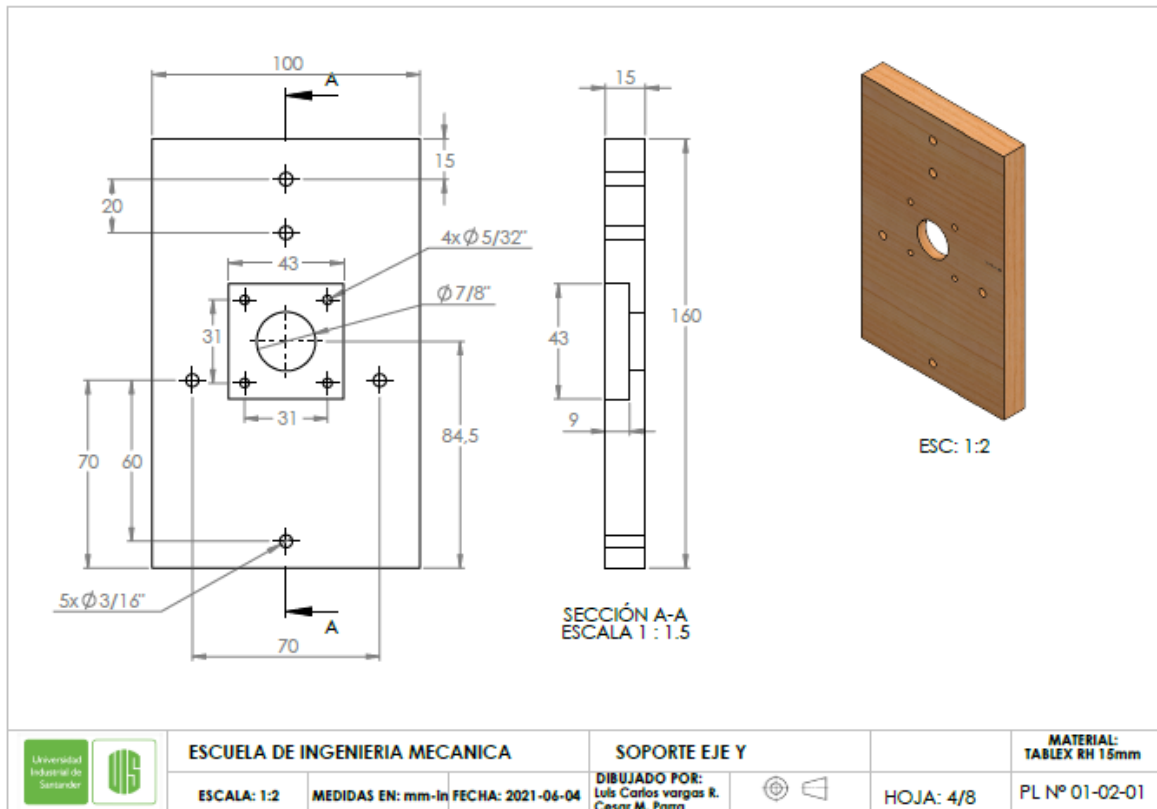
Nota 2: En los agujeros internos de los perfiles V-slot 2040 se realiza roscado común de 5/32" hasta una profundidad de 1 in.

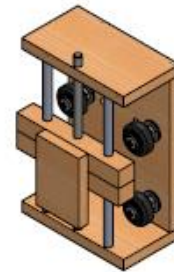
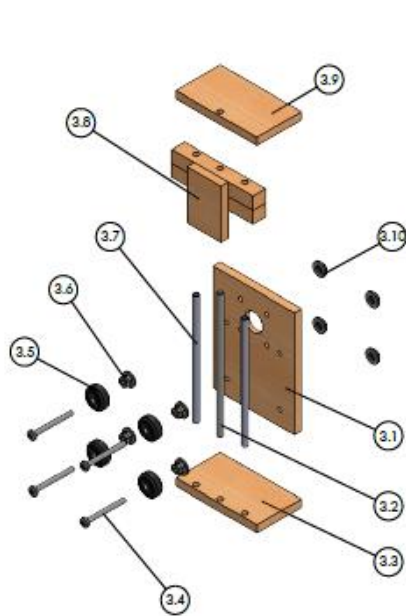
| 1.5 | TORNILLOS 5/32" x 2" | 8 | ACERO GALVANIZADO |
|--|--|------------|-------------------|
| 1.4 | SOPORTES | 4 | TABLEX RH |
| 1.3 | CAJA DE CONTROL | 1 | MDF 9mm |
| 1.2 | PERFIL DE ALUMINIO 2040 V-SLOT DE 70 CM | 2 | ALUMINIO |
| 1.1 | PERFIL DE ALUMINIO CON ALETA SENCILLA DE 60CM | 2 | ALUMINIO |
| Nº | NOMBRE | CANT | MATERIAL |
|  ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA | | | |
| ESCALA: 1:5 | EXPLOSIONADO BASTIDOR CNC LÁSER | | |
|  | DISEÑADO POR: Julia Castro Vargas CAMAC S.p.A. | 2021-06-04 | SUBCONJUNTO 1 |
| FORMATO A3 | REVISADO POR: Jorge E. Meneses | | HOJA 2/8 |
| MEDIDAS EN: mm-in | MATERIAL: Aluminio - MDF | | PL N° 01-01-00 |



ESC: 1:2

| 2.6 | TORNILLO 5/32" x 1" | 4 | ACERO GALVANIZADO |
|--|--|----------------|-------------------|
| 2.5 | RODAMIENTO 625 ZZ | 6 | NILON |
| 2.4 | TRONILLO 3/16" x 2" | 6 | ACERO GALVANIZADO |
| 2.3 | TUERCA 3/16" | 18 | ACERO GALVANIZADO |
| 2.2 | SOPORTE EJE Y | 2 | TABLEX RH 15mm |
| 2.1 | ARANDELA 3/16" | 12 | ACERO GALVANIZADO |
| Nº | NOMBRE | CANT | MATERIAL |
|  ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA | | | |
| ESCALA: 1:1.5 | EXPLOSIONADO CARRO EJE Y | | |
|  | DISEÑADO POR: Luis Carlos Vargas T Cesar Vallejo | 2021 - 06 - 04 | SUBCONJUNTO 2 |
| FORMATO A3 | REVISADO POR: Jorge E. Menezes | | HOJA 3/8 |
| MEDIDAS EN: in | MATERIAL: MDF - ACERO | | PL N° 01-02-00 |

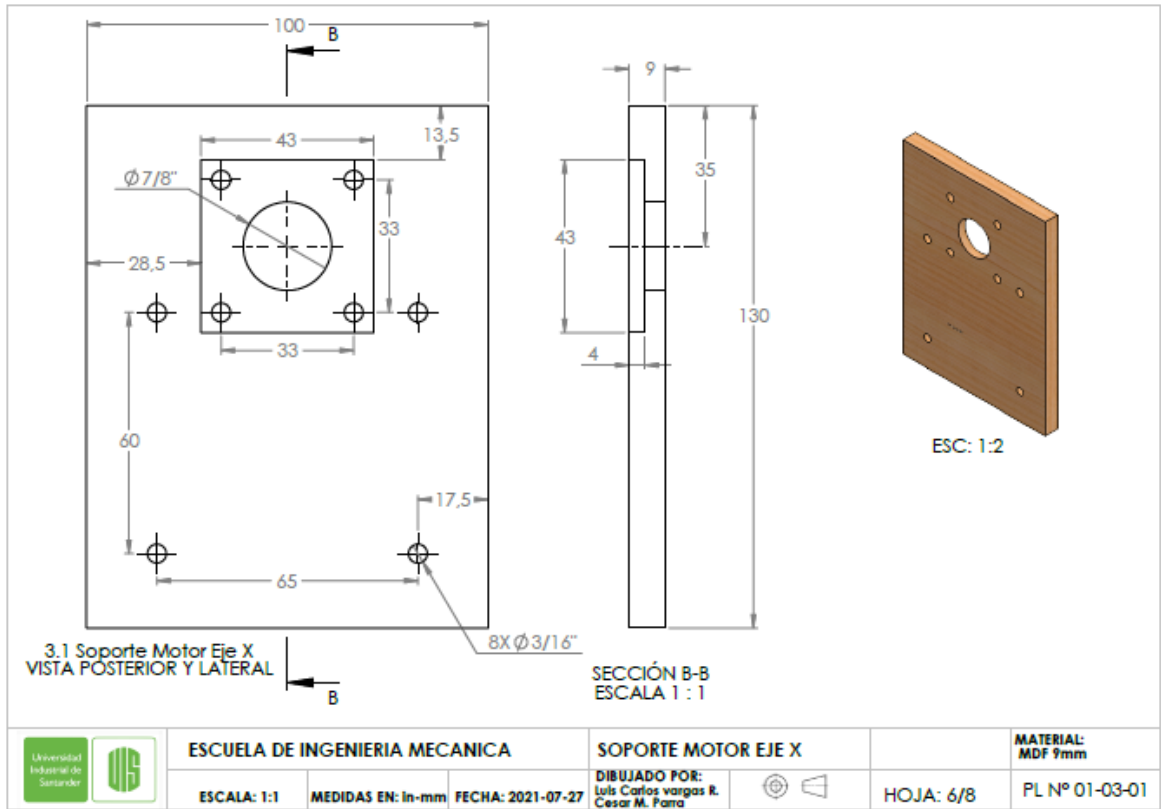


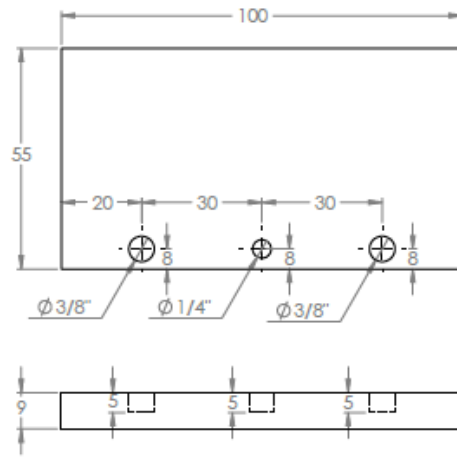


ESC: 1:2

| | | | |
|------|----------------------------------|------|-------------------|
| 3.10 | ARANDELA PLANA 3/16" | 8 | ACERO GALVANIZADO |
| 3.9 | SOPORTE SUPERIOR VARILLA Y TUBOS | 1 | MDF 9mm |
| 3.8 | SOPORTE DEL LASER | 1 | MDF 9mm |
| 3.7 | TUBOS DE 3/8" X 140mm | 2 | ALUMINIO |
| 3.6 | TUERCA 3/16" | 12 | ACERO GALVANIZADO |
| 3.5 | RODAMIENTO 625 ZZ | 4 | NILOH |
| 3.4 | TORNILLO 3/16" X 2" | 4 | ACERO GALVANIZADO |
| 3.3 | SOPORTE INFERIOR VARILLA Y TUBOS | 1 | MDF 9mm |
| 3.2 | VARRILLA ROSCADA DE 1/4" x 190mm | 1 | ACERO GALVANIZADO |
| 3.1 | SOPORTE MOTOR EJE X | 1 | MDF 9mm |
| NP | NOMBRE | CANT | MATERIAL |

| | | | |
|---|-----------------------------------|---------------|----------------|
|  ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA | | | |
| ESCALA: 1:2.5 | GUIA EJE X Y EJE Z | | |
|  DISEÑADO POR: José Carlos Vergara y César M. Toro | 2021-06-04 | SUBCONJUNTO 3 | |
| FORMATO: A3 | REVISADO POR: Jorge E. Menezes | HOJA 5/8 | |
| MEDIDAS EN: mm/in | MATERIAL: MDF - ACERO | | PL Nº 01-03-00 |

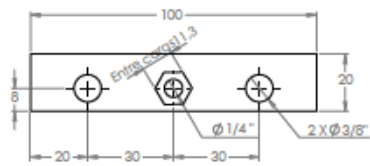




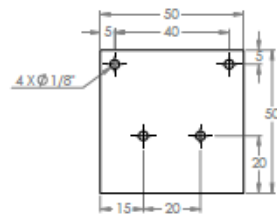
ESC: 1:1.3

NOTA: Las dimensiones del soporte superior para las varillas son las mismas exceptuando que el agujerón de 1/4" es pasante

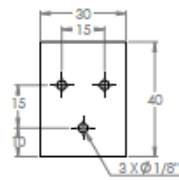
| | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--|--|------------------|
|  | ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA | | | SOPORTE INFERIOR VARILLA Y TUBOS | | MATERIAL: MDF 9mm | |
| | ESCALA: 1:1 | MEDIDAS EN: in-mm | FECHA: 2021-07-27 | DIBUJADO POR: Luis Carlos Vargas R. Cesar M. Parra | |  | HOJA: 7/8 |



3.8.1 - GUIA EJE Z

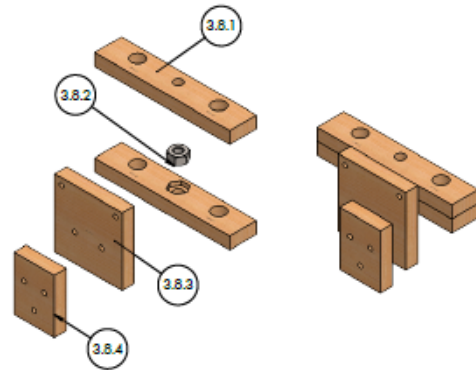


3.8.3 - SOPORTE 1 LASER





3.8.2 - SOPORTE 2 LASER

NOTA: Todas las piezas son en MDF DE 9mm de espesor



ESC: 1:1.5

| | | | |
|-------|-----------------|------|-------------------|
| 3.8.4 | SOPORTE LASER 2 | 1 | MDF 9mm |
| 3.8.3 | SOPORTE LASER 1 | 1 | MDF 9mm |
| 3.8.2 | TUERCA DE 1/4" | 1 | ACERO GALVANIZADO |
| 3.8.1 | GUIA EJE Z | 2 | MDF 9mm |
| Nº | NOMBRE | CANT | MATERIAL |

| | | | |
|---|-----------------------------------|----------------|--|
|  ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA | | | |
| ESCALA: 1:1 | PIEZAS GUIA EJE Z | | |
|  DISEÑADO POR: Juan Carlos Vargas y Cesar M. Pardo | 2021-06-04 | PIEZA Nº 3.8 | |
| FORMATO: A3 | REVISADO POR: Jorge E. Meneses | HOJA 8/8 | |
| MEDIDAS EN: mm-in | MATERIAL: MDF | PL Nº 01-03-08 | |

ANEXO I

MANUAL DE USUARIO DE LA CNC LÁSER.



Contenido

| | |
|---------------------------------------|-----|
| INTERFAZ PRINCIPAL | 105 |
| CALIBRACIÓN DEL LÁSER | 106 |
| GRABADO DE UNA IMAGEN | 107 |
| PARAMETROS..... | 107 |
| • Redimensionar:..... | 107 |
| • Escala de grises: | 107 |
| • Brillo – contraste – blancos:..... | 107 |
| HERRAMIENTAS DE CONVERSIÓN | 107 |
| • 1bit BW Dithering:..... | 108 |
| IMAGEN OBJETIVO | 108 |
| • Velocidad de grabado:..... | 108 |
| • Opciones de láser | 109 |
| Tamaño de Imagen:..... | 109 |
| EJECUCIÓN DEL GRABADO DE IMAGEN | 109 |
| GRABADO DE RELLENO | 109 |
| LÍNEA A LÍNEA..... | 110 |
| VECTORIZAR:..... | 110 |
| • Suavizar:..... | 110 |
| • Reducir resolución: | 110 |
| • Optimizar trayecto:..... | 110 |
| • Relleno:..... | 110 |
| • Calidad..... | 110 |
| IMAGEN OBJETIVO | 111 |
| • Velocidad de borde:..... | 111 |
| • Velocidad de relleno: | 111 |
| • Láser Mode:..... | 111 |
| • Tamaño:..... | 111 |
| EJECUCION DEL GRABADO DE RELLENO..... | 111 |
| GRABADO DE CONTORNO | 113 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| VECTORIZAR:..... | 113 |
| • Relleno:..... | 113 |
| IMAGEN OBJETIVO | 113 |
| EJECUCION GRABADO DE CONTORNO | 114 |

9. INTERFAZ PRINCIPAL

En panel principal del software ver figura 1 podemos encontrar a que puerto esta conectado nuestra maquina cnc, la barra de progreso el área de trabajo y el mando de control para mover nuestros ejes

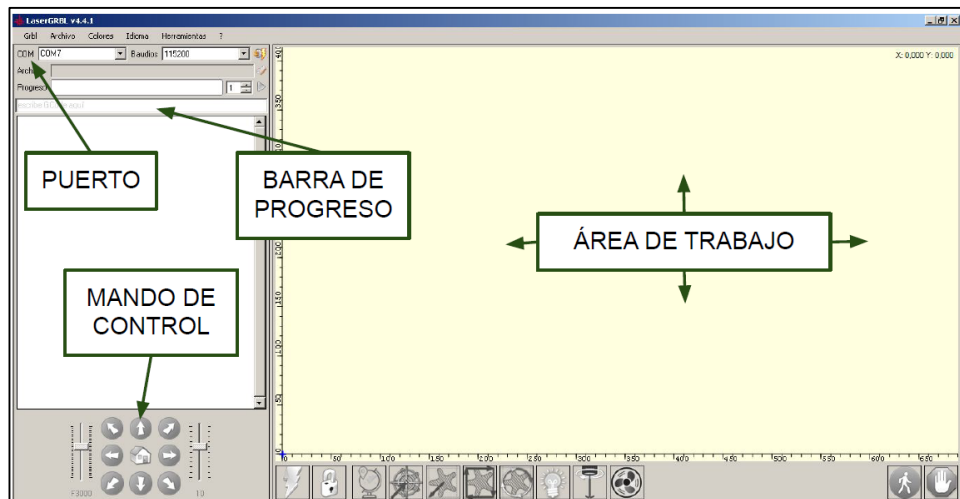


Figura 29. Interfaz principal.

Para enlazar nuestra maquina cnc con nuestro software nos dirigimos al apartado COM donde vamos a seleccionar el puerto USB al que está conectado el Arduino y en Baudios seleccionamos la opción 115200, luego damos click izquierdo en el icono que dice conectar y veremos que se habilita el mando de control y otros botones, señal de que está conectada correctamente nuestra máquina.

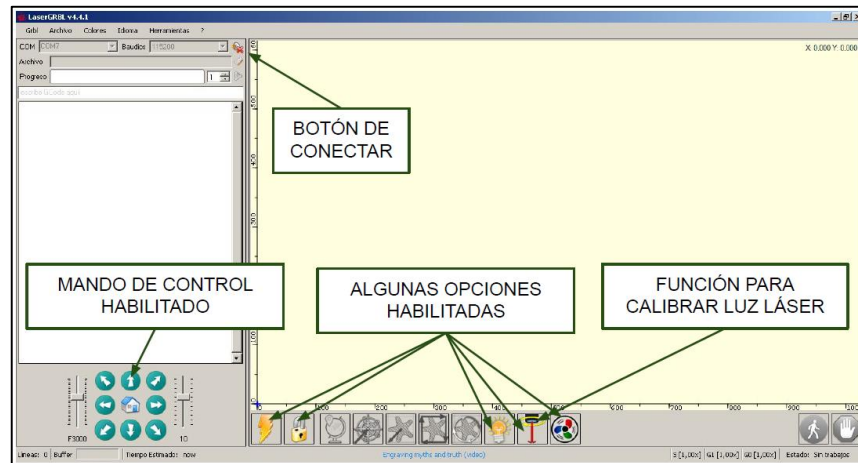


Figura 30. Habilitación del mando de control.

9.1. CALIBRACIÓN DEL LÁSER

Antes de iniciar con cualquier grabado láser es muy importante realizar el enfoque de nuestra herramienta nos dirigimos en la parte inferior donde se encuentran los botones personalizados y pulsamos “*turn on laser for focusing*” (enciende el láser para enfocar) ver figura 2. Es necesario tener el material de grabado debajo del láser y mover el enfoque del cabezal en sentido horario o antihorario hasta obtener el punto más fino posible.

10. GRABADO DE UNA IMAGEN

Nos dirigimos a la pestaña archivo, luego a agregar archivo y seleccionamos la imagen que vamos a grabar. Nos despliega una ventana que se llama importar imagen rasterizada en donde vamos a poder ver los parámetros, la vista previa, original y las herramientas de conversión.

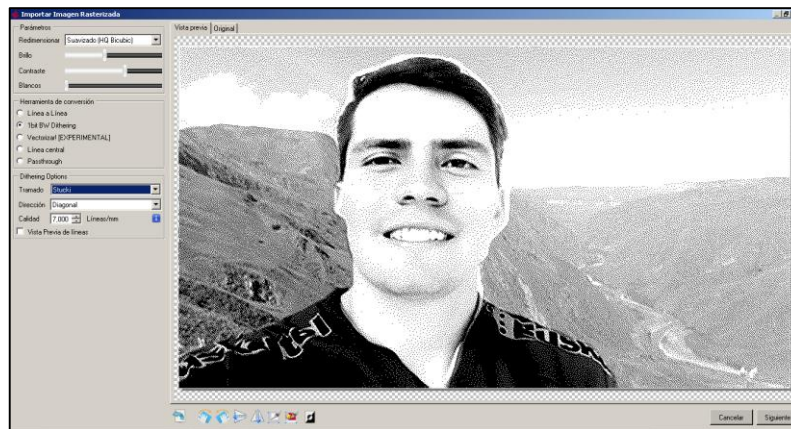


Figura 31. Vista previa de una imagen antes de ser grabada.

10.1. PARAMETROS

- **Redimensionar:** nos ayuda a elegir los patrones de reconocimiento para los bordes y formas de la imagen
- **Escala de grises:** Nos ayuda a convertir una imagen de color a escala de grises
- **Brillo – contraste – blancos:** Permiten configurar estas opciones a preferencia y gusto del usuario

10.2. HERRAMIENTAS DE CONVERSIÓN

- **1bit BW Dithering:** Para el grabado de imágenes es la opción más fácil y útil que configura una técnica de difuminado que intenta producir tonos de gris pixelando la imagen en puntos negros pequeños.
- **Tramando:** Despliega un menú con opciones que configuran una visualización distinta que se puede ver en la vista previa, se recomienda usar SierraLight.
- **Dirección:** Configura la dirección del movimiento del láser en el grabado se recomienda usar Diagonal.
- **Calidad:** Configura el numero de puntos o líneas a grabar por cada milímetro se recomienda usar en 6 y 8 líneas por milímetro.

10.3. IMAGEN OBJETIVO

Recuadro que nos muestra la configuración de velocidad, modo del láser, potencia máxima y mínima del grabado y el tamaño que puede ser editado a gusto propio.

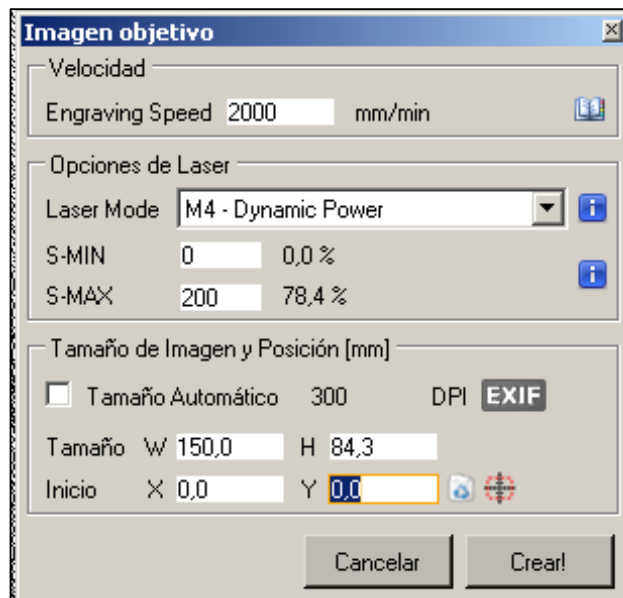


Figura 32. Configuración imagen objetivo para grabado de una imagen.

- **Velocidad de grabado:** para el grabado de imágenes después de varias pruebas se recomienda una velocidad de 2000 mm/min.

- **Opciones de láser:** M4- Dynamic Power es mejor que el M3 - Constant Power para grabado de imágenes; la potencia depende del material y la máxima potencia del modulo láser para el caso nuestro que es un láser de 10w usar el 78,4% da buenos resultados para el grabado de imágenes sobre MDF.

Tamaño de Imagen: Se puede usar la opción automática o podemos editarla a nuestro gusto y preferencia.

10.4. EJECUCIÓN DEL GRABADO DE IMAGEN

Una vez configurado los puntos anteriores, pulsamos en crear y ejecutamos el grabado.

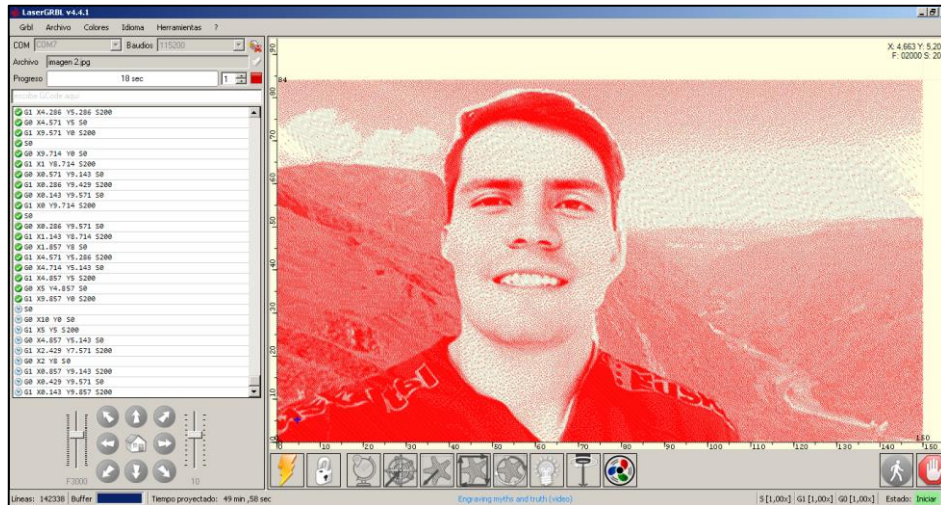


Figura 33. Grabado de imagen.

11. GRABADO DE RELLENO

Seguimos los mismos pasos anteriores para agregar el archivo seleccionando nuestra imagen de relleno. Para este tipo de grabado existen dos opciones

LÍNEA A LÍNEA: Esta herramienta de conversión nos va a ayudar a obtener una imagen conformada exclusivamente por líneas que pueden ser horizontales, verticales y diagonales.

VECTORIZAR: Nos ayuda a abrir cualquier tipo archivo y limpiarlo de elementos gráficos de distorsión como manchas o marcas de agua.

Eliminar manchas.

- **Suavizar:** Suaviza los bordes afilados produciendo una imagen más suave.
- **Reducir resolución:** Nos ayuda cuando tenemos una imagen con una resolución muy alta reduciendo detalles que no nos gustaría ver.
- **Optimizar trayecto:** Calcula el mejor orden para optimizar las rutas.
- **Relleno:** Despliega un menú con opciones para rellenar las geometrías la más usada y rápida es la diagonal
- **Calidad:** El número de líneas recomendado para el grabado de relleno va desde 6 líneas/mm hasta 9 líneas/mm



Figura 34. Relleno de imagen.

11.1. IMAGEN OBJETIVO

Como habíamos seleccionado grabado Vectorial para este ejemplo tenemos que configurar una velocidad de borde y otra velocidad para el relleno y al igual que en el ejemplo de la imagen configurar la potencia máxima y mínima, el modo del láser y las dimensiones del grabado.

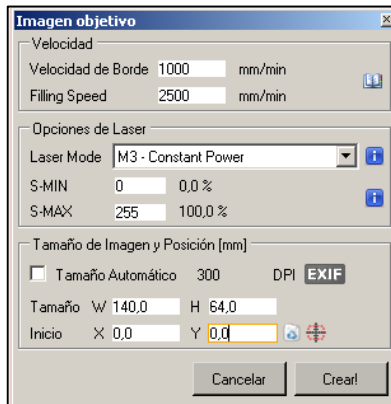


Figura 35. Configuración imagen objetivo para relleno de imagen.

- **Velocidad de borde:** Con una velocidad de borde de 1000mm/min la cnc láser de 10w trabaja bien sobre MDF.
- **Velocidad de relleno:** A 2500mm/min se recomienda para grabados con un láser de 10w sobre MDF.
- **Láser Mode:** La opción mas recomendada para este tipo de grabados de M3- Constan Power.
- **Tamaño:** Al editar el ancho (w) en 140mm automáticamente genera la dimensión de la altura.

11.2. EJECUCION DEL GRABADO DE RELLENO

Seleccionados los puntos anteriores pulsamos en crear y posteriormente iniciamos el grabado.



Figura 36. Grabado de relleno.

12. GRABADO DE CONTORNO

Agregamos el archivo de la misma forma que en los dos ejemplos anteriores.

VECTORIZAR: Al igual que en el ejemplo anterior usamos esta configuración.

- **Relleno:** Dentro de este menú seleccionamos ninguno.

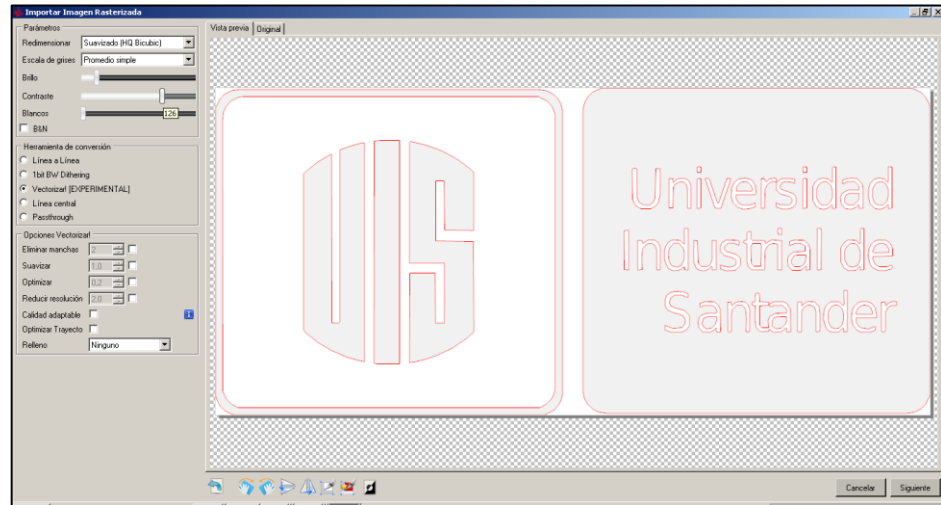


Figura 37. Vectorización de una imagen.

12.1. IMAGEN OBJETIVO

Aquí podemos seleccionar la velocidad de borde, esto depende mucho de lo que queremos hacer si un corte o un marcado, el láser de 10w sirve para cortar materiales muy delgados poco densos como las hojas de papel y el papel contac. Para cortar papel Contac podemos adoptar la siguiente configuración dando unas 3 pasadas para tener el corte

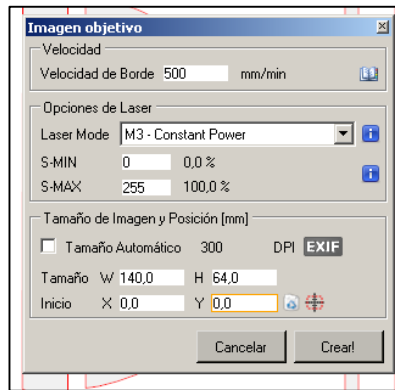


Figura 38. Configuración imagen objetivo para vectorizar.

12.2. EJECUCION GRABADO DE CONTORNO

Configurados los puntos anteriores creamos el código y lo ejecutamos, si lo queremos un corte podemos ejecutar varias veces el mismo código sobre material hasta cortarlo.

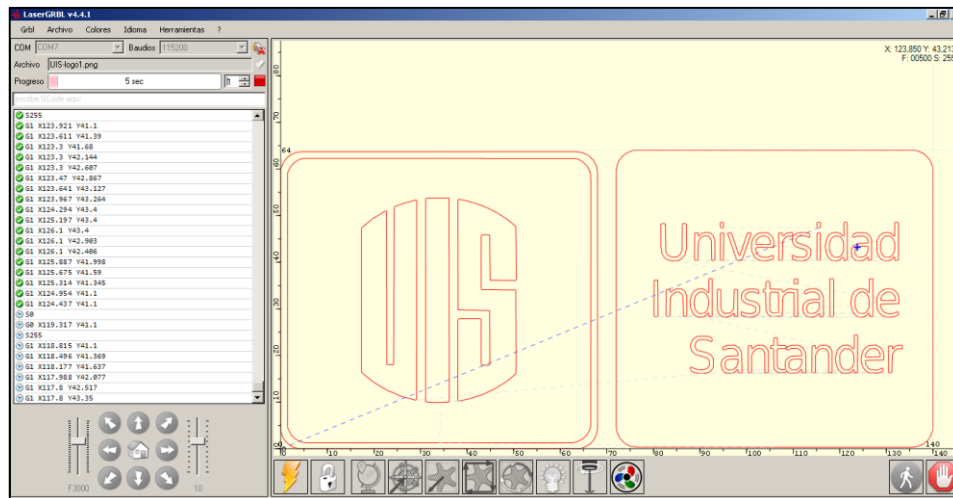


Figura 39. Grabado en contorno.