



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CORTADORA
CNC PARA FOMIX Y SUS DERIVADOS**

**AUTORES: MALDONADO COQUE, FREDDY ROBERTO
VARGAS JARAMILLO, NÉSTOR ALFREDO**

DIRECTOR: ING. OLMEDO, FERNANDO

CODIRECTOR: ING. LEÓN, PAOLA

SANGOLQUÍ

2015

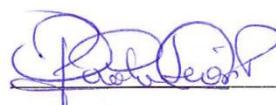
CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de grado denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CORTADORA CNC PARA FOMIX Y SUS DERIVADOS” fue realizada en su totalidad por los señores Freddy Roberto Maldonado Coque y Néstor Alfredo Vargas Jaramillo, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica.



ING. FERNANDO OLMEDO

DIRECTOR



ING. RITA PAOLA LEÓN

CODIRECTOR

Sangolquí, Agosto 2015

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

El proyecto de grado denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CORTADORA CNC PARA FOMIX Y SUS DERIVADOS”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.



Freddy Roberto Maldonado Coque



Néstor Alfredo Vargas Jaramillo

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros:

Freddy Roberto Maldonado Coque y Néstor Alfredo Vargas Jaramillo

Autorizamos a la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CORTADORA CNC PARA FOMIX Y SUS DERIVADOS.”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.



Freddy Roberto Maldonado Coque



Néstor Alfredo Vargas Jaramillo

Sangolquí, Agosto 2015

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios por permitirme haber llegado a este momento, por guiarme en todo camino y darme la fortaleza para seguir adelante encarando cada obstáculo sin desfallecer en el intento.

A mi padre por enseñarme con el ejemplo del trabajo dedicado y su ayuda en los momentos más difíciles. A mi madre que con su amor, comprensión y consejo siempre estado junto a mí. A mi hermana por ser las persona quien siempre ha confiado en mí y me ha dado su apoyo moral. A mi hija por ser mi nueva motivación de lucha día a día.

Freddy Roberto Maldonado Coque

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a Dios por permitirme culminar una etapa más en mi vida y guiarme siempre, dándome fortaleza para poder seguir adelante en cualquier problema que haya tenido.

A mi madre Cristina Jaramillo que es parte fundamental en mi vida, que gracias a su sacrificio y esfuerzo, fue posible terminar esta etapa, ya que sin ella no hubiese sido posible alcanzar este logro.

A mi padre Fernando Vargas por enseñarme que el esfuerzo y el sacrificio valen la pena y gracias a su apoyo en toda mi vida pude culminar una etapa más.

A mi hermana Fernanda Vargas que me ayudado a crecer como persona y siempre me ha estado apoyando en la buenas y males, pese a cualquier pelee que hemos tenido.

En especial este trabajo va dedicado a mi GORDA que no pudo verme culminar esta etapa, pero siempre me estuvo apoyando y sé que desde el cielo me está observando y guiando en el largo camino que me depara la vida.

Néstor Alfredo Vargas Jaramillo

AGRADECIMIENTO

A mis tíos Jorge Velastegui y Marianita Coque por ser las primeras personas en darme su apoyo en los momentos más difíciles de mi vida que sin su ayuda no hubiera podido enfrentar los retos a lo largo de mi estudio.

A María Lucila Maldonado y su familia que ha sido las personas que siempre me ha estado apoyando con sus consejos y demostrándome la gran fe que tienen en mí.

Agradezco especialmente a la Ingeniera Yomara Luzuriaga que por su gran calidad humana me ha demostrado que con cariño se puede lograr cualquier meta, que su apoyo al final de mi carrera ha sido fundamental para culminación exitosa de mi proyecto.

Freddy Roberto Maldonado Coque

AGRADECIMIENTO

A mis padres por siempre apoyarme en mis estudios, por su amor y su infinita paciencia. Gracias a ellos he podido salir adelante de cualquier problema con sus enseñanzas de vida y han sido parte fundamental de mi formación académica y persona.

A mi hermana que hemos vivido muchas alegrías y hemos sabido afrontar cualquier problema. Gracias por tenerme paciencia y estar conmigo y sabes que te quiero demasiado así no le sepa expresar.

A mi director Ing. Fernando Olmedo y codirector Ing. Paola León, que con sus consejos y buena voluntad me han guiado correctamente para la culminación de este proyecto.

Néstor Alfredo Vargas Jaramillo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIAS.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
CAPITULO 1	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación e Importancia.....	2
1.3. Alcance del proyecto	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. General.....	4
1.4.2. Específicos	4
1.5. Metodología del proyecto	5
CAPITULO 2	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Sistemas CAD/CAM [1].....	6
2.1.1. Estructura de un sistema CAD/CAM.[2].....	7
2.1.2. Fundamentos sistema CAD/CAM	8
2.2. Máquinas CNC.	9

2.2.1. Generalidades.....	9
2.2.2. Características básicas de una CNC LÁSER.....	11
2.2.3. Geometría De Corte.....	12
2.2.3.1. Sistema de coordenadas rectangulares.....	12
2.2.4. Ejes Y Planos.....	13
2.2.4.1. Punto en el origen.....	13
2.2.5. Movimientos Principales En La Cortadora CNC.....	14
2.3. Transmisión Mecánica.....	15
2.3.1. Transmisiones flexibles.....	15
2.3.2. Transferencia por correa dentada.....	15
2.3.3. Transferencia cadena.....	16
2.3.4. Transmisión líneas Omega.....	17
2.3.4.1. Procedimiento De Diseño De Sistema Lineal Omega ^[1]	18
2.4. Interfaz Humano Máquina (HMI).....	21
2.4.1. Funciones principales de un HMI [8].....	22
2.5. Placa Arduino.....	23
2.5.1. Uso de la placa Arduino en el proyecto de cortadora Láser.....	23
2.6. Drivers para los motores.....	24
2.7. Actuadores.....	24
2.7.1. Láser.....	24
2.7.1.1.1. Potencia e Intensidad del Láser.....	27
2.7.1.1.2. Modo de haz Láser.....	27
2.7.2. Motores.....	28
2.7.2.1. Motores pasó a paso.....	28

2.7.2.1.1. Motor pasó a paso bipolar.	29
2.7.2.2. Sistemas de control motores pasó a paso.	29
2.7.2.3. Parámetro de los motores pasó a paso.	30
CAPITULO 3	31
DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LA CORTADORA CNC LÁSER.	31
3.1. Descripción De Las Partes Constituidas De La Cortadora Láser CNC.	31
3.1.1. Sistema Mecánico	31
3.2. Diseño De Soporte Motor, Sistema De Trasmisión y Láser.....	32
3.2.1. Diseño De Soporte De Motor Laterales.....	32
3.2.2. Diseño De Soporte De Motor y De Láser.....	36
3.2.3. Diseño De Soporte De Motor Laterales.....	37
3.2.4. Diseño De Base.....	38
3.3. Sistema De Guías En Los Ejes.	40
3.4. Selección de los rodamientos.....	41
3.4.1. Método de selección de rodamiento	42
3.5. Selección Del Rodamiento Para El Mecanismo De Trasmisión.....	46
3.6. Selección De Acoples	48
3.7. Diseño Y Análisis De Esfuerzos En El Eje X.	50
3.8. Diseño Y Análisis De Esfuerzos En El Eje Y.	55
3.9. SELECCIÓN DE LOS MOTORES DE LOS EJES X Y Y	61
3.10. Selección De Trasmisión Mecánica.....	62
3.10.1. Selección Del Perfil De Correa Dentada Y Diámetro De La Polea.....	62
3.10.2. Calculo De La Fuerza Periférica.....	63

3.10.3. Determinación del ancho de la correa.....	63
3.11. DISEÑO DE EJE DE TRASMISIÓN.....	64
3.12. Diseño Y Selección Del Sistema De Control De La Cortadora CNC Laser	65
3.12.1. Parámetros de Diseño.	67
3.13. Selección de los elementos del sistema electrónico de control	67
3.13.1. Procesador de señal digital	68
3.13.2. Driver de control para motor a pasos.....	71
3.13.3. Actuadores (Motor a Pasos Bipolar).....	73
3.13.4. Láser Azul-Violeta de 500mW	75
3.14. Parámetros De Diseño Y Selección Del Software De Control.....	75
3.14.1. Descripción de la pantalla del software GRBL Controller.....	76
3.14.1.1. Nombre del puerto.....	76
3.14.1.2. Abrir - Cerrar / Reset.....	76
3.14.1.3. Elija El Archivo.....	77
3.14.1.4. Comenzar.....	77
3.14.1.5. Deténgase	77
3.14.1.6. Barra de progreso y Runtime.....	77
3.14.1.7. Trabajo Coordenadas Manualmente.....	77
CAPITULO 4	87
IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.....	87
4.1. Ensamble y Construcción.....	87
4.2. Pruebas de funcionamiento.....	94
4.2.1. Primera etapa	95

4.2.2. Segunda Etapa.....	98
4.2.3. Tercera Etapa.....	99
CAPITULO 5	101
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
5.1. Conclusiones.....	101
5.2. Recomendaciones	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de laser según sus característica más relevantes. (LPU, 2015)	26
Tabla 2 Ángulos de paso referido al número de vueltas	30
Tabla 3 Tabla de medidas de soporte laterales	34
Tabla 4 Tabla de medidas de soporte	37
Tabla 5 Medidas de separadores.....	38
Tabla 6 Dimensiones de base acrílica	39
Tabla 7 Ventajas en el uso de perfil de aluminio para los ejes.....	40
Tabla 8 Factor de vida de fatiga fh para distintas aplicaciones de rodamientos (NSKAMERICA, 20015)	45
Tabla 9 Masa de componentes de CNC	46
Tabla 10 Características de varios acoples (Tulio, 2015).....	49
Tabla 11 Cargas sobre el perfil de aluminio horizontal eje X.....	51
Tabla 12 Característica de esfuerzo de fluencia de aleación de aluminio T6.....	54
Tabla 13 Cargas sobre el perfil de aluminio horizontal eje Y	56
Tabla 14 Características de material.....	59
Tabla 15 Características de las diferentes tarjetas de control.....	68
Tabla 16 Especificación del motor a pasos Nema 17	74
Tabla 17 Valores para corte y grabado	95
Tabla 18 Valores de corte para colores oscuros	95
Tabla 19 Valores de corte para colores medios	96
Tabla 20 Valores de corte para colores claros.....	96
Tabla 21 Valores de corte para diferentes tipos de texturas.....	97
Tabla 22 Resultado de corte en diferente espesores	98
Tabla 23 Precisión de corte en Fomix de 2mm	98
Tabla 24 Tiempos de corte de diferentes imagenes.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama de bloque de una Máquina CNC	11
Figura 2.2 Plataforma hardware (ArduinoNano, n.d.).....	12
Figura 2.3 Sistema de coordenadas CNC (BILBAO)	13
Figura 2.4 Planos de superficie que muestra en una CNC: (BILBAO).....	13
Figura 2.5 Punto de origen de trabajo para una CNC: (BILBAO).....	14
Figura 2.6 Transmisión con correa dentada: (DINAMICA, s.f.)	16
Figura 2.7 Transmisión por cadena (TRANSMITEC, s.f.)	16
Figura 2.8 Sistema de transmisión por correa dentada OMEGA LINEAR (MITSUBOSHI).....	17
Figura 2.9 Diagrama de fuerzas y torque Omega Linear: (MITSUBOSHI)	19
Figura 2.10 Estructura de supervisión HMI: (QUILMES).....	22
Figura 2.11 Tarjeta Arduino: (ArduinoNano, s.f.)	23
Figura 2.12 Motor paso a paso (CNC, 2015)	29
Figura 2.13 Esquema de un motor Bipolar: (PIC´S, 2015)	29
Figura 2.14 Estructura control.....	29
Figura 3.1 Esquema general de la cortadora CNC Láser SolidWord.....	31
Figura 3.2 Soporte lateral de acrílico para el eje Y Lado izquierdo. Solidwork	33
Figura 3.3 Soporte acrílico lateral derecho Solidworks	34
Figura 3.4 Fuerzas ejercidas y las sujeciones.	35
Figura 3.5 Estudio del soporte.....	36
Figura 3.6 Soporte de acrílico de motor para el eje X.....	36
Figura 3.7 Soporte para láser eje x	37
Figura 3.8 Separador de Nylon 6.....	38
Figura 3.9 Base Acrílica.....	39
Figura 3.10 figura de base expuesto a cargas y sujeción.....	39
Figura 3.11 Estudio realizado en base acrílico	40
Figura 3.12 Sistema de desplazamiento lineal en el perfil de aluminio.	41

Figura 3.13 Rodamientos que se someten en cargas radiales catalogo NTN SNR: (NTN, 2015).....	42
Figura 3.14 Diagrama de cargas en Rodamientos axiales y combinadas (SENA, 2015).....	42
Figura 3.15 Perfil de aluminio para guía movilidad del eje X	50
Figura 3.16 Eje sometido a carga y sujeción	52
Figura 3.17 Estudio realizado de perfil aluminio.	52
Figura 3.18 Perfil de aluminio para guía movilidad del eje Y SolidWorks	55
Figura 3.19 Análisis de esfuerzos en Solidworks.....	57
Figura 3.20 Estudio realizado de perfil aluminio.	58
Figura 3.21 Representación gráfica de torque.	61
Figura 3.22 Esquema Funcional de la Cortadora CNC Láser.....	66
Figura 3.23 Diagrama de Bloques Tarjeta de Control	68
Figura 3.24 Tarjeta de control MS10105: (LASERCORTE, 2015).....	69
Figura 3.25 Tarjeta Mux TB650: (Aliexpress, 2015)	70
Figura 3.26 Tarjeta DIY 8000 1118348: (Arduino, 2015).....	71
Figura 3.27 Driver A4988ET (SAINSMART, 2015)	72
Figura 3.28 Conexión Arduino Nano con el Driver A4988.....	73
Figura 3.29 Motor Nema 17: (CNC, 2015).....	74
Figura 3.30 Láser Azul – Violeta: (Makeblock, 2015).....	75
Figura 3.31 Pantalla Software GRBL	78
Figura 3.32 Interfaz Inkscape: (DESDELINUX, 2015).....	80
Figura 3.33 Barraras de menús y comandos	80
Figura 3.34 Caja de herramientas	81
Figura 3.35 Barra de controles.....	82
Figura 3.36 Área de Trabajo	82
Figura 3.37 Guías	83
Figura 3.38 Barra de Ajustes	83
Figura 3.39 Paleta de Colores	84

Figura 3.40 Barra de Estado.....	84
Figura 3.41 Diagrama de Flujo del proceso de Corte O grabado CNC Láser	85
Figura 3.42 Comunicación USB.....	86
Figura 4.1 Perfil de aleación aluminio T6 para eje X.....	87
Figura 4.2 Perfil con ranura tipo L para unión de ejes.....	88
Figura 4.3 Tornillo de cabeza tornillo con banda dentada T2.5	88
Figura 4.4 Soporte de acrílico fijo en perfil.....	89
Figura 4.5 Ajuste con hexagonal	89
Figura 4.6 Elementos que conforman sistema de transmisión.....	90
Figura 4.7 Ajuste de rodamientos	90
Figura 4.8 Fijación de motor al soporte lateral	91
Figura 4.9 Ensamble de eje de transmisión.	91
Figura 4.10 ensamble de eje Y terminada.....	92
Figura 4.11 Eje X ensamblado.....	92
Figura 4.12 Fijación de eje X con los soportes laterales.....	93
Figura 4.13 cortadora laser ensamblada completamente	93

RESUMEN

El presente proyecto se lo realiza con la finalidad de brindar una nueva alternativa al corte de Fomix y sus derivados, mediante el diseño y construcción de una cortadora CNC, demostrando la importancia de los sistemas mecatrónicos dentro del desarrollo de nuevos proyectos en la industria ecuatoriana. Se inicia con el detalle de todos los aspectos técnicos sobre el diseño del sistema mecánico, se indica sistemas y subsistemas que conforman la máquina. Luego se define con que se va a realizar el corte. Se detalla la unidad que va a controlar todo el sistema y los actuadores que se requieren para realizar los movimientos. Se define y se escoge el láser adecuado para nuestra aplicación. Se realiza la selección del software de control, con el cual vamos a vectorizar imágenes prediseñadas o creadas por el usuario para luego ser monitoreadas y cortadas. Se realiza un protocolo de pruebas, el cual nos permite determinar el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio del proyecto, se señalan mejoras futuras que permitan que la maquina trabaje de una óptima manera y se puede reproducir a gran escala. Se crea un manual de usuario, el cual primero debe ser leído por la persona que vaya a operar el equipo para que no exista ningún inconveniente alguno y cumpla con todas las normas de seguridad.

PALABRAS CLAVES:

- **CNC**
- **LÁSER**
- **FOMIX**
- **CORTAR**
- **CONTROL**

ABSTRACT

This project is done in order to provide a new alternative to cutting Fomix and its derivatives, through the design and construction of a CNC cutter, demonstrating the importance of mechatronics systems in the development of new projects in the Ecuadorian industry. It starts with the detail of all technical aspects of the design of mechanical systems and subsystems that make up the machine indicated. Then it is defined to be cutting. The unit will control the entire system and actuators that are required to perform detailed movements. It is defined and suitable laser is chosen for our application. The selection of the control software, with which we will vectorize clipart or created by the user to be monitored and then cut, is made. A testing protocol, which allows us to determine compliance with the goals set at the beginning of the project, future enhancements that allow the machine to work optimally and can be reproduced on a large scale is said is done. User manual, which must first be read by the person who will operate the equipment so that there is no any inconvenience and meets all safety standards, is created.

KEYWORDS:

- **CNC**
- **LASER**
- **FOAMI**
- **CUT**
- **CONTROL**

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El gran conocimiento de los sistemas CAD abarcan todas las áreas de la producción industrial y de los servicios (mecánica, diseño, electrónica), y además les hace idóneos para las áreas CAM (Fabricación Asistida por Computador) que utilizan CNC, sistema por el cual la geometría de un modelo diseñado con CAD se pasa a otro programa o módulo capaz de manejar máquinas de mecanizado automatizado encargado de introducir las condiciones de fabricación (tipo de máquina, velocidades de avance y corte , características y dirección de movimiento de las herramientas).

La principal materia prima para la cortadora CNC planteada, es etileno acetato de vinilo llamado comúnmente (Fomix o goma eva) y que sus siglas en inglés (ethylene vinyl acetate). El polímero llamado fomix es de tipo termoplástico, material que puede ser utilizado en varias aplicaciones didácticas.

Sus características son:

- Se pega con facilidad en cualquier superficie.
- Es fácil de colorear.
- Es fácil para realizar trazos de corte.
- Amigable para procesos didácticos
- No absorbe agua con facilidad por lo que se puede lavar.
- Se puede reciclar y no perjudica al medio ambiente
- Y frente al calor se puede moldear.

El uso del Fomix es muy amplio, se usa para proteger superficies u objetos en el área infantil, debido a su estructura flexible que puede absorber impactos. Por ejemplo, se utiliza para recubrir paredes y pisos de habitaciones, para envolver objetos e impedir daños por golpe al contacto con ellos. También se puede trabajar con el material para decoraciones de regalos, decoraciones dentro del hogar gracias a flexibilidad para la elaboración de diseños agradables a la vista del ser humano.

La cortadora CNC de Fomix, va hacer una parte fundamental en el desarrollo de las microempresas dedicadas al arte de decorar.

Actualmente, se considera de gran utilidad este equipo ya que en la pequeña industria va optimizar tiempos de producción y mejorar las entradas de capital para los pequeños productores.

Considerando al artesano que su oficio es una actividad económica que representa un componente importante en la producción de un pueblo. La gran mayoría de los artesanos se ven obligados a depender de las exigencias del mercado de tal forma que es necesario adquirir elementos que mejoren la calidad de sus productos.

La principal estrategia es impulsar a sectores dedicadas realizar figuras decorativas con materiales de espuma flex o Fomix, como empresa Mundo Bebes de Quito, Fiesta Colores y otras, que puedan ofertar sus nuevos productos con mejores diseños de producción.

En la actualidad la matriz productiva ha sido uno de los objetivos prioritarios para que la diversificación productiva se base en el desarrollo tecnológico de maquinaria y metalmecánica, esto busca que todos los productos tengan un valor agregado.

1.2. Justificación e Importancia

Actualmente la tecnología ha ido en crecimiento, y han surgido muchos cambios tanto en el orden económico, en el caso de nuestro país inhibe el surgimiento de soluciones propias para nuestros problemas más fundamentales. De igual forma en el orden político

se han desarrollado nuevas políticas mundiales de mercados abiertos. Todo esto habla de una libre competencia y surge la necesidad de adecuar nuestras industrias a fin que puedan satisfacer el reto de años venideros.

Una alternativa frente a esto es la reconversión de nuestras industrias introduciendo el elemento de la automatización, sin embargo debe hacerse de la forma más adecuada de tal modo que se pueda absorber gradualmente la nueva tecnología en un tiempo adecuado.

Entonces por medio de esta situación antes mencionada se puede comparar con lo que está pasando actualmente con las cortadoras manuales para Fomix ya que en muchos talleres o centros del país todavía no existen cortadoras CNC para Fomix y utilizan la manera tradicional que es con tijeras. La preparación universitaria que brinda la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE busca crear un amplio campo de aplicación y diversidad en los conocimientos técnicos, orientar adecuadamente a sus egresados que pretenden iniciarse en el mundo laboral e industrial, el presente trabajo se vuelve preponderante debido a que se puede otorgar una nueva herramienta de aprendizaje en el campo de CAD/CAM.

1.3. Alcance del proyecto

Para la construcción de la cortadora se tomó en cuenta aspectos importantes y áreas de estudio basado el crecimiento socio económico de micro empresas dedicadas al negocio.

Se desarrolló un estudio, minucioso de los elementos que conforman nuestra cortadora, dando como resultado que para el corte se lo va a realizar con diodo láser, el control se lo va a realizar mediante una tarjeta que tiene como elementos un Arduino Nano por el cual se hace el control y los respectivos drivers de cada motor y láser, las dimensiones del material que se debe introducir es un formato A4 pero la dimensione de grabado es de 17 x 20 mm, con todo esto se garantiza un buen diseño y correcto desempeño de la máquina, asegurando una buena efectividad de corte.

Además consta de un sistema de control numérico, como también la utilización de elementos primordiales para efectuar un corte adecuado para lo cual se basa en una investigación en función de los parámetros de exigencia de la cortadora.

Se elaboró planos en conjunto y despiece de los componentes de la cortadora con su respectivo manual de operación.

La cortadora será utilizada principalmente para realizar cortes en Fomix de 2 mm ya que es el más comercial en el mercado, también será funcional y flexible para ser utilizada para otros materiales como Espuma Flex u otros tipos de materiales con la misma característica del Fomix, otra aplicación que se la puede realizar es el grabado en diferentes materiales como es el plástico, caucho, cuero entre otros.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Diseñar e implementar una cortadora CNC para Fomix y sus derivados.

1.4.2. Específicos

- Aplicar la metodológica de diseño de productos para la cortadora CNC.
- Realizar un programa de control que permita al usuario monitorear y configurar los parámetros de la cortadora CNC de manera fácil y rápida.
- Diseñar y construir los elementos de sujeción del sistema mecánico. Calcular y seleccionar los elementos transmisión y elementos electrónicos para los sistemas mecánicos y electrónicos.
- Integrar los sistemas mecánicos, eléctrico/electrónico, control y comunicación para la puesta en marcha de la cortadora CNC.
- Elaborar un plan de pruebas para determinar las características técnicas de la máquina.
- Elaborar un manual de usuario para la cortadora CNC.

1.5. Metodología del proyecto

El presente proyecto se desarrollara con la metodología científica, que es usado para el desarrollo de conocimiento en ciencias y tecnología. Ya que al usar este método, este proyecto podrá ser repetido en cualquier lugar y por cualquier persona.

Además el proyecto estará basado en la “Metodología en Proyectos Mecatrónicos Industriales” realizado por José Emilio Vargas Soto del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial de México, donde hace referencia a métodos útiles que ha desarrollado a lo largo de su vida profesional en innovación de proyectos en maquinaria industrial.

Uno de los puntos de fundamentación de esta herramienta son las especificaciones técnicas que se deben considerar como geometría, tolerancias, pruebas, propiedades físicas, químicas, sensibilidad, interfaz hombre/máquina, entre otras.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Sistemas CAD/CAM [1]

Diseño asistido por computadora (CAD, computer Aided Design) y la manufactura asistida por computadora y la manufactura por computadora (CAM, Computer Aided Manufacturing)

El sistema CAD/CAM está diseñado para automatizar funciones manuales, independiente de la función particular.

La implementación de sistemas CAD / CAM es una decisión fundamental para que la tecnología sea utilizado en el proyecto.

“Los sistemas CAD/CAM, manipularan ordenadores o computadoras con control para el mejoramiento en la fabricación, de los productos. Éstos pueden fabricarse más rápido, con mayor precisión o a menor precio, con la aplicación adecuada de tecnología informática. Los sistemas de Diseño Asistido por Ordenador (CAD, acrónimo de Computer Aided Design) pueden utilizarse para generar modelos con muchas, si no todas, de las características de un determinado producto. Estas características podrían ser el tamaño, el contorno y la forma de cada componente, almacenada como dibujos bi y tridimensional. Una vez que estos datos dimensionales han sido introducidos y almacenados en el sistema informático, el diseñador puede manipularlos o modificar las ideas del diseño con mayor facilidad para avanzar en el desarrollo del producto.

Los sistemas CAD también permiten simular el funcionamiento de un producto. Hacen posible verificar si un circuito electrónico propuesto funcionará tal y como está previsto. Cuando los sistemas CAD se conectan a equipos de fabricación también controlados por ordenador conforman un sistema integrado CAD/CAM (CAM, acrónimo de Computer Aided Manufacturing).

La Fabricación Asistida por Ordenador ofrece significativas ventajas con respecto a los métodos más tradicionales de controlar equipos de fabricación con ordenadores en lugar de hacerlo con operadores humanos. Por lo general, los equipos CAM conllevan la eliminación de los errores del operador y la reducción de los costes de mano de obra. Sin embargo, la precisión constante y el uso óptimo previsto del equipo representan ventajas aún mayores. Por ejemplo, las herramientas de corte se desgastarán más lentamente y se estropearían con menos frecuencia, lo que reduciría todavía más los costes de fabricación.

Los equipos CAM se basan en una serie de códigos numéricos, almacenados en archivos informáticos, para controlar las tareas de fabricación. Este Control Numérico por Computadora (CNC) se obtiene describiendo las operaciones de la máquina en términos de los códigos especiales y de la geometría de formas de los componentes, creando archivos informáticos especializados o programas de piezas. La creación de estos programas de piezas es una tarea que, en gran medida, se realiza hoy día por software informático especial que crea el vínculo entre los sistemas CAD y CAM.”¹

2.1.1. Estructura de un sistema CAD/CAM.[2]

“El diseño es un proceso iterativo de definición de un ente, por tanto, el desarrollo de un sistema CAD se debe basar en el establecimiento de un ciclo de edición soportado por técnicas de representación del modelo, de edición y de visualización. A un nivel más concreto, un sistema CAD debe realizar las siguientes funciones:

- Definición interactiva del objeto.
- Visualización múltiple.
- Calculo de propiedades, simulación.
- Modificación del modelo.
- Generación de planos y documentación.

¹ (Escalona, s.f.)

No existe un modelo universal de sistema de diseño. Pero en un nivel general se puede establecer que todos los sistemas de general de diseño que poseen al menos los siguientes componentes.

Modelo. Es la representación computacional del ente que se está diseñando. Debe contener toda la información necesaria para describir el ente, tanto a nivel geométrico como de características. Es el elemento central del sistema, el resto de los componentes trabajan sobre él. Por tanto determinará las propiedades y limitaciones del sistema CAD.

Subsistema de edición. Permite la creación y edición del modelo, bien a nivel geométrico o bien especificando propiedades abstractas del sistema. En cualquier caso la edición debe ser interactiva, para facilitar la exploración de posibilidades.

Subsistema de visualización. Se encarga de generar imágenes del modelo. Normalmente interesa poder realizar distintas representaciones del modelo, bien porque exista más de un modo de representar gráficamente el ente que se está diseñando, o bien para permitir visualizaciones rápidas durante la edición, junto con imágenes más elaboradas para evaluar el diseño.

Subsistema de cálculo. Permite el cálculo de propiedades del modelo y la realización de simulaciones

Subsistema de documentación. Se encarga de la generación de la documentación del modelo.²

2.1.2. Fundamentos sistema CAD/CAM

Modelado geométrico. Estudia los métodos de representación gráfica, la geometría de objetos. En los sistemas bidimensionales para creación de una instancia simbólica los objetos modelados suelen utilizar técnicas de diseño de curvas y superficies para creación del contorno.

² (Brunet, 1986)

Técnicas de visualización. Son esenciales para la generación de imágenes del modelo. Los algoritmos usados dependerán del tipo de modelo, pudiendo variar desde simples técnicas de dibujo 2D, para el esquema de un circuito, hasta la visualización realista usando trazado de rayos o radiosidad, para el estudio de la iluminación de un edificio o una calzada. Además, se suelen usar técnicas específicas para la generación de la documentación (generación de curvas de nivel, secciones, representación de funciones sobre sólidos o superficies).

Técnicas de interacción gráfica. El sistema de diseño posee el elementado entrada de información como las técnicas de posicionamiento y un diseño asistido por el ordenados. Estas técnicas son utilizados tanto es esquemas bidimensionales como tridimensionales permitiendo la facilidad de interactuar con el objeto y que permitan su edición.

Diseño de la interfaz de usuario. La interfaz de usuario es el medio de comunicación más importante de una herramienta CAD

Bases de datos. “El soporte para almacenar la información del modelo, cuando se diseñen objetos de un cierto tamaño, sea una base de datos. El diseño de bases de datos para sistemas CAD plantea una serie de problemas específicos, por la naturaleza de la información y por las necesidades de cambio de la estructura con la propia dinámica del sistema.”

Métodos numéricos. “Son la base de los métodos de cálculo y simulación.”³

2.2. Máquinas CNC.

2.2.1. Generalidades.

CNC (Control Numérico por Computadora) es capaz de manejar y posesionar elementos mecánicos móviles mediante una secuencia de órdenes de manera rápida y automática mediante de datos numéricos. El Control Numérico se puede definir de una forma genérica como un dispositivo de automatización de una máquina que, mediante una

³ (Foley J, 1987, 1990)

serie de instrucciones codificadas, controla su funcionamiento. Cada programa establece un determinado proceso a realizar por la máquina.

- El programa, que contiene toda la información de las acciones a ejecutar.
- El Control Numérico, que interpreta estas instrucciones, las cuales convierte en las señales correspondientes para los órganos de accionamiento de la máquina y comprueba los resultados.
- La máquina, que ejecuta operaciones prevista

Este tipos de controladores CNC están basados en códigos alfanuméricos, al trabajar con el código G, brinda la facilidad a los usuarios de realizar los diseños en diferentes programas CAD, permitiendo usar diferentes programas computacionales, para luego ser convertido el archivo en un formato CAD o DXL en código G con la ayuda de un software CAM.

Las maquinas CNC están catalogadas según su funcionamiento mecánico de precisión siendo esta la característica más importante, también debe tomar en cuenta la velocidad de trabajo, todo depende de la aplicación de la máquina y el trabajo que desempeña por ejemplo Torno CNC de marca “Lab-Volt Modelo 5300”⁴ desempeña trabajos de fricción y esfuerzo dando como resultado una velocidad de trabajo 356mm/min, mientras que una CNC Láser de marca “Metal master Drop & Cut ”⁵ que posee movimientos más libres es y sin fricción su velocidad es de 40000 mm/min. Sin duda la diferencia entre las velocidades de trabajo es notoria.

Las ventajas de la Máquina CNC es poder generar trayectoria tan difícil como sea posible dentro del área de trabajo en tiempos tan rápidos que se les denomina procesos en tiempo real. Cada trayectoria está conformada por velocidad, aceleración y coordenadas de posición específicas.

⁴ (LAB-Volt, s.f.)

⁵ (MESSER, s.f.)

En una máquina CNC su funcionamiento puede destacar tres procesos fundamentales. Como se ver en la figura 2.1.



Figura 2.1 Diagrama de bloque de una Máquina CNC

Procesador.- Se refiere a un Sistema Operativo en tiempo real donde se realiza todo tipo de cálculos para la generación de trayectoria.

Tarjeta PCI.- Capacidad de comunicarse con el procesador a velocidad de 33MHz para controlar los diferentes drives de los actuadores de la Máquina-Herramienta.

Máquina-Herramientas.- Es la aplicación que va a desempeñar, este puede ser un torno, fresadora, taladrado, Cortadora a laser.

2.2.2. Características básicas de una CNC LÁSER

Al hablar de una CNC Láser lo único que se está realizando es cambiar la herramienta o aplicación que se desea controlar, ya que lo único que varía es el algoritmo del control numérico computacional de una aplicación a otra más el software CAM.

Se puede recalcar que las cortadoras CNC Láser son máquina que trabajan a velocidades en tiempo real con una alta precisión de corte o grabado, como toda máquina la interface debe ser bastante amigable para su buen funcionamiento, para lograr la presión y altas velocidades, la CNC láser debe cumplir con ciertos requerimientos como los que se puede ver a continuación.

El punto más relevante que se debe considerar es la precisión del movimiento en los ejes, ya que si esto falla no se entregaría una buena resolución en la trayectoria.

La fuente Láser es otro punto muy importante, dependiendo del material que se desea cortar ya que este haz de láser es disparado a un juego de espejos que ayuda a obtener una

dirección vertical gracias a diferentes rebotes que se logra internamente. A mayor distancia que recorra el haz este cubre mayor perímetro, lo cual puede ser perjudicial para el proceso y esta distancia debe ser calibrada al momento de su uso.

La plataforma hardware la cual está basada en protocolos de comunicación donde se recibirá toda la información de la generación de trayectorias, se tiene también conectores para el ingreso y salidas, estos son conectados a la fuente láser, drivers de motores, fuente de alimentación.



Figura 2.2 Plataforma hardware (ArduinoNano, n.d.)

2.2.3. Geometría De Corte

El principio de funcionamiento de la cortadora CNC se basa en conceptos geométricos con un sistema de Coordenadas que permiten los movimientos para la ejecución de corte puedan utilizar puntos o coordenadas específicas.

2.2.3.1. Sistema de coordenadas rectangulares

El sistema de coordenadas rectangulares define un punto o puntos en un espacio de trabajo bidimensional XY.

Coordenadas absolutas: las coordenadas de los puntos se dan respecto del sistema de referencia de la pieza.

Coordenadas incrementales: las coordenadas del punto a programarse se dan mediante valores relativos respecto del último punto inter valorado. La figura 2.3 muestra el sistema de coordenadas.

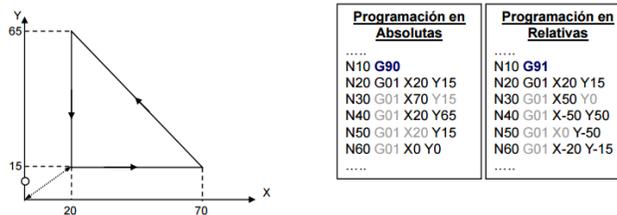


Figura 2.3 Sistema de coordenadas CNC (BILBAO)

2.2.4. Ejes Y Planos.

Un plano es una superficie que posee dos dimensiones en la cual dos puntos de una recta se encuentran en la superficie. En programación de CNC debe ser importante este concepto. En CNC la selección de plano se denota la interpolación circular como se muestra en la figura 2.4, se muestra en planos XY, YZ, ZX, pero nuestra CNC utilizaremos el plano superior para trabajar o también llamado plano XY.

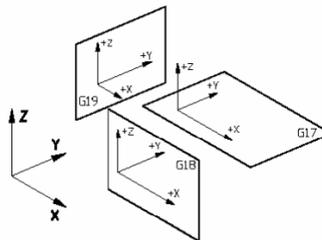


Figura 2.4 Planos de superficie que muestra en una CNC: (BILBAO)

2.2.4.1. Punto en el origen

Es un punto donde los ejes perpendiculares se cortan o intersecan y cuyo valor es de cero, para el plano XY las coordenadas se denotan X0Y0 como se indica en la figura 2.5.

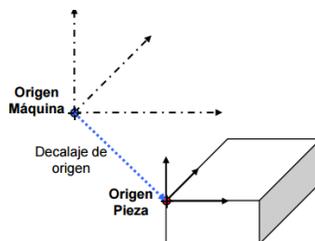


Figura 2.5 Punto de origen de trabajo para una CNC: (BILBAO)

2.2.5. Movimientos Principales En La Cortadora CNC.

Para analizar los movimientos básicos de una CNC se mencionará los siguientes:

- La Gobernabilidad.- Obedecerá al programa a utilizar, que estará encargado proveer las acciones a ejecutar
- La Movilidad.- Es aquella referente a la clase de movimiento a ejecutar, que pueden ser de forma rectilíneas o movimiento de traslación. Es impórtate menciona que la aceleración en estos tipos de movimiento pueda ser controlada.
- La Autonomía nos permite observar tareas de posicionamiento dentro de un área determinada.
- La Polivalencia, es una de cualidades de la máquina a ser flexible para realizar otros tipos de operaciones.

“La eficacia para transmisión de movimientos, dependerá de la calidad de las partes que lo compongan y especialmente de su precisión.

La precisión en la transmisión de movimientos está compuesta por tres componentes esenciales: la exactitud, facultad del mecanismo para posicionarse en un punto elegido.

La resolución, es la mínima longitud permitida por el mecanismo para que un movimiento vaya incrementándose.

Y finalmente la repetitividad, propiedad para retornar a una misma coordenada determinada la cantidad de veces que el operador lo requiera.”⁶

2.3. Transmisión Mecánica.

Se denomina al sistema mecánico que trasfiere o envía la potencia de un motor de un punto a alguna otra parte para mover piezas con el objetivo realizar una tarea específica.

2.3.1. Transmisiones flexibles.

Las transmisiones son aquellos cuyos elementos están constituidos por elásticos alargados. Las cuales las más comunes y usadas son de tipo cadena y correas de transmisión.

Las transmisiones por correa de manera general y básica, está formada de una banda flexible sometida a tensión en dos poleas dentadas o lisas. Esta siempre tiene una polea motriz y la otra móvil. Al moverse la cinta (correa o banda) trasmite energía desde la polea motriz a la polea movida por medio del rozamiento que surge entre la correa y la polea.

Uno requerimiento es en la precisión que debe tener en los ejes, ya que es lo que entregan la calidad de la resolución a cada una de las trayectorias.

2.3.2. Transferencia por correa dentada.

Las transmisiones por correa como se muestra en la figura 2.6, en su forma más sencilla, consta de una cinta colocada con tensión en dos poleas: una motriz y otra movida. Al moverse la cinta (correa) trasmite energía desde la polea motriz a la polea movida por medio del rozamiento que surge entre la correa y las poleas.

Están permiten una amplia gama de velocidad tangencial, desde los 0.5 m/s hasta los 30.5 m/s, con un nivel bajo de ruido y tolerancia muy estrechas.

⁶ (Castillo)



Figura 2.6 Transmisión con correa dentada: (DINAMICA, s.f.)

Ventajas y desventajas de la transmisión por correas

- Este sistema amortigua impactos, pero requiere una tensión inicial.
- Transmite potencias a grandes distancias, pero es propenso que las correas sufran alargamiento.
- Los niveles de ruido son bajos.
- Versatilidad de posición y movimiento.
- Requiere dispositivos tensores y susceptibilidad a condiciones ambientales desfavorables.

2.3.3. Transferencia cadena.

Consta con una cadena y dos ruedas dentadas la cual una es conductora y la otra conduce la potencia ejercida por un motor. Ver figura 2.7

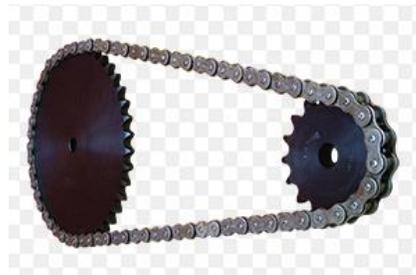


Figura 2.7 Transmisión por cadena (TRANSMITEC, s.f.)

Ventajas y desventajas de la transmisión por cadena.

- Buena en transmitir potencias a grande distancias pero requiere de constante lubricación
- No se pierde la relación de transmisión por lo general siempre es constante pero su costo es alto.
- Resistencia de condiciones ambientales desfavorables.

2.3.4. Transmisión líneas Omega.

Es un mecanismo de transmisión donde la banda que se encuentra sometido a tensión por dos rodamientos o dos rodillos tensores transforma el movimiento rotatorio generado por la polea dentada en un movimiento lineal. Este tipo de sistema se le denomina sistema de transmisión Lineal Omega. Ver Figura 2.8

La polea motriz transmite el movimiento de forma simultánea a la banda sin que se genere perdida en las revoluciones, de esta manera garantiza un movimiento constante.

El uso de lavanda dentada permite que el movimiento no se genere ruidos reduciéndolo en su totalidad así como el rozamiento es sumamente menor.



Figura 2.8 Sistema de transmisión por correa dentada OMEGA LINEAR (MITSUBOSHI)

El mecanismo tiene una correa dentada abierta sujeta por dos tornillos de cabeza de martillo en los extremos.

2.3.4.1. Procedimiento De Diseño De Sistema Lineal Omega^[7]

Para el diseño es importante tomar en cuenta el tipo de perfil seleccionado como el factor de servicio del motor esto dependerá el tipo de elemento a impulsar, así como también el tipo de correa dentada y su diámetro de paso. Las poleas dentadas como los rodamientos tensores son elementos importantes que se usaran en este mecanismo lineal Omega.

a. Selección del perfil de correa dentada y diámetro de la polea.

Para la selección de la correa es importante conocer la potencia de transmisión la cual va estar sometido a una velocidad nominal y que gobernara su movimiento, existen varios tipos de perfiles que se encuentran en el mercado como por ejemplo FREESPAN HTD (T5, T10, AT5, XL, MTD5, ect), ver Anexo A1, presenta una tabla que se puede analizar según la Potencia y la velocidad nominal sometida. La elección del tipo de correa dentada se obtendrá de esta tabla para cumpla correctamente su trabajo.

Una vez seleccionado la correa se determina el paso de la correa, ancho de la correa con estos datos se puede seleccionar el tipo de polea dentada para la correa, ver ANEXO A2 muestra las especificaciones dela correa.

b. Cálculo de la fuerza

Como se muestra en la figura 2.9 la fuerza que se genera sobre la correa dentada dependerá del momento torsor del motor y el diámetro de paso de la polea. A esta fuerza se le denomina fuerza periférica.

⁷ (MITSUBOSHI)

Omega Linear Motion Belt

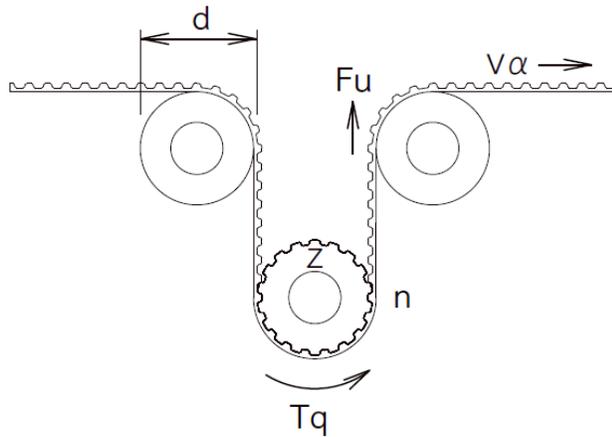


Figura 2.9 Diagrama de fuerzas y torque Omega Linear: (MITSUBOSHI)

Para encontrar la fuerza periférica sobre la correa se hace uso de la siguiente ecuación.

$$Fu = \frac{2000 * Tq}{dp}$$

Ecuación 1 (MITSUBOSHI)

Dónde:

Fu: Fuerza periférica [N]

dp: Diámetro de paso de la polea [mm]

Tp: Torque del motor [N-m]

Ecuación de forma alternativa

$$Fu = \frac{19.1 * 1000000 * Pr}{dp * n}$$

Ecuación 2 (MITSUBOSHI)

Dónde:

Fu: Fuerza periférica [N]

- Pr: Potencia del motor [N-m]
 dp: Diámetro de paso de la polea [mm]
 n: Velocidad angular de la polea [RPM]

c. Determinación del ancho de la correa.

Uno de los siguientes paso sería calcular en ancho de banda lo cual se lo realiza mediante la siguiente ecuación.

$$Bw = \frac{Fu * ks * 10}{F_{spec} * Zm}$$

Ecuación 3 (MITSUBOSHI)

Dónde:

- Fu: Fuerza periférica
 ks: Factor de seguridad
 Fspec: Fuerza compartida por diente [N/cm]
 Zm: Número de dientes en la polea conductora.

Para el factor de seguridad se debe tomar en cuenta las condiciones de trabajo y se rige según una tabla el anexo A7.

Se debe tomar en cuenta los dientes en la polea ya que esta transmitirá toda la potencia hacia la correa.

$$Zm = Z * \frac{\text{Arco en contacto}}{360^\circ}$$

Ecuación 4 (MITSUBOSHI)

d. Calcular de la Pre-Tensión

Hay que verificar que el mecanismo tenga una tensión constante en todo el trabajo por lo cual la transmisión lineal omega se emplea la siguiente ecuación.

$$F_p = 2 * F_u$$

Ecuación 5 (MITSUBOSHI)

Para obtener un correcto funcionamiento del sistema se debe la máxima tensión de la correa mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Máxima tensión permisible} > \frac{F_p}{2} + (F_u * K_s)$$

Ecuación 6 (MITSUBOSHI)

e. Considerar el diámetro de la polea y rodillo tensor.

Hay que tomar en cuenta que la correa dentada se debe realizar una comprobación, según las ecuaciones que se muestran a continuación:

$$Z_d \geq Z_{min}$$

Ecuación 7 (MITSUBOSHI)

$$D_i \geq D_{min}$$

Ecuación 8 (MITSUBOSHI)

Estas están orientadas para el diámetro de la correa y los rodillos de tensión.

Dónde:

Z_d Número de dientes de la polea conductora

D_i Diámetro de los rodillos tensores.

2.4. Interfaz Humano Máquina (HMI)

“Interfaz Hombre Máquina son sistemas son software HMI o de monitoreo y control de supervisión. Las señales del procesos son conducidas al HMI por medio de dispositivos

como tarjetas de entrada/salida en el computadora, PLC's, RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVE's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entiende el HMI. Como se puede ver en la Figura 2.10 como se encuentra estructurado un HMI ⁸

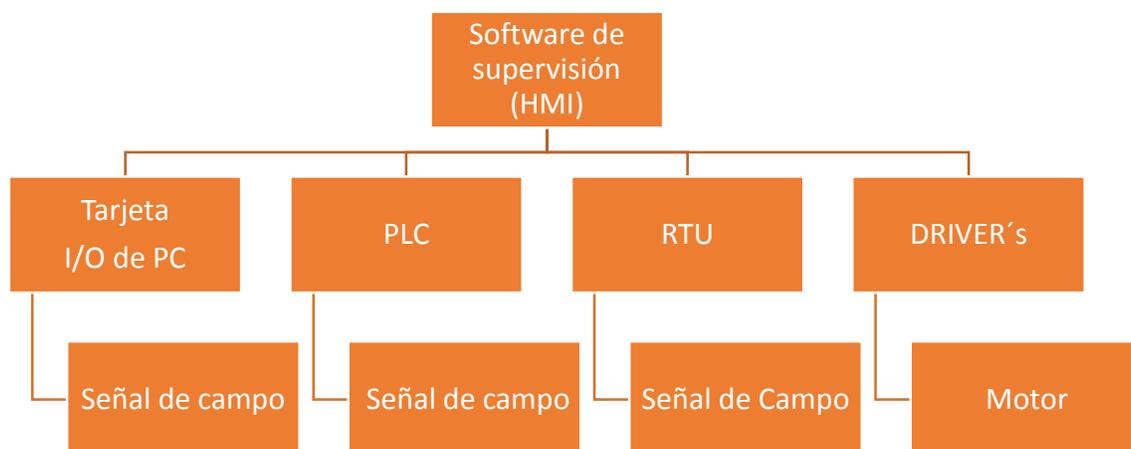


Figura 2.10 Estructura de supervisión HMI: (QUILMES)

2.4.1. Funciones principales de un HMI [8]

Monitoreo: Nos permite muestra y obtener datos de la planta en un tiempo real, estos se mostrar como números textuales o gráficas dando al operador la facilidad de tener una lectura del funcionamiento de cualquier sistema controlado.

Supervisión: Esta función permite ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.

Alarmas: Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportar estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.

⁸ (QUILMES)

Históricos: Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia.

Control: Tiene la capacidad de aplicar algoritmos que ajusten los valores de procesos así como mantener los valores dentro del criterio de los límites. El control va más allá de supervisión ya que este depende la interacción humana.

2.5. Placa Arduino

“La placa un Arduino es una plataforma de hardware con entrada y salidas digitales con un microcontrolador (Atmega 168, Atmega 328, Atmega 1280 esto depende del tipo de Arduino), la cual puede ser programado mediante lenguaje de programación Arduino basado en Wiring y un entorno desarrollado en Processing, que permite crear prototipos en software de fácil manejo.”

Los proyectos realizados con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectarse a una computadora además que permite la comunicación con distintos software”⁹

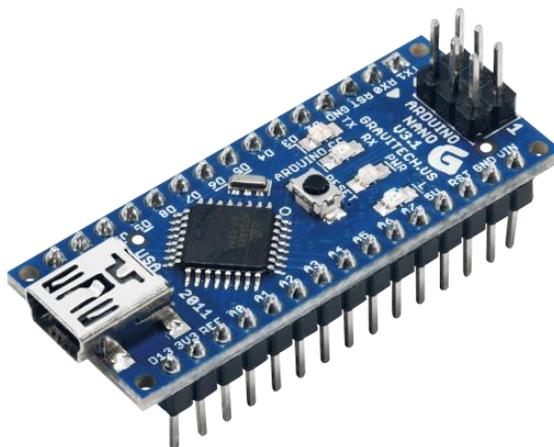


Figura 2.11 Tarjeta Arduino: (ArduinoNano, s.f.)

2.5.1. Uso de la placa Arduino en el proyecto de cortadora Láser.

Por su fácil uso, programación y su capacidad de procesamiento y su versatilidad en todos los trabajos que se puedan requerir.

⁹ (Evans, 2002)

Todas las impresoras 3D así como las cortadoras Láser pueden usar esta plataforma, además tiene un entorno de desarrollo (IDE) con un interface amigable desde la cual cargaremos las órdenes específicas que realizará el microcontrolador.

2.6. Drivers para los motores.

“Son pequeños microcontroladores que van conectados a la placa y que tiene la capacidad de controlar los motores de paso. Estos dispositivos tiene la capacidad de transmitir salidas desde 8V +/-1 hasta 35V+/-2^a, diseñado para controlar los motores de paso en una amplia gama de resoluciones.”¹⁰

Los drivers son los controladores de los motores a pasos para generar el movimiento en los ejes XY, la información que reciba por los drives es en forma de pulsos eléctricos, los cuales son plasmados en el movimiento de los ejes trazando las trayectorias de los diferentes diseños.

2.7. Actuadores

2.7.1. Láser

“La palabra láser es un acrónimo de LIGHT AMPLIFICATION BY STIMULATED EMISSION OF RADIATION, que en español significa, amplificación de luz por emisión estimulada de radiación”¹¹.

“La luz que se observa de la emisión estimulada es un cuanto de radiación electromagnética llamada fotón, el desprendimiento de fotones de un átomo excitado se provoca mediante la acción de un cuanto de energía aplicado hacia dicho átomo, como resultado de esta interacción el átomo pasa a su estado base emitiendo un fotón que tiene las mismas características de dirección y de fase que el fotón inicial dicho proceso tiene lugar dentro de una cavidad con dos espejos en paralelo donde existe un medio emisor de luz.”¹²

¹⁰ (POLOLU, 2015)

¹¹ (Hitz, 2001)

¹² (Webb CE, 2004)

Clasificación de los Láseres:

- Según la forma de excitación.

Puede ser por medio de una excitación óptica que se realiza por una fuente de luz de alta potencia como una lámpara de flash o la de otro laser. La excitación por descargas eléctricas de un gas, que debe estar circulando dentro de un tubo que contenga dicho gas. También existe la excitación por medio de una reacción química, horno térmico, radiación, etc.

- Según el tipo de medio activo.

Puede ser cualquier estado de la materia como aquellos láseres gaseosos que su haz de salida se genera por un gas o una mezclas de gases raros como Ar, Kr, Xe, Ne con sustancias como el F y el Cl. También su medio activo puede ser líquido con colorantes disueltos en un solvente.

- Según la longitud de onda que emite.- Puede ser luz ultravioleta, luz azul, luz verde, luz infrarroja.
- Según la potencia de salida.- Puede ser baja o alta.

Laser semiconductor

Son laser llamados también de diodos poseen tamaños muy pequeños o milimétricos y emiten una luz visible (rojo) o violeta y son de bajas potencia.

“Este tipo de láser son comunes que poseen iones alojados como huéspedes dentro de un cristal que se introducen en el cristal durante su fabricación como impurezas en porcentaje muy pequeñas (menos 1%)”¹³

Existen varios tipos de Láser solidos:

¹³ (HURTADO, 2015)

- Láser Rubí.
- Láser Nd-YAG.
- Láser de Titanio-Zafiro.

Tabla 1 Tipos de laser según sus característica más relevantes. (LPU, 2015)

Laser	Medio Activo	Rango de frecuencia	Régimen de emisión	Potencia de pico Máxima	Utilidades
Helio-Neón	Gas	Rojo	Continuo	10mW	Metrología, Lectores de códigos de barras
Ion de Ar	Gas	Verde-Azul	Continuo	10W	Bombeo, Espectáculos
CO2	Gas	Infrarrojo	Continuo y pulsado	1kW	Corte, Soldadura, Cirugía
Excimero	Gas	Ultravioleta	Pulsado	1mW	Microprocesador, Cirugía
Químicos	Gas	Infrarrojo	Continuo	1mW	Escudos antimisiles
Colorante	Líquido o Sólido	IR-Visible UV	Continuo o pulsado	1W	Espectroscopia
Rubí	Sólido	Rojo	Pulsado	1kW	Investigación
Neodimio	Sólido	Infrarrojo	Continuo o pulsado	1GW	Bombeo, Proceso de materiales, Cirugía
Titanio: Zafiro	Sólido	Infrarrojo	Continuo o pulsado	1PW	Investigación, Pulsos ultracortos.
Semiconductor	Sólido	Infrarrojo Visible	Continuo	1mW-1Kw	Comunicación, Cd, DVD, Punteros, Bombeo, corte de láminas foam, papel de vinilo.



Fibra	Sólido	Infrarrojo visible	Continuo o pulsado	1W- 1kW	Proceso de materiales, Comunicaciones, Espectroscopia
Electrones libres		Microondas- Rayos X	Pulsado	100kW	Investigación.

2.7.1.1.1. Potencia e Intensidad del Láser.

“La potencia del láser es la energía emitida en forma de luz por unidad de tiempo. La unidad utilizada es el vatio (W). El tamaño de las máquinas láser se mide en términos de potencia del láser.

La intensidad del haz se define como el cociente entre la potencia del láser y el área irradiada en el foco.”¹⁴

2.7.1.1.2. Modo de haz Láser

- El modo del haz representa la distribución de energía en la sección transversal del haz.
- Al tamaño de foco que condiciona la intensidad del haz
- La calidad del haz que determina la posibilidad de enfocar este en un tamaño.

La intensidad del haz también puede determinar el espesor de material que puede cortarse. Cuando mayor es el espesor a cortar, mayor será la intensidad del láser necesaria. Donde una intensidad alta se requerirá alcanzar mayores potencia.

Laser Azul- Violeta de 500mW es el láser que nos permitirá realizar cortes en, materiales blandos y de poco espesor, las características de este elemento van longitud de onda 405nm velocidad de corte 50mm/s y un voltaje de 5v con una corriente de 700mA.

¹⁴ (Guillamón, 2007)

2.7.2. Motores

Son un tipo de máquinas, las cuales transforma la energía eléctrica en energía mecánica, sirven para accionar deferentes máquinas, mecanismos y dispositivos que son usados en la industria. En CNC se utilizan:

- Motores de CA
- Motores de CD
- Motores a pasos

Las características principales son:

Torque: Es importante ya que indica si el motor puede mover o no el sistema.

Alimentación: El tipo de alimentación da una idea de la electrónica que ha de utilizarse para el control del motor.

Precio: El precio es un factor de suma importancia debido a gran diferencia que puede existir en tipo de motor a otro.

2.7.2.1. Motores pasó a paso.

Para proyectos donde se requiere precisión de movimiento los motores de paso cumplen con esta característica, estos pueden mover un paso por cada pulso que se someta.

Los pasos puede tener un rango de 90° hasta 1.8° , en el caso de 90 grados se necesitara 4 pasos para que gire una vuelta completa y si es de 1.8° se necesitara 200 pasos para completar un giro.

Una de las cualidades de estos motores es que pueden quedar en clavados en cualquier ángulo o posición.

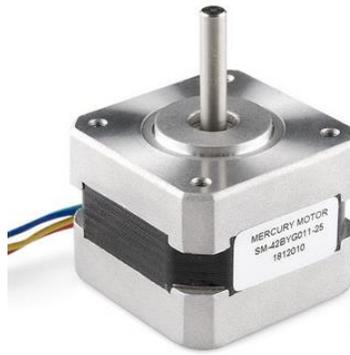


Figura 2.12 Motor paso a paso (CNC, 2015)

2.7.2.1.1. Motor pasó a paso bipolar.

Los motores bipolares poseen cuatro tomas de salida como se puede ver en la figura 2.13. El motor requiere ciertos requerimientos para que puedan ser controlados, ya que necesita un cambio de flujo para su cambio de dirección, las bobinas deben tener una secuencia apropiada para realizar un movimiento.

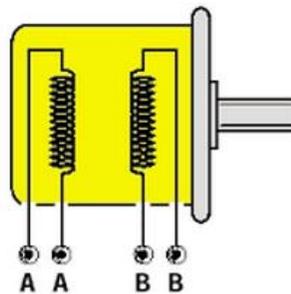


Figura 2.13 Esquema de un motor Bipolar: (PIC'S, 2015)

2.7.2.2. Sistemas de control motores pasó a paso.

El sistema de control de los motores paso a paso bipolares, es necesario que se genere un secuencia de impulsos para que el sistemas de control reciben las órdenes del sentido de giro y la velocidad para aplicar a los bobinas se energicen o se exciten.



Figura 2.14 Estructura control

2.7.2.3. Parámetro de los motores pasó a paso.

Los parámetros del motor tiene de características dinámicas en la cual el momento torsor pueda ser adecuado para que al momento degenerar su trabajo este no pierda su paso como por ejemplo cuando es no pueda mover cuando se le envíe un impulso.

El aumento de la fuerza electromotriz se genera por el aumento de la velocidad de giro esto con lleva que se reduzca la corriente atraída por las bobinas.

Angulo de paso. El desplazamiento angular que se genera por excitación de las bobinas se mide en grados con cada impulso que se dé. La tabla siguiente muestra los grados por cada impulso y los pasos que necesita para que gire una revolución completa.

Tabla 2 Ángulos de paso referido al número de vueltas

Grados por impulso de excitación	Nº de pasos por vuelta
0,72°	500
1,8°	200
3,75°	96
7,5°	48
15°	24

Numero de pasos por vuelta.- Es el valor total de pasos que necesitara para generar una vuelta completa o 360°

Frecuencia de paso máximo.- Es la cantidad de pasos que se genera en un intervalo de tiempo con la finalidad que el motor trabaje adecuadamente.

CAPITULO 3

DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LA CORTADORA CNC LÁSER.

3.1. Descripción De Las Partes Constituidas De La Cortadora Láser CNC.

3.1.1. Sistema Mecánico

La estructura mecánica está constituida en gran parte por aluminio T9 y acrílico PMMA (Metil - Metacrílico).

El sistema mecánico lo constituye las estructuras de la máquina, en los cuales van acoplados diversos sistemas de guiado, como el sistema de transmisión Lineal Omega, como también los actuadores.

Las estructuras de aluminio como se indica tienen sus ejes de movimiento en X, Y ver figura 3.1, respectivamente con sus componentes mecánicos que se describirá a detalle a continuación:

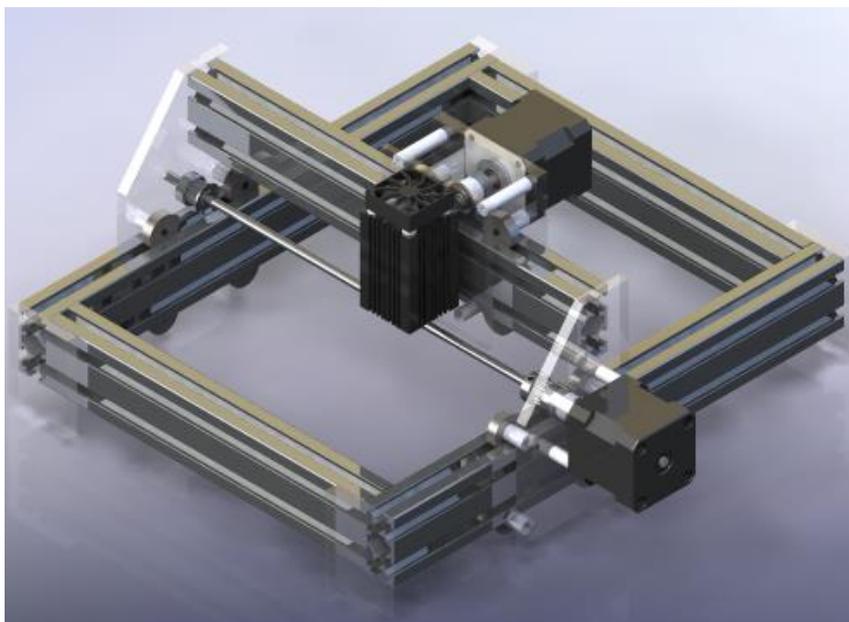


Figura 3.1 Esquema general de la cortadora CNC Láser Solidworks

Se mencionará los elementos que conforma nuestra cortadora en dos grupos:

Componentes de diseñados:

- Placa soporte para motor y Láser
- Eje de transmisión
- Placa de apoyo
- Separadores rodamientos y motor

Componentes de selección:

- Rodamientos
- Acople Rígidos
- Pernos para las juntas
- Banda transmisión
- Polea de transmisión
- Perfiles de Aluminio

Según lo mencionado anteriormente cada componente se lo analizara y seleccionar adecuadamente con la finalidad que nos permita tomar la mejor decisión para nuestra cortadora.

3.2. Diseño De Soporte Motor , Sistema De Trasmisión Y Láser

3.2.1. Diseño De Soporte De Motor Laterales.

El soporte de los laterales es uno el elementos que más cargar actúa está constituido por una placa de acrílico que por sus características de fácil manipulación, resistentes al impacto, resistente a la intemperie. El componente alojara dos rodamientos para los

tornillos, además permitirá la fijación de motor y será donde se sujetara uno de los ejes o perfiles de aluminio, se detalla el soporte de acrílico en la figura 3.2.

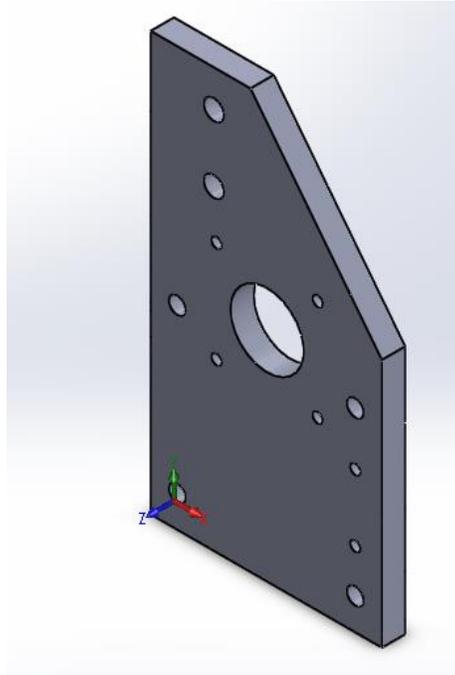


Figura 3.2 Soporte lateral de acrílico para el eje Y Lado izquierdo. Solidwork

El soporte se encontrara dispuesto a varios elementos fijados, por lo que la ubicación de sus perforaciones deber ser exacta y la forma o geométrica debe cumplir determinados requerimientos que nos facilite y permita la fijación y ensamble del motor, el perfil y delos rodamientos. En la tabla 3 siguiente demostrará las dimensiones de la placa y su detalle en los planos Anexados al final del documento, nótese que la placa está conformada por varios diámetros de agujeros cada uno específico para cada elemento.

Cabe recalcar que son dos placas en la cual donde lo única diferencia es un agujero central que cambia de diámetro para la sujeción del motor que una de ella no lo tiene (ver figura 3.2) ya que solo se fijara en un solo lado para el funcionamiento del sistema de trasmisión OMEGA LINEAR.

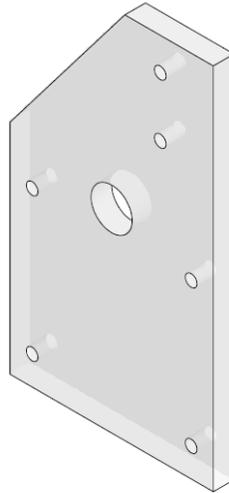


Figura 3.3 Soporte acrílico lateral derecho Solidworks

Se muestra las dimensiones de la soportes

Tabla 3 Tabla de medidas de soporte laterales

Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
126	69.5	7
126	69.5	6

$$Vol_1 = Longitud \times ancho \times espesor$$

$$Vol_1 = 126 * 69.5 * 7$$

$$Vol_1 = 61299 \text{ mm}^3$$

$$Vol_T = Vol_1 - Vol_2$$

Dónde:

Vol_2 Es el área de los agujeros dela placa.

$$Vol_T = 61299 - 9491$$

$$Vol_T = 51808 \text{ mm}^3$$

Para la masa seguiremos en siguiente ecuación, donde se requiere la densidad del material y su volumen:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Ecuación 9

$$m = \rho * V$$

$$m = 1.19gr/cm^3 * 51.801cm^3$$

$$m = 62gr$$

Para el soporte de acrílico lateral derecho se realiza la misma operación efectuada anteriormente, tomando en cuenta todas las áreas de los agujeros.

$$Vol_T = 51280mm^3$$

Su masa es de:

$$m = 61.536 gr$$

Posteriormente procedo a realizar un estudio con las reacciones o cargas sometidas el punto más significativos, considerando la dirección de las fuerzas aplicadas en el acrílico como se muestra en la figura 3.4, para este estudio se elige un acrílico PMMA (Metilmetacrílico) de una densidad $1200kg/m^3$ que es fácil de encontrar y de costo bajo.

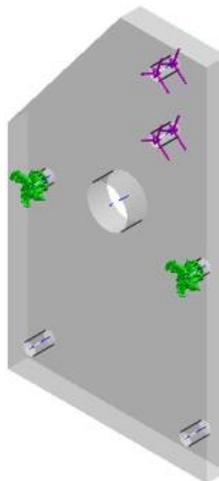


Figura 3.4 Fuerzas ejercidas y las sujeciones.

Los resultados de los estudios muestran en la siguiente grafica 3.5.

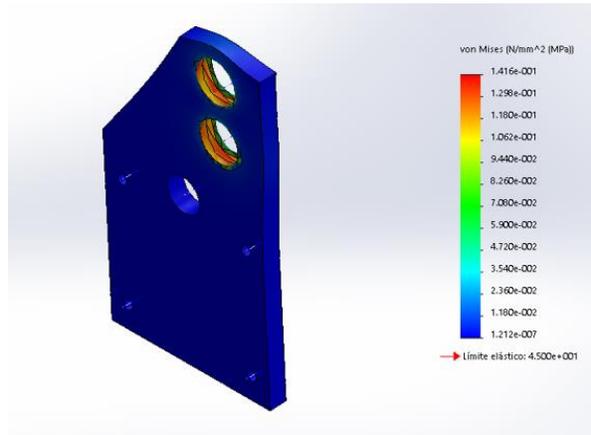


Figura 3.5 Estudio del soporte.

La figura muestra el esfuerzo máximo en los punto más críticos y según el estudio estos no superan el esfuerzo de Von mises por lo que el elemento puede cumplir con su trabajo sin problema.

3.2.2. Diseño De Soporte De Motor Y De Láser

El soporte está constituido por una placa de acrílico, la cual alojara dos rodamientos, además permitirá la fijación de motor y el Laser. Además existirá dos soportes similares pero en dimensiones pero la diferencia radica en la cantidad de agujeros y el diámetros por en una de ellos estará fijando al motor y en el otro al Láser. Como se muestra en la figura 3.6 y 3.7.

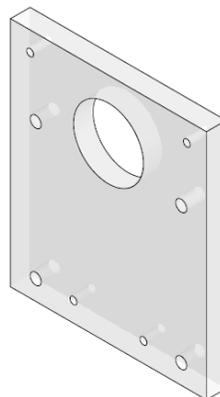


Figura 3.6 Soporte de acrílico de motor para el eje X

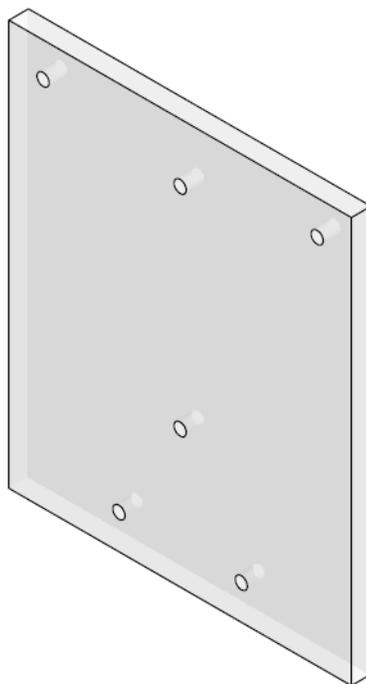


Figura 3.7 Soporte para láser eje x

Tabla 4 Tabla de medidas de soporte

Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Masa (gr)
83	70	4	30
83	70	7	45

3.2.3. Diseño De Separadores Motor, Rodamiento y Láser

Los separadores tiene la función sujetar a los rodamiento a una distancia 12mm de la placa así como también entre soportes, el material con el que se encuentran es Duralon o Nylon 6/10 (ver figura 3.8), por su facilidad de maquinar e instalar, por ser más económicos, y de mayor vida útil. Este separador no se encuentra sometidos a cargas elevadas ya que el sistema no es robusto y nos permitirá realizar la función destinada sin problema.

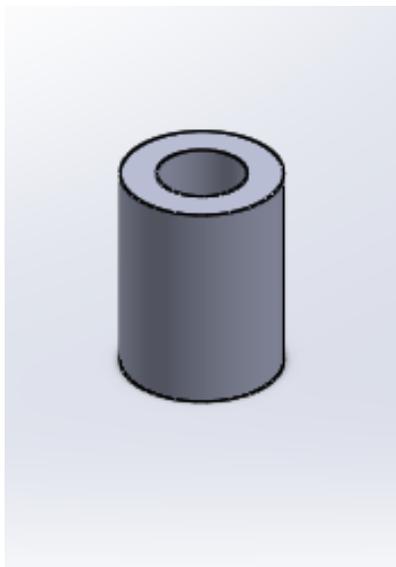


Figura 3.8 Separador de Nylon 6

Tabla 5 Medidas de separadores

Longitud (mm)	Diámetro Mayor (mm)	Diámetro Menor (mm)	Utilidad	Masa (gr)
14.5	6.7	3	Separador de motor	0.57
12	8.6	4.4	Separador de rodamiento	0.72
29.6	7	2.5	Separador de láser	1.4
7	7	2.5	Arandela para láser	0.09

3.2.4. Diseño De Base

Es el elemento que actuara como apoyos de todo el mecanismo (ver grafica 3.9), está constituido por de material acrílico PMMA (Metil-metacrílico), soportar el peso de todos los elementos de la cortadora y se ubicara a cada extremo y se fijara al perfil que se seleccionará.

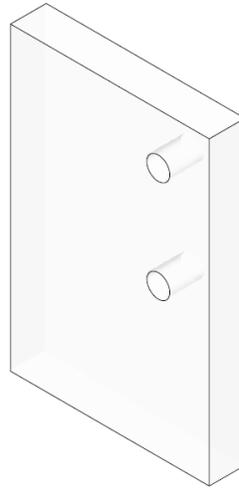


Figura 3.9 Base Acrílica

Las dimensiones de esta base se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6 Dimensiones de base acrílica

Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
70	40	7

La base acrílica es un elemento importante, ya que en este descansan todos los objetos que constituyen la cortadora, así que se procede a realizar un estudio. Se aplica las cargas y se analizan los resultados. (Ver figura 3.10).

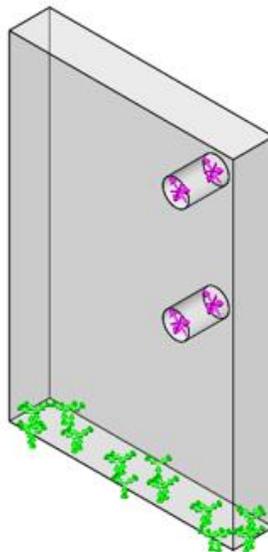


Figura 3.10 figura de base expuesto a cargas y sujeción

Los resultados de estudio nos permiten ver claramente que esta base no supera el límite de rotura como se muestra en la figura 3.11 considerando una de las opciones para su uso.

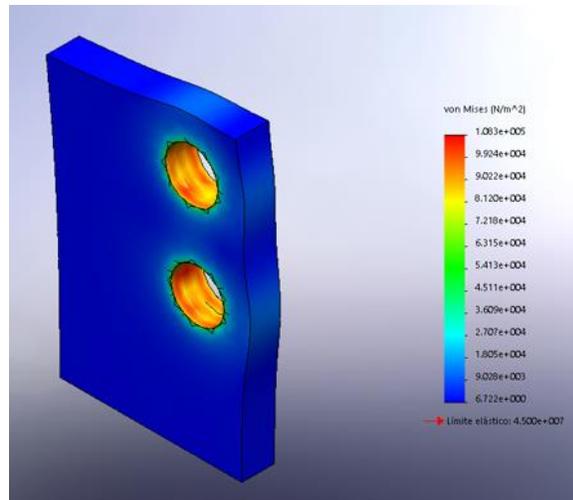


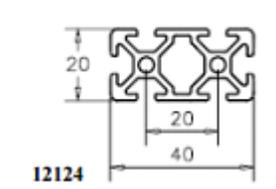
Figura 3.11 Estudio realizado en base acrílica

En la gráfica 3.11, la base no estará expuesta a deformaciones y que tensión máxima de von Mises es 108260 N/m^2 lo que se puede deducir que es confiable.

3.3. Sistema De Guías En Los Ejes.

Este sistema se basa en una canaleta, el perfil seleccionado debe ser ligero pero resistente, en el mercado existe una variedad la cual se toma en consideración el tamaño del perfil ver Anexo B1.

Tabla 7 Ventajas en el uso de perfil de aluminio para los ejes

Modelo	Ventajas
<p>Perfil 12124</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • No requiere de soldadura • El sistema de unión es a base de tornillo perforantes o de remaches • El corte no requiere mayor esfuerzo ni tampoco requiere ser pulido. • No se oxida • Los perfiles de aluminio viene con gran acabado y recubrimiento anodizado el cual le da un tono y color especial, no requiere pintura, mantenimiento.

El perfil de seleccionado presenta un tipo de estructura por donde puede desplazarse un rodamiento, el cual nos permitirá realizarlos desplazamientos que deseamos sin que se presenten estancamientos como se muestra en la figura 3.12.



Figura 3.12 Sistema de desplazamiento lineal en el perfil de aluminio.

Las rodamientos se deslizaran en base a un rodamiento acoplado en su interior, y la superficie de contacto con los ejes guías.

3.4. Selección de los rodamientos

“En las máquinas y mecanismos se utilizan con gran frecuencia órganos de transmisión del movimiento, y muy especialmente, del movimiento rotatorio, en los que se pueden destacar árboles y ejes.”¹⁵

El árbol es el componente que cumple con la función de transmitir todo el par del motor, los arboles deberán estar empotrados o girando en apoyo.

Los rodamientos pueden clasificarse en:

1. Rodamientos para cargas radiales las cuales pueden soportar perfectamente cargas dirigidas en la dirección perpendicular al eje de rotación.

¹⁵ (Atacama, 2015)



Figura 3.13 Rodamientos que se someten en cargas radiales catalogo NTN SNR: (NTN, 2015)

2. Rodamiento para cargas axiales las cuales pueden soportar cargas que actúen únicamente en la dirección del eje de rotación. Como se ve en la figura 3.12

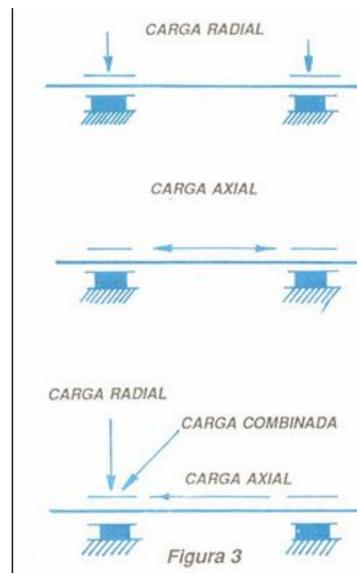


Figura 3.14 Diagrama de cargas en Rodamientos axiales y combinadas (SENA, 2015)

3. Rodamientos para cargas mixtas las cuales los esfuerzos radiales, axiales o ambos combinados actúen sobre el rodamiento.

3.4.1. Método de selección de rodamiento

Un rodamiento presenta propiedades y características únicas con respecto su aplicación de esto depende su diseño y adecuado trabajo.

Lo primordial es seleccionar el rodamiento para máquina o mecanismo que cumpla las funciones deseadas y satisfactoriamente.

Para agilizar el proceso de selección y determinación del rodamiento más apropiado para una tarea, las características más apropiadas a considerar son las siguientes:

a) Tipo de rodamiento

Rodamientos de bola.- Este tipo de rodamientos soportar cargas radiales medianas, así como las cargas axiales. Poseen un bajo rozamiento por lo cual su trabajo es silencioso.

Rodamiento de rodillo.- Estos pueden soportar cargas muy pesadas y son de autoalineables, por lo cual su aplicación es en ingeniería pesada donde las cargas son extremas y producen deformaciones y desalineaciones.

b) Espacio disponible vida útil

La dimensión es uno de los principales características en la mayoría de los casos el agujero, estas vienen determinadas por las características de diseño de la maquina o de su aplicación. Para ejes pequeños diámetros, se puede utilizar rodamientos de bola siendo estas uno de las más usadas, también puede ser utilizado para este tipo de ejes los rodamientos de agujas.

Para ejes de diámetro grande es recomendable rodamientos de rodillos cilíndricos, o los de rotula y los de rodillos cónicos.

c) Vida útil

Una de fallas de los rodamientos es la fatiga superficial que se produce en las pistas de rodadura y en los elementos rodantes. Esta falla se basa en las fórmulas de esfuerzo de contacto (HERTZ)

Para determinar la magnitud de esa fuerza se ha desarrollado formulas avanzadas para estimar este valor, logrando crear materiales adecuados para que soporten estas cargas.

El cálculo de vida útil es dependiendo del rodamiento en particular esto quiere decir que primero se escoge un rodamiento y se comprueba su vida útil, si el resultado es igual al seleccionado, calculo ha terminado, pero si la vida útil es menor o muy mayor de lo recomendado debe escoger otro rodamiento y calcular la vida útil.

La vida útil nominal de un rodamiento:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

Ecuación 10 (NSKAMERICA, 20015)

$$L_{10h} = 10^6 / (60n)^L_{10}$$

Ecuación 11 (NSKAMERICA, 20015)

L_{10} Vida nominal (con un 90% de fiabilidad), millones de revoluciones

C Capacidad de carga dinámica, kN

P Carga dinámica equivalente del rodamiento

p Exponente de la ecuación de la vida

- Para rodamientos de bolas 3
- Para rodamientos de rodillos 10/3

n Velocidad de giro (RPM)

f_n Factor de velocidad

Para los rodamientos modernos de alta calidad, la vida nominal se puede desviar significativamente de la vida útil real. La vida útil en una aplicación depende de una variedad de factores tales como la lubricación, el grado de contaminación, la desalineación, el montaje adecuado y las condiciones ambientales.

El índice básico de vida frente a la fatiga de los elementos rodantes cuando el rodamiento funciona bajo cargas, todos los elementos en el interior y exterior están sujetos

a un stress cíclico repetido. Debido a la fatiga del metal se las superficie de contacto rodantes de las pistas de rodadura y los elementos rodantes, es posible que se desprendan pequeñas partículas del material del rodamiento.

No es recomendable seleccionar rodamientos con índices de carga innecesariamente altos, ya que pueden resultar demasiado grandes y costosos. Además, la vida del rodamiento por sí mismo no debería ser el factor decisivo a la hora de seleccionar los rodamientos. Se deberá considerar la resistencia, la rigidez y la aplicación específica y las condiciones de funciones ver tabla 8 donde se mostrara de manera empírica de vida frente a la fatiga (CATALOGO RODAMIENTOS NSK AMERICAS)

Tabla 8 Factor de vida de fatiga f_h para distintas aplicaciones de rodamientos (NSKAMERICA, 20015)

Periodos de funcionamiento	Factor de vida de fatiga f_h				
	~3	2~4	3~5	4~7	6~
Utilizados con poca frecuencia o durante periodos cortos	<ul style="list-style-type: none"> • Motores pequeños para electrodomésticos, como aspiradoras y lavadoras. • Herramientas eléctricas manuales 	<ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria agrícola 			
Utilizados ocasionalmente pero cuya fiabilidad es importante		<ul style="list-style-type: none"> • Motores para calefactores domésticos y aires acondicionados • Maquinaria para la construcción 	<ul style="list-style-type: none"> • Transportadoras • Roldanas para cables elevadores 		
Utilizados intermitentemente durante periodos relativamente largos	<ul style="list-style-type: none"> • Cuellos de cilindros para laminación 	<ul style="list-style-type: none"> • Motores pequeños • Grúas de cubierta • Grúas de carga en general • Soportes de piñón • Coches de pasajeros 	<ul style="list-style-type: none"> • Motores de fábricas • Máquina Herramienta • Transmisiones • Cribas • Trituradoras 	<ul style="list-style-type: none"> • Roldanas para grúas • Compresores • Transmisiones especializadas 	
Utilizados intermitentemente durante más de ocho horas diarias		<ul style="list-style-type: none"> • Escaleras mecánicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Separadores centrífugos • Equipos de aire acondicionado • Compresores • Máquinas para trabajar madera • Motores grandes • Cajas de ejes para ejes ferroviarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevadores para minas • Volantes de prensas • Motores de tracción para ferrocarriles • Cajas de ejes para locomotoras 	<ul style="list-style-type: none"> • Máquinas para fabricación de papel
Utilizados continuamente y cuya alta fiabilidad es importante					<ul style="list-style-type: none"> • Bombas de agua • Centrales eléctricas • Bombas para el drenaje de minas

Las cargas sometidas al rodamiento serán tomada en cuenta al de mayor componentes posea por lo tanto se hace referencia a la tabla 9.

Tabla 9 Masa de componentes de CNC

Elemento	Cantidad	Masa (g)	Total masa (g)
Motor nema 17	2	350	700
Láser	1	150	150
Rodamiento 635z	12	9	108
Rodamiento 605z	1	9	9
Acople de motor dentada.	3	45	45
Tornillería	28	2.5	70
Separadores de Motor largos	4	0.75	3
Soporte acrílico Láser	1	30	30
Soporte acrílico Motor	1	45	45
Separadores de Rodamientos	12	1.4	16.8
Soporte acrílico de sistema Y	2	63	126
Acople de motor	1	10	10
Eje de transmisión	1	37.7	37.7
Separadores de motor cortos	8	0.6	4.8
Perfil de aluminio	1	226	226
		Total	1581.5gr

La masa obtenida es de 1.5815 Kg que esta se distribuirá para los cuatro puntos de apoyo que tendrá en el mecanismo, la carga que soportará el rodamiento será:

$$P = 0.395375 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$P = 3.9 \text{ N}$$

3.5. Selección Del Rodamiento Para El Mecanismo De Transmisión

Considerando lo anterior proseguimos a la selección de nuestro rodamiento

1) En cuanto a la selección de tipo de rodamiento será considerando un rodamiento de bolas puesto que es más inclinados para la aplicación que nos interesa para la movilidad de nuestro mecanismo.

2) En cuanto el espacio disponible únicamente nos interesa un rodamiento de ancho tenga 6 mm por lo cual el perfil donde se deseará que ruede mide tiene un medida de 6mm, así evitaremos rozamiento entre sus paredes.

De esta manera sabiendo que soporta cargas pequeñas y conociendo la medida de ancho del rodamiento se puede observar por catálogo (ver ANEXO B2) que el rodamiento que cumple con esta características es 635 z

3) Al tener un rodamiento sometido a una carga de 3.9 N podemos estimar un valor de C por catálogo.

$$Cr = 2340 N$$

Este índice básico de carga es el valor estimado lo cual puede trabajar sin problema. Se realizará un analizará para determinar cuál el velocidad máxima que podría soportar este rodamiento con la carga calculada y su índice básico.

Dónde:

$$C = f_h * \frac{P}{f_n}$$

Ecuación 12 (NSKAMERICA, 20015)

Por la tabla 8 se realiza la selección de factor de vida de fatiga $f_h = 3$.

Dónde:

$$f_n = \frac{f_h * P}{C}$$

$$f_n = \frac{3 * 3.9N}{2340}$$

$$f_n = 0.05$$

El valor se lo compara con la tabla (ver ANEXO B3) nos da un valor de n aproximado 4000rpm. Como podemos observar nuestro mecanismo jamás superar este valor con lo que es confiable utilizar el rodamiento sin el temor que falle.

3.6. Selección De Acoples

Los acoplamientos sirven para líneas de transmisión de ejes o para conectar tramos de diferentes ejes, estén o no alineados entre sí. Para llevar a cabo tales funcionamientos mecánicos.

Los acoplamientos se clasifican en los siguientes tipos:

- Acoplamientos Rígidos

Acoplamientos Rígidos de manguito de goma

Acoplamientos Rígidos de platillos

Acoplamientos Rígidos por sujeción cónica.

- Acoplamientos Flexibles

Acoplamientos flexibles de Manguito de goma

Acoplamientos flexibles de Disco Flexible

Acoplamientos flexibles de fuelle Helicoidales

Acoplamientos flexibles de Quijadas de Goma

Acoplamientos flexibles Direccionales tipo Falk

Acoplamientos flexibles de Manguito de goma

- Acoplamientos especiales o articulados

Junta eslabonada de desplazamiento lateral

Junta universal

Analizando la tabla 10 en nuestro caso se necesita un acoplamiento que sea capaz de transmitir el par torsional por parte de los motores que no permita cierto grado de desalineamiento más adecuado para esta aplicación es la prisionero. La selección de este acople selo realizado tomando como referencia el catalogo (ver anexo B6).

La tabla 10 nos indica una guía para las diferentes aplicaciones de los tipos de acoplamientos.

Tabla 10 Características de varios acoples (Tulio, 2015)

NOMBRE	Desalineación tolerada				Observaciones
	Axial	Angular	Paralelo	Torsional	
Acoplamientos Rígidos	grande	ninguna	ninguna	ninguna	Se exige una alineación perfecta
Manguito de goma	moderado	ligera	Ninguna	ninguna	
De disco Flexible	ligera	ligera (<3°)	Ligera (<0,01d)	Ligera o ninguna	Capacidad de absorber impacto. Sin juego
Helicoidal de fuelle	ligera	grande(<20°)	Moderada (<0,20d)	ninguna	Gran capacidad de par torsor
De quijadas de goma	ligera	Ligera (<2%)	Ligera (<0,03d)	moderada	gran absorción de impacto
Tipo Falk	ligera	ninguna	ninguna	moderada	gran absorción de impacto
De cadena	ligera	ninguna	ninguna	ninguna	gran absorción de impacto
De engrane	grande	ligera(<5°)	Ligera (<0,05d)	ninguna	gran absorción de par torsor
De fuelle metálico	ligera	grande(<15°)	Moderada (<0,20d)	ninguna	Falla por fatiga
Junta eslabonada lateral	ninguna	ligera(<5°)	Grande (>2,00d)	ninguna	no hay cargas laterales en los ejes
Junta universal	ninguna	Grande junta(30°)	Grande (en pares)	ninguna	la junta individual es de velocidad variable

CONTINUA

Junta universal Rzeppa	ninguna	grande	ninguna	ninguna	posee velocidad constante
Junta lateral Oldham	ninguna	ligera($<5^\circ$)	grande($>2,00d$)	ninguna	

3.7. Diseño Y Análisis De Esfuerzos En El Eje X.

Se considerará para el análisis de esfuerzo, el perfil de aluminio T6 con las características especificadas en el anexo B1, la cual este perfil nos permitirá facilitar el transporte del mecanismo ya mencionado Omega Lineal. En la figura 3.15 se muestra el perfil que se someterá a dicho análisis.



Figura 3.15 Perfil de aluminio para guía movilidad del eje X

Se considerara cada elemento que componga el mecanismo de desplazamiento ya que esta se encuentra distribuida en un área 307.8 mm² como muestra en la figura anterior.

Se establece un análisis con las siguientes características para estimar y calcular a través del programa Solid Works, los esfuerzos ejercidos sobre el perfil de aluminio que se encontrara soportando los elementos como muestra la siguiente tabla 11.

Tabla 11 Cargas sobre el perfil de aluminio horizontal eje X

Elemento	Cantidad	Masa (g)	Total masa (g)
Motor nema 17	1	350	350
Láser	1	150	150
Rodamiento 635z	4	9	36
Acople de motor	1	45	45
Tornillería	8	2.5	20
Separadores de Motor	4	0.75	3
Soporte acrílico Láser	1	30	30
Soporte acrílico Motor	1	45	45
Separadores de Rodamientos	4	1.4	5,6
		Total	684,6

La masa que soporta el perfil es de 684.6 gr la que redondeamos a 700 gr para poder trabajar en los posteriores análisis

$$\text{cargas } 684.6 \text{ gr} \approx 700 \text{ gr}$$

Dónde:

$$0.7 \text{ kg} * \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ kg}} = 6.86 \text{ N}$$

El resultado corresponde a todas las cargas que se considerará puntual y esta actuara en el medio del perfil como se indica en la figura 3.16 ya que es ahí donde sería el punto más crítico.

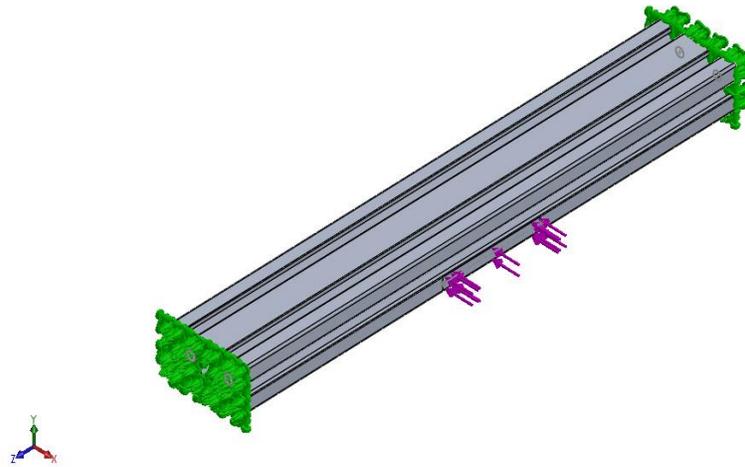


Figura 3.16 Eje sometido a carga y sujeción

Se puede ver que se realizara un estudio con el material de aleación de aluminio cuyos resultados se muestran en la figura 3.17 siguiente.

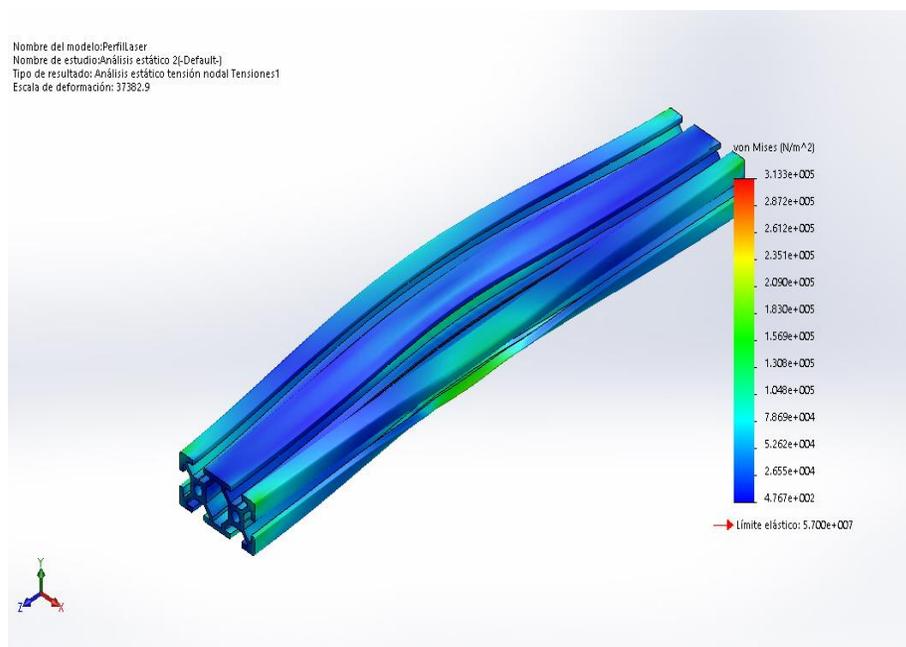


Figura 3.17 Estudio realizado de perfil aluminio.

Claramente se observa que el esfuerzo máximo 313317 N/m^2 , lo cual en todo el perfil no supera este valor por lo que en los valores más críticos se presentan donde se aplica la carga y no superando 156900 N/m^2 .

Con el análisis se descarta que pueda tener fallas el material.

Posteriormente podemos calcular el esfuerzo de Von Misses según:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

Ecuación 13 (SHIGLEY, 2002)

Dónde:

σ Esfuerzo a Flexión

M Momento Flector

c Distancia del eje neutro a la fibra a analizar

I Inercia

Para garantizar que el esfuerzo sea menor que el límite de fluencia del material se incluye un factor de seguridad, por lo que tendríamos la siguiente expresión

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{n}$$

Ecuación 14 (SHIGLEY, 2002)

Considerando que se trata de un elemento con sección estructural complicada, tenemos la el valor de la inercia obtenida de catálogo ver anexo B1

$$I = 5.1 \text{ cm}^4$$

El análisis debemos orientar del centro del perfil al extreme por lo tanto la distancia c será igual a.

$$c = \frac{d}{2}$$

Ecuación 15 (SHIGLEY, 2002)

El largo de perfil es de 40 mm y según la ecuación anterior

$$C = 20mm$$

Tabla 12 Característica de esfuerzo de fluencia de aleación de aluminio T6

Material	Aleación de aluminio T6
Límite a la fluencia	169 Mpa
Longitud	260 mm
Factor de seguridad	3

Considerando el factor de seguridad de 3 ya que el perfil no está soportando altas cargas y solo me funciona como guía para que el mecanismo de transmisión se desplace.

Por lo tanto:

$$\sigma_{adm} = \frac{169 \text{ MPa}}{3}$$

$$\sigma_{adm} = 65.33 \text{ Mpa}$$

Para calcular el momento que ejerce en el perfil se realiza través de la fórmula:

$$M = F * d$$

Ecuación 16 (SHIGLEY, 2002)

$$M = 6.86 \text{ N} * 130 \text{ mm}$$

$$M = 892 \text{ Nmm}$$

Por lo tanto el esfuerzo es:

$$\sigma = \frac{892 \text{ Nmm} * 20 \text{ mm}}{51000 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma = 0.35 \text{ Nmm}^2$$

$$\sigma = 0.35 \text{ Mpa}$$

Con el valor calculado podemos realizar una comparación con el valor analizado por el programa la cual nos indica que se encuentra entre los rangos muy próximos, la cual consideramos que nuestro análisis es correcto.

Hay que tener claro que el esfuerzo calculado según las tablas deben ser menores a esfuerzo admisible como se muestra:

$$\sigma \leq \sigma_{adm}$$

Ecuación 17 (SHIGLEY, 2002)

$$0.35 \text{MPa} \leq 56.33 \text{MPa}$$

El estudio nos indica que se descarta que el material pueda tener falla y de que puede cumplir muy bien él trabaja designado.

3.8. Diseño Y Análisis De Esfuerzos En El Eje Y.

Para el análisis del perfil de transporte se considera el peso del sistema para el cual soportará más el peso sistema de transporte del eje X y las dimensiones de perfil son detalladas en anexo B1, en la figura 3.18 se muestra la carga aplicada en el perfil.

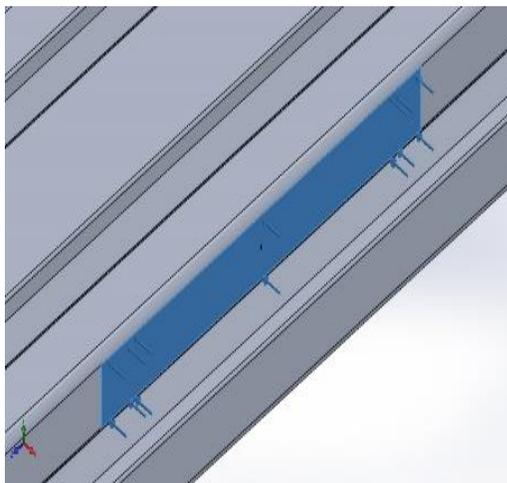


Figura 3.18 Perfil de aluminio para guía movilidad del eje Y Solidworks

Se considerara el mismo procedimiento anterior para cada elemento que componga el mecanismo de desplazamiento en el eje X como en el eje Y se tomaran en cuenta y estas cargas serán distribuida en un área 307.8 mm².

Se establece un análisis con las siguientes características para estimar y calcular a través del programa Solid Works, los esfuerzos ejercidos sobre el perfil de aluminio que se encontrara soportando los elementos como muestra la siguiente tabla 13.

Tabla 13 Cargas sobre el perfil de aluminio horizontal eje Y

Elemento	Cantidad	Masa (g)	Total masa (g)
Motor nema 17	2	350	700
Láser	1	150	150
Rodamiento 635z	12	9	108
Rodamiento 605z	1	9	9
Acople de motor dentada.	3	45	45
Tornillería	28	2.5	70
Separadores de Motor largos	4	0.75	3
Soporte acrílico Láser	1	30	30
Soporte acrílico Motor	1	45	45
Separadores de Rodamientos	12	1.4	16.8
Soporte acrílico de sistema Y	2	63	126
Acople de motor	1	10	10
Eje de transmisión	1	37.7	37.7
Separadores de motor cortos	8	0.6	4.8
Perfil de aluminio	1	226	226
		Total	1581.5gr

La masa que soporta el perfil es de 1355.5 gr la que redondeamos a 1600 gr para poder trabajar en los posteriores análisis

$$\text{cargas } 1581.5 \text{ gr} \approx 1600 \text{ gr}$$

Dónde:

$$1.6 \text{ kg} * \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ Kg}} = 15.68 \text{ N}$$

La carga que corresponde a este análisis también se considerará puntual y esta actuara en el medio del perfil como se indica en la figura 3.19 ya que es ahí donde sería el punto más crítico.

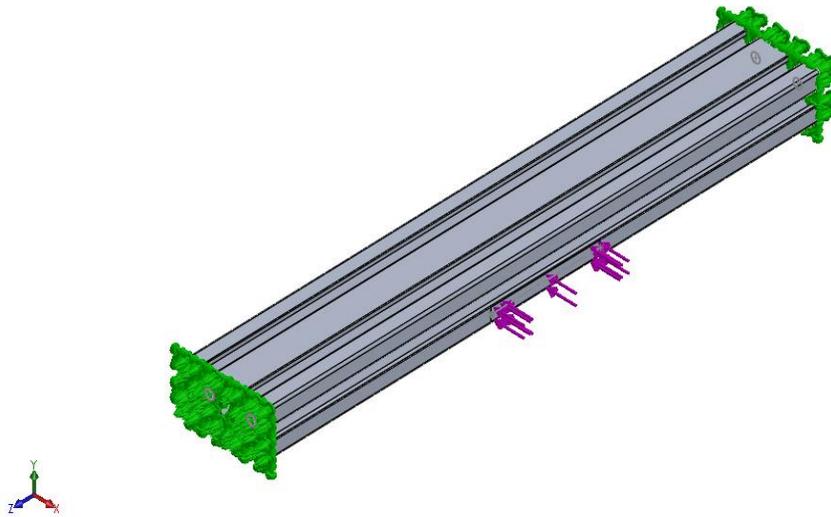


Figura 3.19 Análisis de esfuerzos en Solidworks

Es necesario tomar en cuenta que la carga se distribuye para los dos perfiles que componen el mecanismo por lo que cada perfil esta puede ver que se realizara un estudio con el material de aleación de aluminio cuyos resultados se muestran en la figura 3.20.

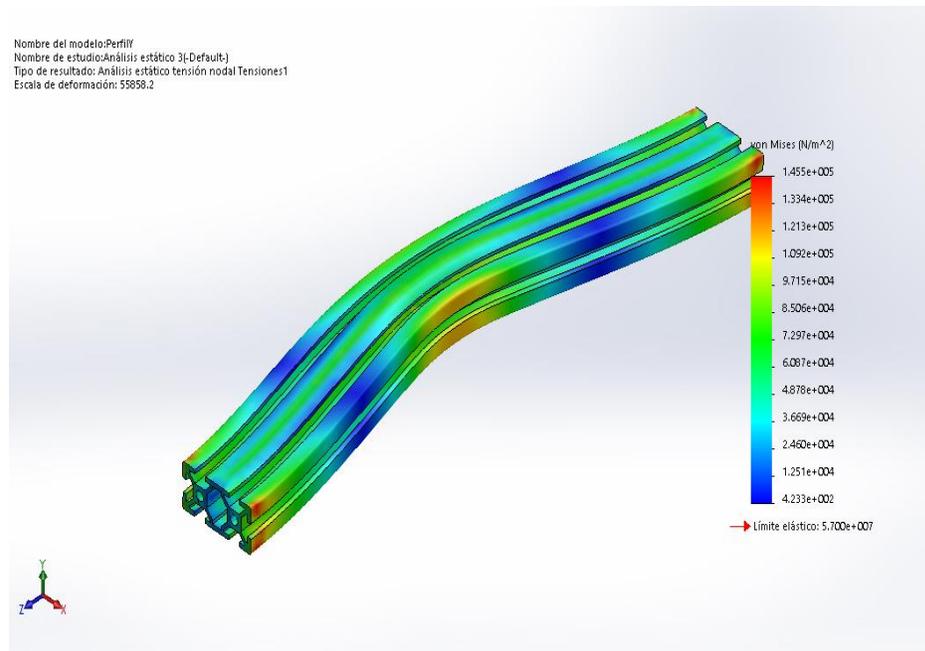


Figura 3.20 Estudio realizado de perfil aluminio.

La deformación resultante máxima $1.455e+005 \text{ N/m}^2$, lo cual en todo el perfil no supera este valor de Von Mises por lo que no existen valores críticos siendo que el sistema es viable y no tendrá problemas en su funcionamiento.

Con el análisis se descarta que pueda tener fallas el material.

Posteriormente podemos calcular el esfuerzo de Von Mises según:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

(SHIGLEY, 2002)

Dónde:

σ Esfuerzo a Flexión

M Momento Flector

c Distancia del eje neutro a la fibra a analizar

I Inercia

Para garantizar que el esfuerzo sea menor que el límite de fluencia del material se incluye un factor de seguridad de 3 con eso garantizaremos que el perfil no sea robusto eh incluso evitando gastos en materiales con más duros y costosos.

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{n}$$

(SHIGLEY, 2002)

Considerando que se trata de un elemento con sección estructural complicada, tenemos la el valor de la inercia obtenida de catálogo ver anexo B1.

$$I = 5.1 \text{ cm}^4$$

El análisis debemos orientar del centro del perfil al extreme por lo tanto la distancia c será igual que la distancia a.

$$c = \frac{d}{2}$$

(SHIGLEY, 2002)

El largo de perfil es de 40 mm y según la ecuación anterior.

$$c = 20\text{mm}$$

Tabla 14 Características de material

Material	Aleación de aluminio T6
Límite a la fluencia	169 Mpa
longitud	300 mm
Factor de seguridad	3

Considerando el factor de seguridad de 3 ya que el perfil no está soportando altas cargas y solo me funciona como guía para que el mecanismo de transmisión se desplace.

Por lo tanto:

$$\sigma_{adm} = \frac{169 \text{ MPa}}{3}$$

$$\sigma_{adm} = 56.33 \text{ MPa}$$

Para calcular el momento que ejerce en el perfil se realiza través de la fórmula:

$$M = F * d$$

(SHIGLEY, 2002)

$$M = 7.84 \text{ N} * 150 \text{ mm}$$

$$M = 1176 \text{ Nmm}$$

Por lo tanto el esfuerzo es:

$$\sigma = \frac{1176 \text{ Nmm} * 20 \text{ mm}}{51000 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma = 0.46 \text{ Nmm}^2$$

$$\sigma = 0.46 \text{ MPa}$$

Los valores cálculos muestran que sigue siendo bajo los esfuerzos para puedan afectar al perfil de aluminio.

El esfuerzo calculado no supera a los admisibles según la siguiente comparación:

$$\sigma \leq \sigma_{adm}$$

$$0.46 \text{ MPa} \leq 56.33 \text{ MPa}$$

El estudio nos indica que se descarta que el material pueda tener falla y de que puede cumplir muy bien el trabajo designado.

3.9. SELECCIÓN DE LOS MOTORES DE LOS EJES X Y Y

Para determinar la potencia de los motores se analizara los ejes X y Y, el eje Y debe realizar el movimiento con los pesos de los elementos que lo componen más el eje X, este será que más torque deberá realizar.

Para el análisis del motor en el eje Y se toma la masa de todos los componentes, la cual se puede ven en la tabla 13, el motor debe ser capaz de mover el peso de 16 N.

Ecuación de torque:

$$\tau = F * r$$

Ecuación 18 (SHIGLEY, 2002)

Dónde:

F: La fuerza requerida para que el motor el mecanismo de transmisión

r: El radio de la polea dentada.

La carga se distribuye en el eje Y en dos puntos por lo cual cada punto tendría 8 N.

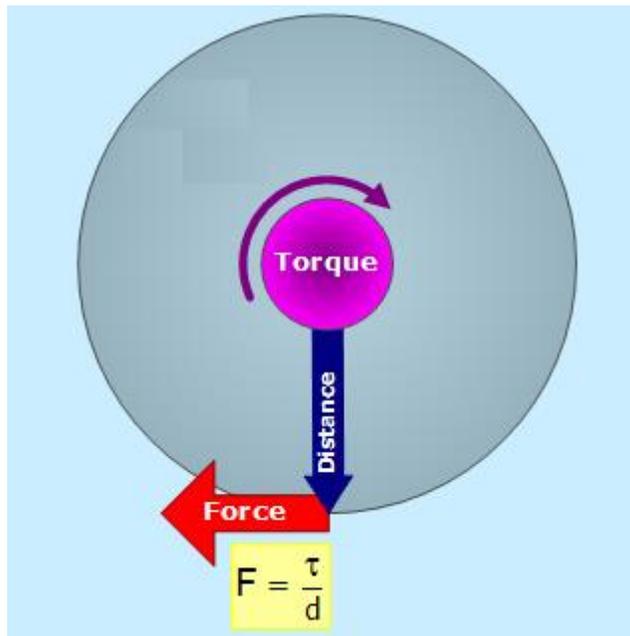


Figura 3.21 Representación gráfica de torque.

$$\tau = 8N * 5mm$$

$$\tau = 40Nmm$$

$$\tau = 0.04 Nm$$

Con el torque calculado se elige por catálogo un motor nema 17 (ver ANEXO B4) que es adecuado para nuestro mecanismo.

Para eje X tiene el mismo trabajo pero su carga es menor por lo cual el motor elegido para el eje Y puede cumplir el mismo trabajo sin problema¹⁶.

3.10. Selección De Transmisión Mecánica.

Según los parámetros de diseño establecidos, se analiza las Secciones 2.3.4.1 determinando que la transmisión flexible por correas es la opción que mejor se adapta a los requerimientos del prototipo. Para evitar el deslizamiento en la transmisión se empleará la banda sincrónica en configuración Lineal Omega.

La transmisión se lo realizara analizando y considerando como caso crítico el sistema de transmisión del eje debido a que su actuador eléctrico tiene el mayor par del sistema. Para este sistema se ha seleccionado una transmisión por correa dentada anclada a los ejes accionados mediante una polea motriz y dos tornillos tensores fijos en los carros de movimientos de la máquina.

3.10.1. Selección Del Perfil De Correa Dentada Y Diámetro De La Polea.

Realizando una revisión del Anexo B2, pudimos determinar el perfil dela correa dentada ideal del motor elegida (ver Anexo B4), para posteriormente buscar el diámetro adecuado de paso estándar, de acuerdo para la polea conductora.

¹⁶ <https://www.automationdirect.com/static/manuals/surestepmanualsp/surestepmanualsp.pdf>

Para movimiento deseado elegimos realizar la selección de un perfil de correa T2.5, cual se puede determinar un paso estándar para la polea conductora, refiriéndose al Anexo B5.

$$z = 16$$

$$d_p = 2.5\text{mm}$$

3.10.2. Calculo De La Fuerza Periférica.

Posteriormente se tendrá que calcular la fuerza periférica generada por la polea según al torque del motor y su diámetro de paso.

Según la ecuación 1

$$F_u = \frac{2000 * T_q}{d_p}$$

Se conoce que:

$$T_q = 0.04 \text{ N} * \text{m}$$

$$d_p = 2.5 \text{ mm}$$

$$F_u = \frac{2000 * 0.04}{2.5}$$

$$F_u = 32 \text{ N}$$

3.10.3. Determinación del ancho de la correa.

Consecutivamente una vez obtenido la fuerza periférica lo siguiente será obtener el ancho de la correa. Para determinar el valor nos basamos en la Ec. 1.3. Es necesario tomar un factor de seguridad C_s de 1.0 este valor depende que las correas dentadas operan bajo una carga regular. (Ver Anexo B7)

Refiriéndose al Anexo B8, se puede encontrar la fuerza compartida por diente. La velocidad de corte del láser es 50mm/s (ver sección 2.7.1.1.1) que transformándolo da aproximado 100 RPM

$$F_{\text{spec}} = 7.9 \text{ N/cm}$$

Para el cálculo de número de dientes engranados en la polea conductora, se utilizara la Ecuación 4, por lo tanto, $Z=16$ para la polea conductora, y un ángulo de contacto de 180° se obtiene.

$$Z_m = 16 * \frac{180}{360}$$

$$Z_m = 8$$

Una vez obtenido el número de dientes engranados en la polea conductora, y los datos necesarios, se procede a determinar el ancho de la correa utilizando la Ecuación 3.

$$b = \frac{32 * 1.0 * 10}{7.9 * 8}$$

$$b = 5.06 \text{ mm}$$

Posteriormente se procederá a buscar la correa de banda de ancho aproximando al inmediato superior 6mm.

3.11. Diseño De Eje De Trasmisión.

Se utilizara un procedimiento de cálculo sencillo que implica el uso de teoría de esfuerzo cortante. El eje trasmitirá un torque 0.04 Nm.

El material seleccionado es el acero inoxidable 304 que posee una tensión a la fluencia 276MPa (SHIGLEY, 2002), por la características que se soporta gran impacto, por si dureza, se seleccionara un eje de 265 mm de longitud y de un diámetro 4.8mm que deberá trasmitir sin dificultad el torque.

$$\tau = \frac{16 * T}{\pi * d^3}$$

Ecuación 19 (SHIGLEY, 2002)

Dónde:

T torsión

d diámetro de eje.

$$\tau = \frac{16 * 0.04}{\pi * (4.8 \times 10^{-3})^3}$$

$$\tau = 1.84 \text{MPa}$$

Donde la atención a la fluencia:

$$\tau_{\max} = \frac{S_y}{2n}$$

Ecuación 20 (SHIGLEY, 2002)

$$\tau_{\max} = \frac{S_y}{2n}$$

$$1.84 \text{MPa} < 46 \text{Mpa}$$

El material no sufrirá fallas ya que el tipo de material seleccionado es idóneo para que cumpla el trabajo seleccionado.

3.12. Diseño Y Selección Del Sistema De Control De La Cortadora CNC Laser

El objetivo principal de la cortadora CNC láser es cortar fómix pero también se ha diseñado para cortar materiales blandos como papel, cuero delgado. Se ha realizado una adaptación o una mejora para que la máquina realice gradado en otro tipo de materiales como son: madera, bambú, plástico, papel, cuero grueso, tarjeta bancaria, caucho. Para que la máquina tenga un buen funcionamiento se ha diseñado y seleccionado todos los componentes, tomando en cuenta que los elementos de control son los motores a pasos y

el sistema láser. Para los motores se podrá controlar el desplazamiento, aceleración y velocidad, en el sistema láser se controlara la potencia para que puede realizar el grabado o el corte dependiente del material y aplicación seleccionado por el operador.

En la figura 3.22, se indica el esquema funcional de la cortadora CNC Láser, está diseñado para que el usuario realice un dibujo CAD, se procede mediante el mecanizado CAM y el controlador, para mediante el láser proceder a realizar la aplicación deseada.

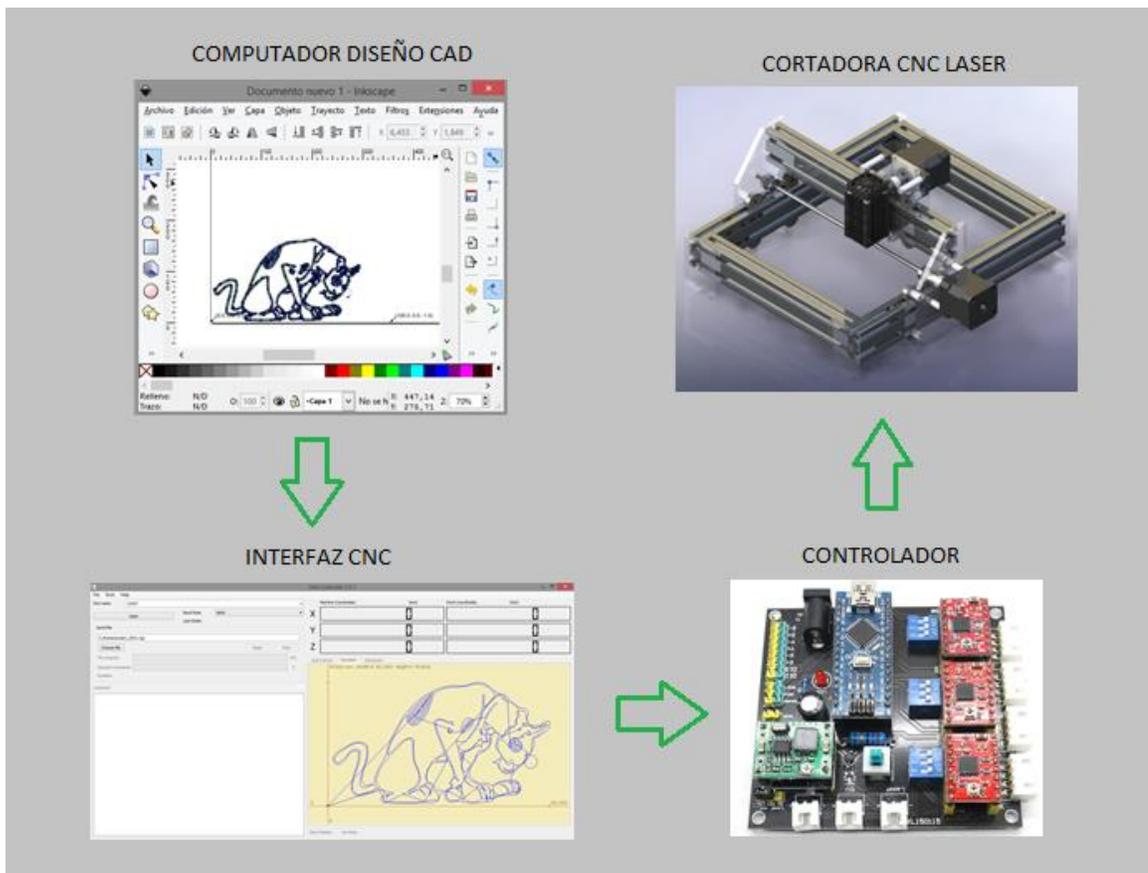


Figura 3.22 Esquema Funcional de la Cortadora CNC Láser

3.12.1. Parámetros de Diseño.

El sistema de control de la cortadora CNC Láser está constituido de los siguientes elementos.

a) Sistema electrónico de control.

Este sistema cuenta con los drivers para los motores a pasos y la tarjeta de control.

b) Sistema eléctrico de control.

Está constituido por la fuente de alimentación para el láser, tarjeta de control, motores a pasos bipolares, elementos eléctricos de control, y cable de conexión.

c) Software de Control

El software está diseñado para permitir movimientos automáticos y manuales de la cortadora CNC Láser, usando el computador como herramienta de comunicación.

d) Comunicación

La comunicación del software y el controlador es bidireccional para que pueda enviar y recibir datos.

3.13. Selección de los elementos del sistema electrónico de control

En la figura 3.23, se puede visualizar el diagrama de bloques, donde se indica que el sistema de control de la cortadora CNC Láser va a ser control lazo abierto, por lo que es necesario utilizar una tarjeta de control Arduino Nano, con la cual se va a poder comunicar con el ordenador, esta tarjeta de control se conecta con los drivers de los motores X, Y; estos drivers controlan el paso y la dirección, también la tarjeta Arduino envía datos para poder controlar el Láser.

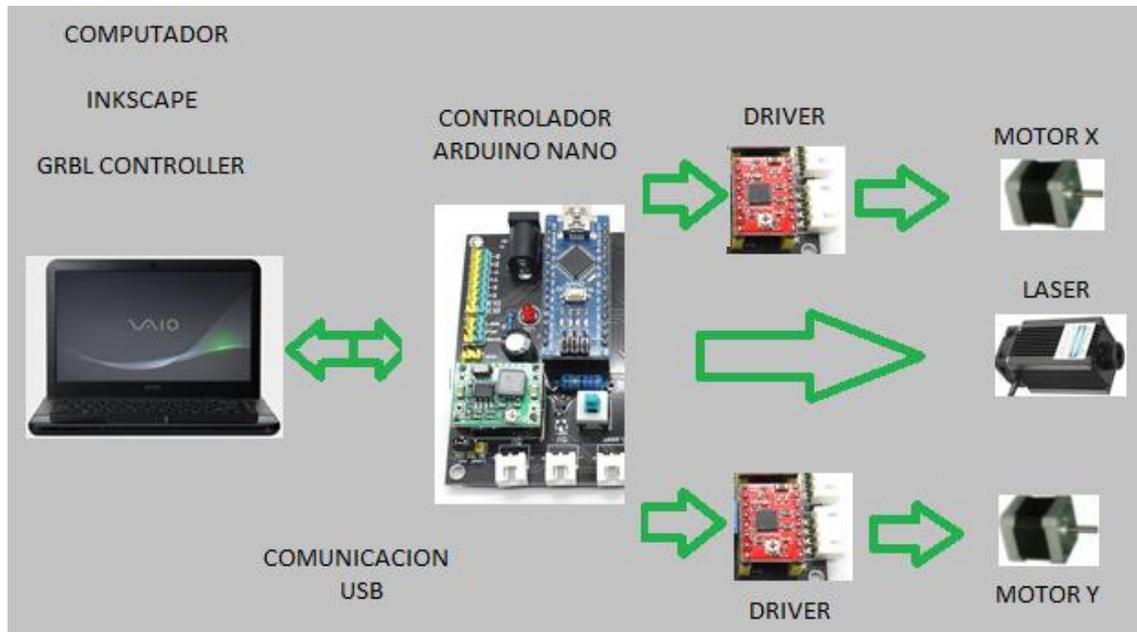


Figura 3.23 Diagrama de Bloques Tarjeta de Control

3.13.1. Procesador de señal digital

Para el control de la cortadora CNC Láser existen varios tipos de tarjetas electrónicas como la MUX TB6560, DIY 8000 1118348, que cumplen con todos los parámetros de funcionamiento y con un costo muy asequible para nuestra economía.

En la tabla 15, se muestran las características de las dos tipos de tarjetas antes mencionadas.

Tabla 15 Características de las diferentes tarjetas de control

Características	MUX TB6560	SHENHUI MS10105	DIY 8000 1118348
Comunicación	Puerto Paralelo	Puerto USB	Puerto USB
Software compatible	mach3, kcam4, EMC2	Moshidraw 2012	Grbl Controller
Ejes de control para coordenadas	X,Y,Z	X,Y	X,Y,Z

CONTINUA

Sistema de refrigeración	SI	NO	NO
Control láser	SI	SI	SI
Aplicación	CORTE, GRABADO	CORTE	CORTE, GRABADO
Económico	NO	SI	SI

a) Descripción de la tarjeta MS10105 de Shenhui

Dicha tarjeta descrita a continuación tiene las funciones de controlar 2 motores, la comunicación con el ordenador es mediante el puerto USB, no contiene relés de control y contiene un puerto de control láser.

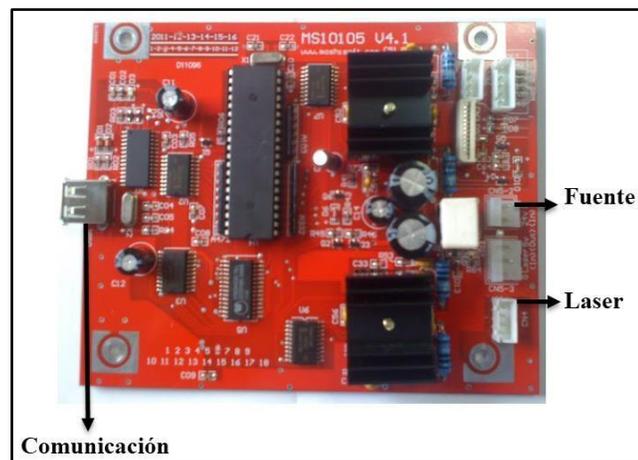


Figura 3.24 Tarjeta de control MS10105: (LASERCORTE, 2015)

La tarjeta MS10105 permite el control de 2 motores a pasos, es compatible con el software MATCH 3, la comunicación a la PC es mediante el puerto USB.

b) Descripción de la tarjeta MUX TB650

La tarjeta descrita en la figura 3.25 posee la función de conectar 4 motores, la comunicación con el ordenador es mediante puerto serial, como se puede observar contiene relés y un ventilador de refrigeración, además de puertos para colocar el láser y otros dispositivos como pulsadores.

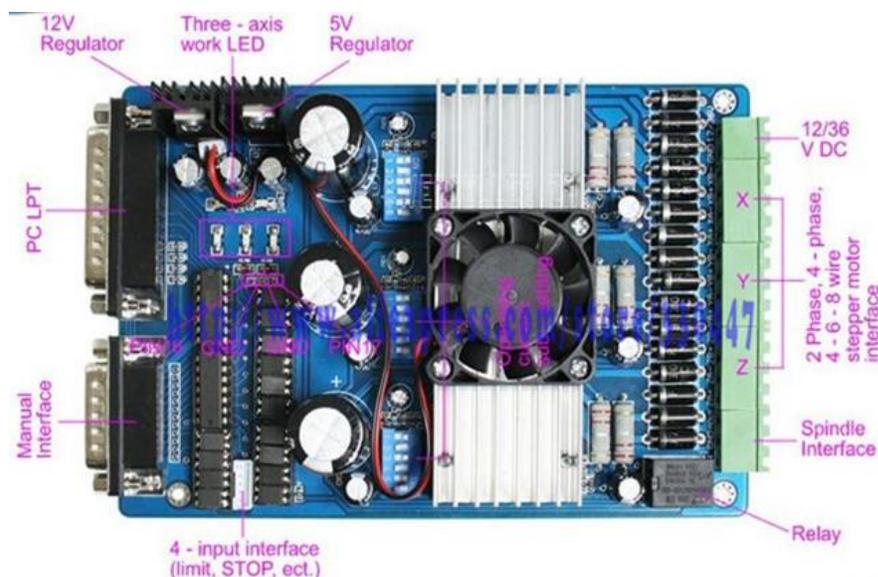


Figura 3.25 Tarjeta Mux TB650: (Aliexpress, 2015)

En la figura 3.25 se muestra la parte superior de la tarjeta MUX TB650 de Toshiba la cual consta de una entrada serial para conexión con el ordenador, como se puede observar tiene un ventilador y disipadores de calor que son el sistema de refrigeración, contiene entradas para conexión del Láser y otros dispositivos como pulsadores.

c) Descripción de la tarjeta DIY 8000 1118348

La tarjeta descrita permite el control de hasta 2 ejes al mismo tiempo en un solo movimiento, se comunica mediante puerto USB a la computadora, no contienen relés de control, tiene asociado un puerto directo para conexión al Láser y contiene un puerto de conexión para el ventilador asociado al Láser.

En la figura 3.26 se muestra todos los puertos de entrada y conexión de la Tarjeta, contiene una placa de programación Arduino Nano para el control de los drivers de los motores a pasos, puerto conexión del láser con su respectivo ventilador de refrigeración, mantiene una conexión USB con el Ordenador.

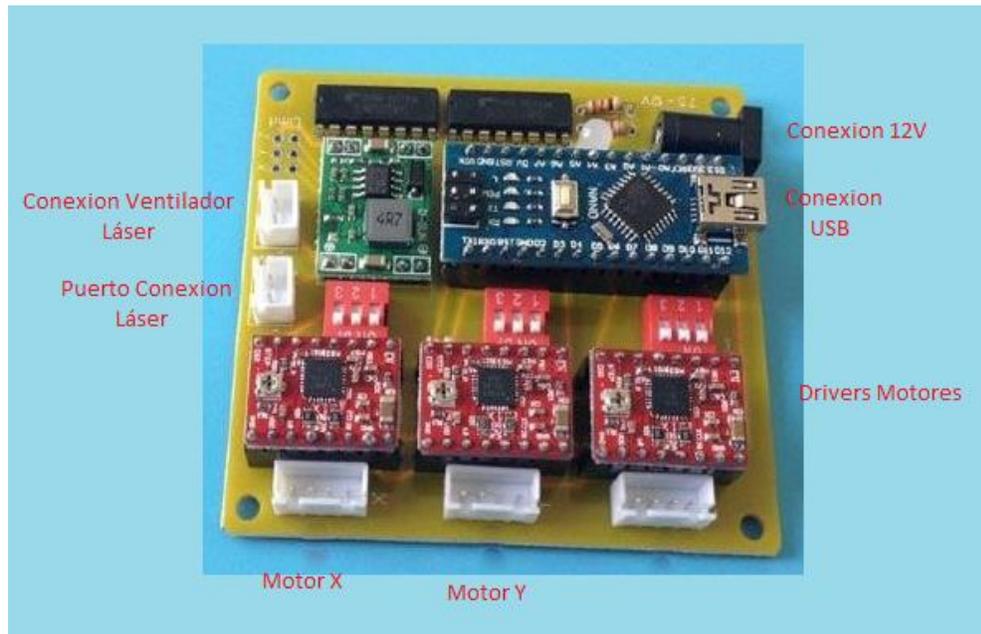


Figura 3.26 Tarjeta DIY 8000 1118348: (Arduino, 2015)

Se escoge la tarjeta DIY 8000 serie 1118348 para el control de los ejes, se justifica la selección de esta tarjeta en base a varios beneficios como: gobernar a los motores X Y, controlar el láser, salida de comunicación para el sistema de refrigeración, la forma de comunicación con el ordenador y la parte económica que la hace más asequible al resto de tarjetas antes mencionadas.

3.13.2. Driver de control para motor a pasos

Para el control de los motores a pasos existen diversas tarjetas, para lo cual se escoge el controlador driver A4988, se justifica esta selección debido a la accesibilidad en el mercado, su costo es razonable y se complementa con la tarjeta DIY 8000 que se escogió en la sección 3.13.1 literal c.

a) Driver A4988

Este tipo de drivers incorpora el chip de Allegro A4988ET de fácil conexión y utilización. Es usado como controlador de motores paso a paso de hasta 2 A de corriente por bobina y soporta una temperatura de hasta 120 °C.

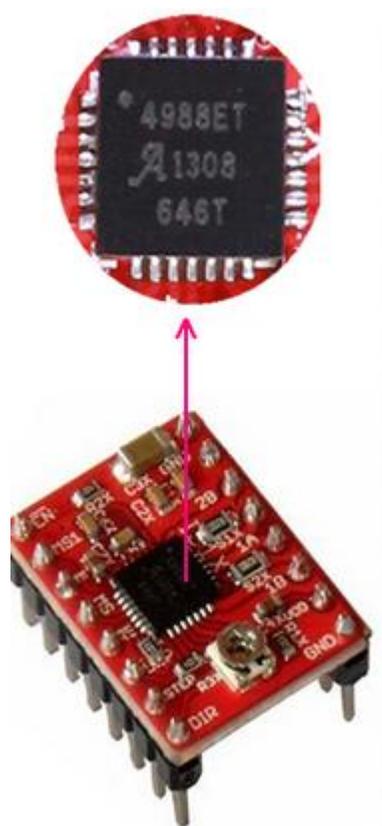


Figura 3.27 Driver A4988ET (SAINSMART, 2015)

Características

Se puede configurar dependiendo el paso que se desee, puede ser paso completo, medio paso, un cuarto de paso, un octavo de paso, y un dieciseisavo de paso.

Se puede configurar la corriente mediante un potenciómetro hasta llegar a la corriente máxima, esto permite utilizar tensiones superiores a la tensión nominal del motor paso a paso para lograr mayores tasas de paso.

Posee una protección por sobrecalentamiento térmico, cierre por baja tensión, y protección por sobre picó de corriente.

En la figura 3.28 se muestra el esquema de conexión entre el Arduino nano y el driver A4988.

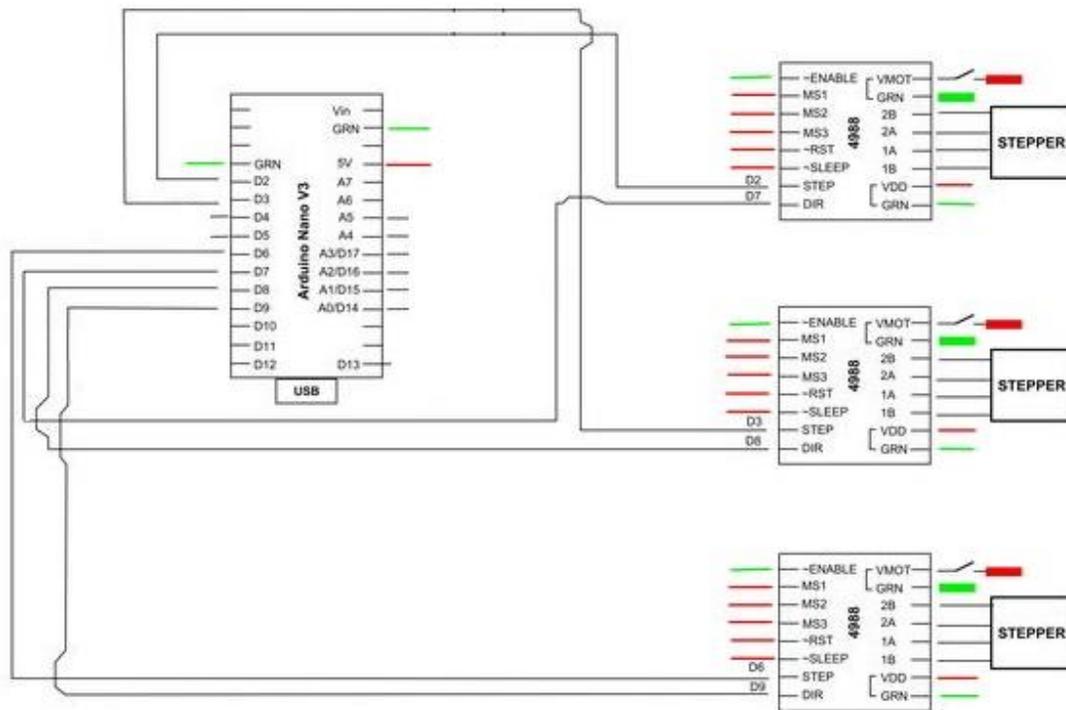


Figura 3.28 Conexión Arduino Nano con el Driver A4988

3.13.3. Actuadores (Motor a Pasos Bipolar)

Para la selección del motor a pasos se tomó en cuenta los cálculos realizados en la parte mecánica, donde se obtuvo un torque de motor 0.04 Nm (sección 3.8), por lo cual se optó por un motor a pasos bipolar NEMA 17, se justifica esta decisión porque tiene una excelente respuesta al arranque, reversa y parada. En el ANEXO B4 se adjunta los datos y configuración del motor.

Tabla 16 Especificación del motor a pasos Nema 17

Especificación del motor a pasos	
Numero de articulo	M-17 13-1.5
Voltaje	12 V
Torque de eje	1.7 oz-in
	1.2 N-cm
Inercia del motor	0.000538 oz-in-sec ²
	0.038 kg-cm ²
Corriente por fase	2 A
Angulo de paso	1.8°
RPM máxima velocidad	200 Rpm
Peso	210 gramos



Figura 3.29 Motor Nema 17: (CNC, 2015)

3.13.4. Láser Azul-Violeta de 500mW

Este tipo de dispositivos está diseñado para cortadores y grabadores láser, en el mercado existen varios tipos de láser pero como nuestra aplicación no necesita mucha potencia de laser se escogió el de 500 mW, que es lo suficientemente potente para cortar fomix que es la aplicación principal de la máquina, pero también puede cortar y grabar otro tipo de materiales como es el papel, plástico, cartón, madera, puede desplazarse según las necesidades del usuario, tiene una precisión de 0.1 mm, trabajo con una alimentación de 12V/2A y trabaja a una velocidad máxima de 50 mm/s.



Figura 3.30 Láser Azul – Violeta: (Makeblock, 2015)

3.14. Parámetros De Diseño Y Selección Del Software De Control.

Para el uso de la cortadora CNC Láser se debe utilizar un software de control con las siguientes características:

- Debe ser compatible con la tarjeta de control.
- Debe ser compatible con el sistema operativo del ordenador.
- Debe permitir el control de velocidad y aceleración de los motores.
- Debe permitir el uso automático y manual de la cortadora CNC Láser.

En el mercado existen varios tipos de software para el control de máquinas CNC como las siguientes:

- GRBL controller
- Lásercad
- GRemote
- Engrave G-Code

Para controlar de una manera más óptima se escoge el software **GRBL controller**, por ser un paquete informático gratuito y recomendado por el fabricante de la tarjeta de control, los otros softwares mencionados también otorgan una comunicación pero no es el software recomendado para el control del sistema.

3.14.1. Descripción de la pantalla del software GRBL Controller.

La pantalla de control del software contiene las siguientes opciones descritas a continuación:

3.14.1.1. Nombre del puerto

Este campo sirve para escoger el puerto donde está conectada nuestra máquina, la forma más fácil de saberlo es mirar la lista antes de enchufar el conector USB, el elemento que es nuevo es el puerto COM deseado.

3.14.1.2. Abrir - Cerrar / Reset

Al oprimir abrir el puerto COM restablecerá al software Grbl y establecer coordenadas de 0, 0, 0. Se verá un mensaje desde Grbl donde aparece en la ventana de estado por algunos segundos después de presionar este botón.

Cerrando el puerto COM tiene el efecto de detener la última operación en el software Grbl. No es un sustituto de una parada de emergencia adecuado, pero es una buena manera de detener rápidamente una acción.

3.14.1.3. Elija El Archivo

Abre un cuadro de diálogo de selección de archivos tipo (.nc, .ngc), En la mayoría de los sistemas se puede elegir un archivo mientras se está abriendo el puerto COM (para ahorrar algo de tiempo).

3.14.1.4. Comenzar

Con esta opción arranca la ejecución del programa, luego de haber antes escogido el archivo y el puerto de control.

3.14.1.5. Deténgase

Al presionar esta opción el programa realizara la detención del código antes ejecutado, ya sea porque se está ejecutando mal el código o algún error generado.

3.14.1.6. Barra de progreso y Runtime

La barra de progreso muestra un porcentaje de las líneas enviadas desde el archivo. La pantalla de tiempo de ejecución muestra una pantalla en tiempo real del número de horas, minutos y segundos que el archivo ha estado en el proceso de ser enviado. El tiempo de ejecución se detendrá cuando el archivo ha sido completamente enviado, mostrando así el tiempo que tomó en realizar el corte o grabado.

3.14.1.7. Trabajo Coordenadas Manualmente

Las coordenadas de la máquina son X, Y, Z coordenadas que se hace referencia desde el punto de abrir el puerto COM al Grbl. Las coordenadas de la máquina son principalmente útiles para la recalada.

Las coordenadas de trabajo son las X, Y, Z coordenadas que pueden reiniciarse de nuevo a 0 si se desea y todos los comandos harán referencia a las nuevas coordenadas de trabajo.

3.14.1.8. Cero Posición

Simplemente reinicia el trabajo coordina a 0, pero se utiliza con frecuencia para restablecer el funcionamiento de una nueva base de coordenadas, como por ejemplo después de alinear el eje / poco más de lo que se considera la posición 0,0,0 en la pieza de trabajo.

3.14.1.9. Ir a Home

Después de ejecutar un archivo, este se utiliza para mover el eje hacia arriba y sobre la pieza de trabajo hacia atrás sobre $X = 0$ e $Y = 0$.

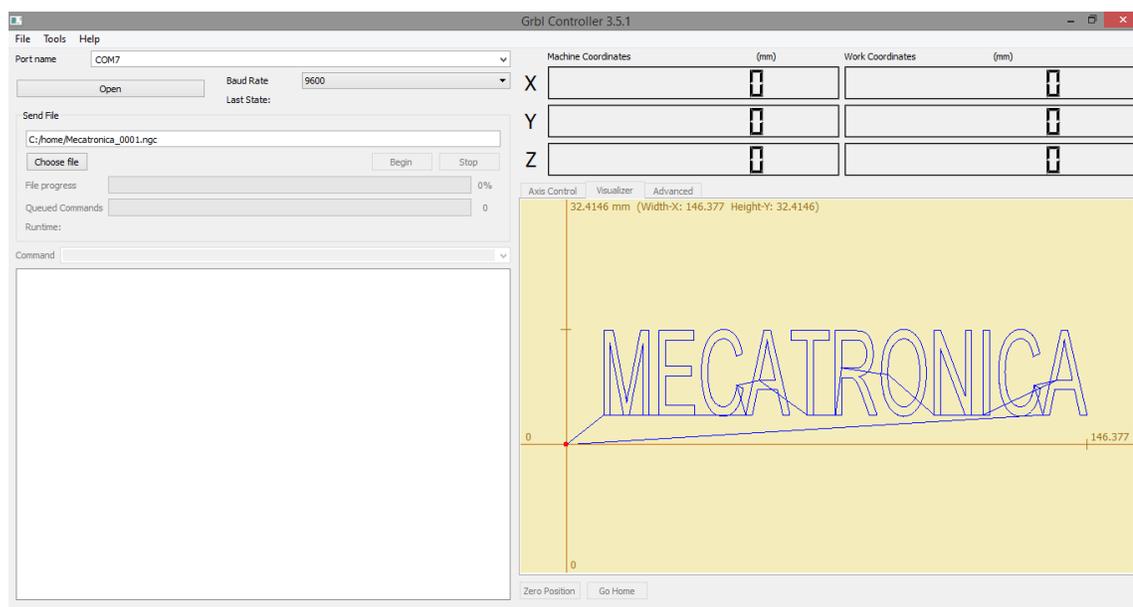


Figura 3.31 Pantalla Software GRBL

3.14.2. Descripción del software Inkscape

“Inkscape es un editor de gráficos vectoriales de código abierto, con capacidades similares a Illustrator, Freehand, CorelDraw o Xara X, usando el estándar de la W3C: el formato de archivo Scalable Vector Graphics (SVG). Las características soportadas incluyen: formas, trazos, texto, marcadores, clones, mezclas de canales alfa, transformaciones, gradientes, patrones y agrupamientos. Inkscape también soporta metadatos Creative Commons, edición de nodos, capas, operaciones complejas con trazos,

vectorización de archivos gráficos, texto en trazos, alineación de textos, edición de XML directo y mucho más. Puede importar formatos como Postscript, EPS, JPEG, PNG, y TIFF y exporta PNG así como muchos formatos basados en vectores."¹⁷

Inkscape es un editor de gráficos vectorial multiplataforma, con varias funciones que lo hacen una herramienta muy potente y con licencia gratuita para todo tipo de plataformas.

Ahora se va a conocer un poco más sobre su interfaz, para poder manejarlo de una mejor manera.

En la figura 3.32, se muestra la interfaz del programa Inkscape que consta de los siguientes elementos:

1. Barra de menús
2. Barra de Comandos
3. Barra de Controles
4. Reglas y Guías
5. Caja de Herramientas
6. Barra de Ajustes
7. Paleta de Colores
8. Barra de Status
9. Zoom
10. Área de Trabajo

¹⁷ (DESDELINUX, 2015)

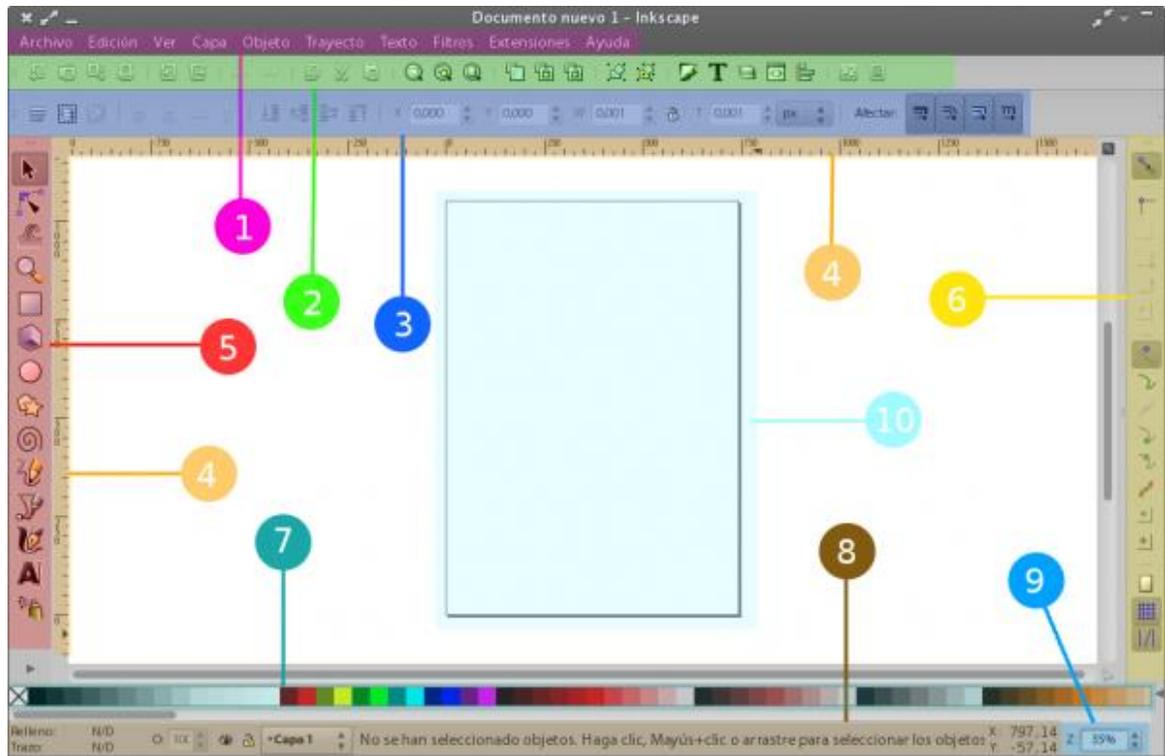


Figura 3.32 Interfaz Inkscape: (DESDELINUX, 2015)

Si el usuario desea se puede agregar o quitar barras de herramientas, se va Archivo>Preferencias de Inkscape>Interfaz. Ahí se puede agregar o quitar herramientas.

3.14.2.1. Barra de Menús y de Comandos

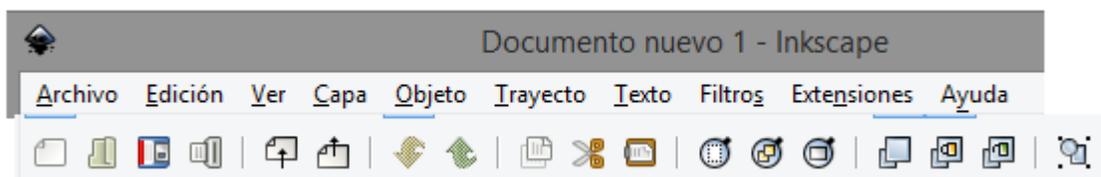


Figura 3.33 Barras de menús y comandos

El barra de menú al igual que otras aplicaciones de interfaz gráfica contienen funciones básicas como es Archivo, Edición, Ver, etc... asimismo posee menús de diseño y dibujo esenciales para su aplicación.

La barra de comandos se encuentra debajo de la barra de menús, contiene accesos directos de comandos más utilizados por el usuario como son Abrir, Guardar, Nuevo,

Deshacer, Rehacer, entre otros, también contiene comandos que pueden ser necesarios para el reajuste de las figuras como son: Cortar y Pegar.

3.14.2.2. Caja de Herramientas

La barra o caja de herramientas se encuentra ubicada en el extremo izquierdo de la pantalla como se muestra en la figura 3.34, a continuación en la figura 3.32, se describe las funciones principales de cada una de las herramientas necesarias para crear objetos y dibujos.

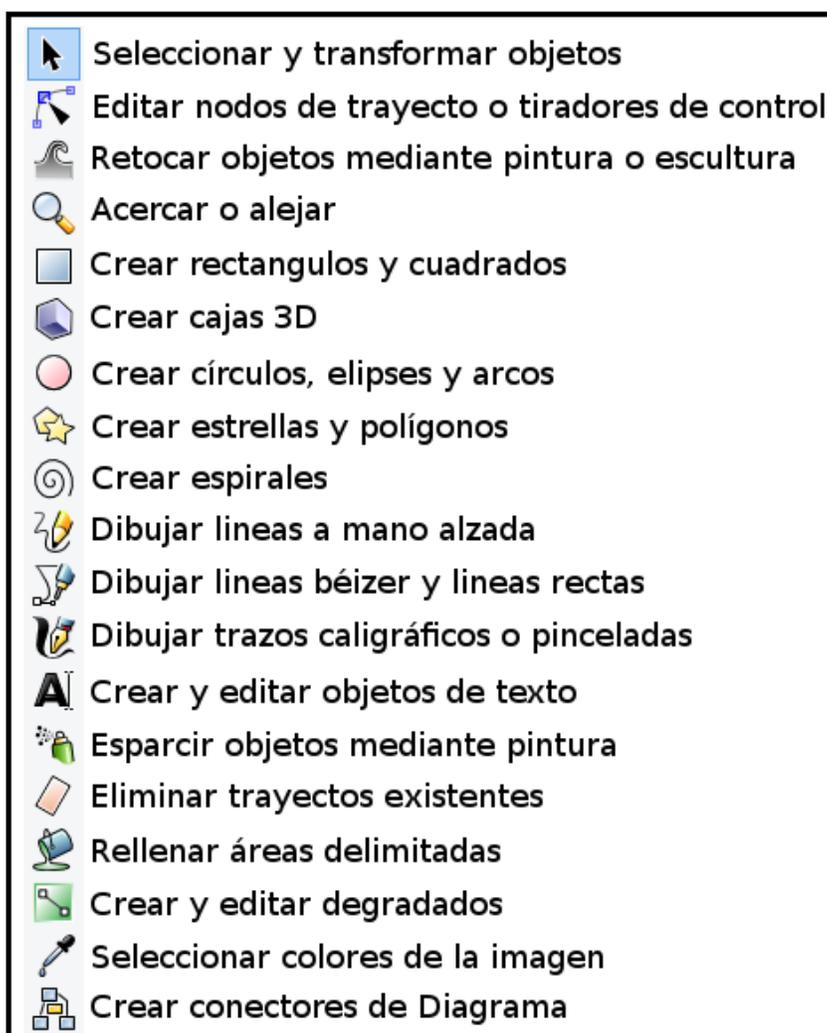


Figura 3.34 Caja de herramientas

3.14.2.3. Barra de controles



Figura 3.35 Barra de controles

Esta barra se encuentra ubicada al costado derecho de la pantalla, tiene varias herramientas que son capaces de manipular el objeto, como es rotar, seleccionar todo y una solo parte de la imagen entre otras herramientas.

3.14.2.4. Área de Trabajo

El área de trabajo es la parte más importante de la interfaz, es donde el operario o usuario crea la imagen a ser cortada, por defecto cuando se abre el programa Inkscape el tamaño de la hoja es A4 pero esto se puede modificar a cualquier tamaño digiriéndonos con los siguientes pasos: Archivo> Propiedades del Documento, ahí es donde el usuario podre configurar el tamaño de hoja que desee pero se debe tomar en cuenta el área de corte o grabado máximo de (17 X 20 cm).

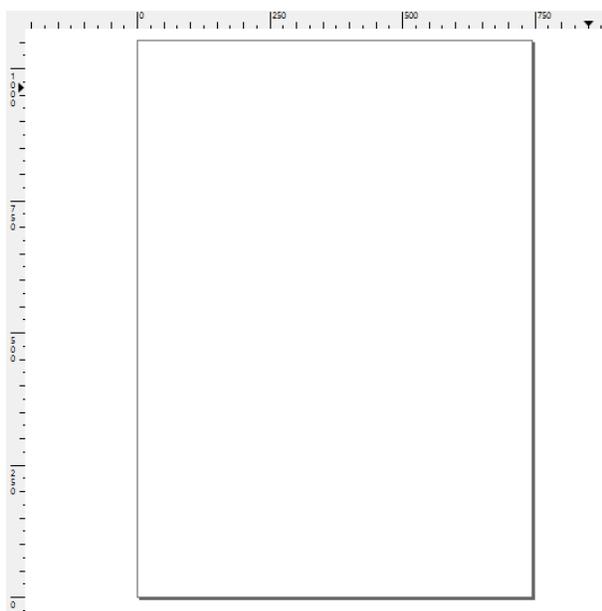


Figura 3.36 Área de Trabajo

3.14.2.8. Paleta de colores

La paleta de color nos ayuda de una manera rápida a colocar colores a formas y objetos, está ubicada en la parte inferior de la pantalla, la paleta de color se puede utilizar en conjunto con la herramienta Trazo, Pincel, Lápiz.

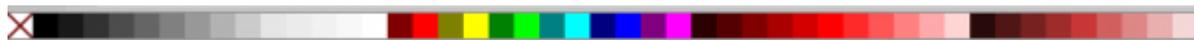


Figura 3.39 Paleta de Colores

3.14.2.9. Barra de estado

La barra de estado se encuentra en la parte inferior de la pantalla y está compuesta de indicadores de color de objeto, selector de capas, notificaciones, indicador de coordenadas X e Y del puntero y el factor de Zoom de la ventana.

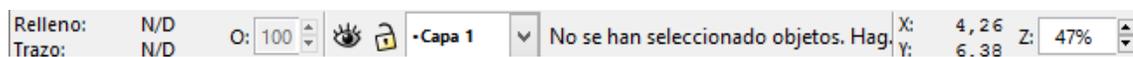


Figura 3.40 Barra de Estado

3.15. Proceso de corte CNC.

En la figura 3.41, se puede observar las diferentes etapas a seguir durante el proceso de corte o grabado, donde se realiza la configuración previa de la máquina y se finaliza con la comprobación del producto.

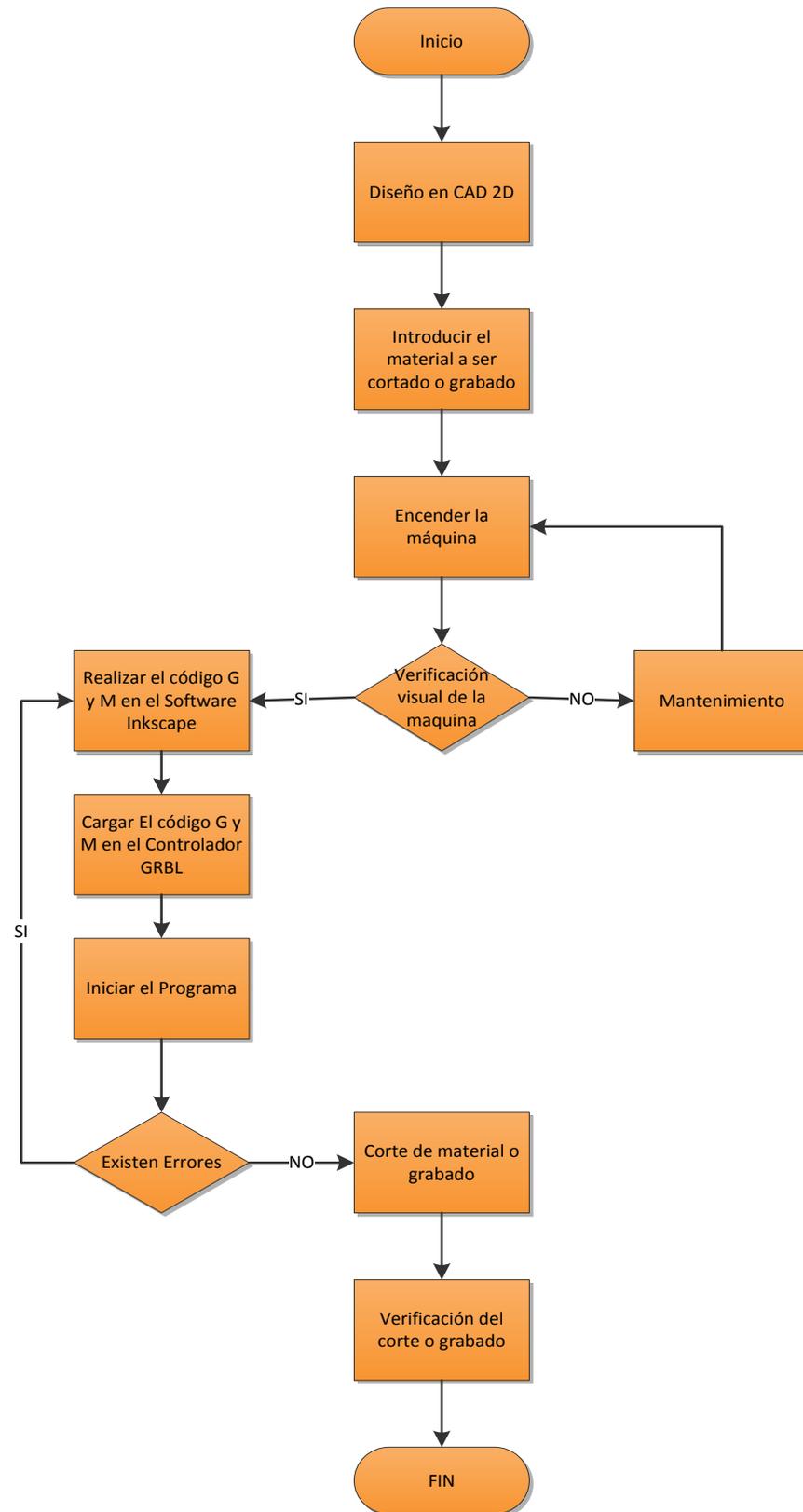


Figura 3.41 Diagrama de Flujo del proceso de Corte O grabado CNC Láser

3.16. Descripción del Sistema de comunicación.

Para la comunicación entre el sistema electrónico y el computador se debe tener una interfaz de comunicación bidireccional, donde nos permita el envío de datos de entrada y salida.

La comunicación USB o Bus Universal en Serie puede proporcionar fuente de alimentación a los dispositivos con los que se conecta, con un límite máximo de 15 V por dispositivo. Para poder hacerlo, utiliza un cable que consta de cuatro hilos (la alimentación del BUS, dos hilos de datos llamados D- y D+, la conexión a tierra GND). En la figura 3.42 se puede observar el tipo de comunicación USB.

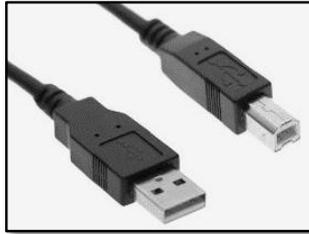


Figura 3.42 Comunicación USB

CAPITULO 4

IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.

4.1. Ensamble y Construcción.

Una vez concluido el diseño se detallara procedimiento para la implementación de la cortadora CNC Laser.

Primero se realizara los cortes del perfil seleccionado mencionado en la sección 3.3 con las medidas respectivas según la tabla 10 y 11. En la figura 4.1 siguiente se mostrará el perfil cortado.



Figura 4.1 Perfil de aleación aluminio T6 para eje X

Una vez cortados los perfiles se les limara el exceso de limallas que quedan en el borde por efecto del corte, y se les colocara una ranura tipo L con prisionero. Como se puede observar en la figura 4.2



Figura 4.2 Perfil con ranura tipo L para unión de ejes.

Se realizará la colocación de la tuerca de cabeza martillo para los perfiles de surco de 6mm en los perfiles de longitud de 300mm con su respectiva banda T2.5. Se repetirá el mismo procedimiento para el eje X de longitud de 260mm. En la figura 4.3, se muestra la colocación de la turca con la banda dentada en el surco del perfil.



Figura 4.3 Tornillo de cabeza tornillo con banda dentada T2.5

Se fija los apoyos de acrílicos en los perfiles del eje Y como se muestra en la figura 4.4. Se utilizara un tornillo M6



Figura 4.4 Soporte de acrílico fijo en perfil

Se unirá los perfiles formando una base rectangular como se ve en la figura 4.5. Se realizara el ajuste de las ranuras con un hexagonal.

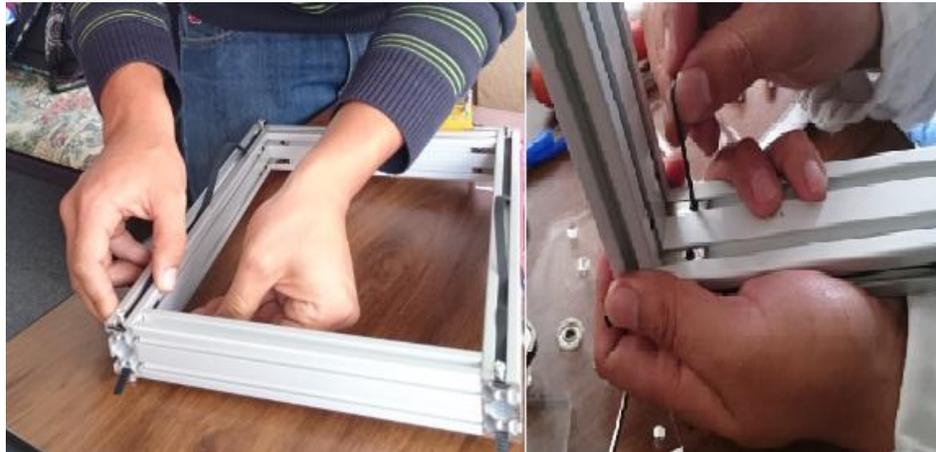


Figura 4.5 Ajuste con hexagonal

Se colocara los rodamientos en la placa acrílica formada el sistema mecánico para los ejes que gobernarán el movimiento de desplazamiento. Para se colocara separador de rodamiento que es de duralon y rodamiento 635z blindado. Ver figura 4.6



Figura 4.6 Elementos que conforman sistema de trasmisión

Ajuste se los rodamientos sobre el eje de Y ver la figura 4.7

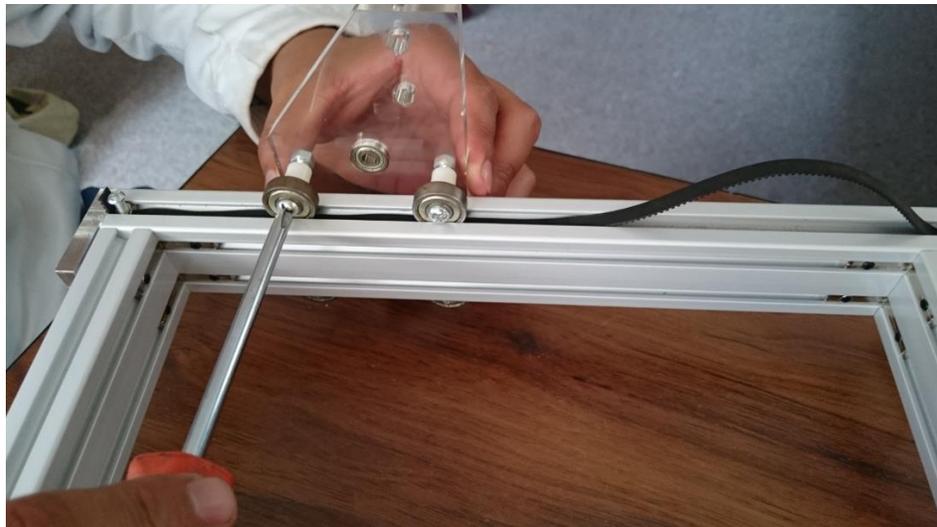


Figura 4.7 Ajuste de rodamientos

Se fijó el motor nema 17 como muestra en la figura 4.8, en el soporte de acrílico que estará montado sobre el eje Y. Se colocó los separadores con su respectivo tornillo de cabeza hexagonal

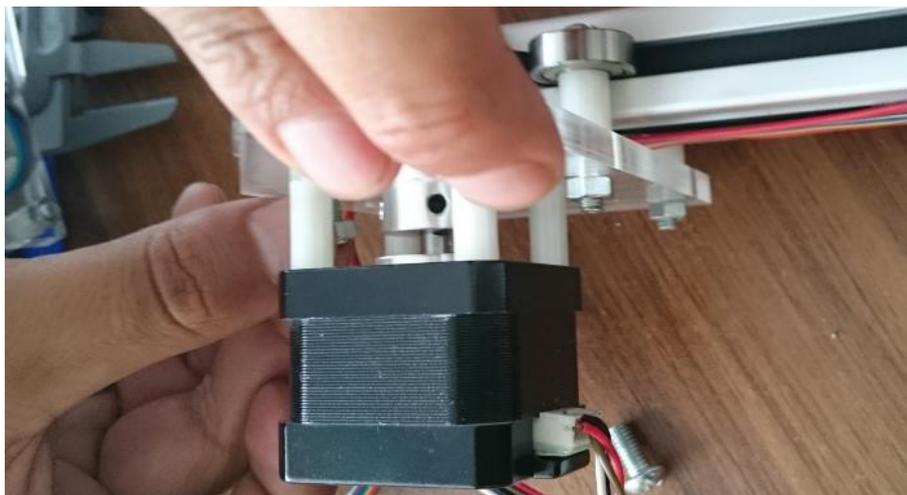


Figura 4.8 Fijación de motor al soporte lateral

Una vez ensamblado el mecanismo de movimiento se colocara el eje de transmisión con la polea dentada y posteriormente se fijara tomando en cuenta que queden cuadrados el mecanismo con finalidad de brindar estabilidad y evitar cabeceó. Ver figura 4.9

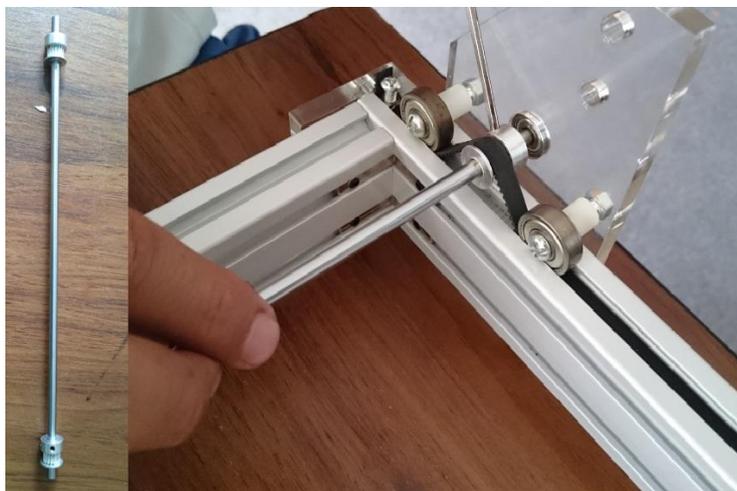


Figura 4.9 Ensamble de eje de transmisión.

Se probó que el movimiento no presente fallas a lo largo del movimiento y se fijó todos los rodamientos faltantes como demuestra en la figura 4.10



Figura 4.10 ensamble de eje Y terminada

Se coloca el mecanismo de movimiento para eje x en el perfil de aluminio de similar forma que para el eje Y como muestra en la figura 4.11.

La parte eléctrica para este eje se coloca ya que esta ya va con el láser y el motor nema



Figura 4.11 Eje X ensamblado

Se fijó el eje X en los soportes laterales como se muestra en la figura 4.12.

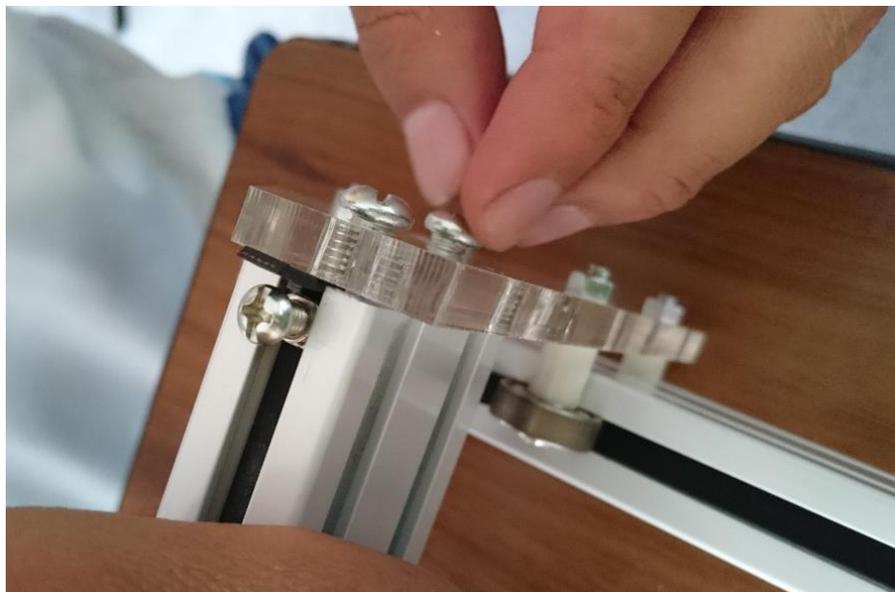


Figura 4.12 Fijación de eje X con los soportes laterales

Se instaló la parte eléctrica realizando las conexiones y soldando los pines de cada motor, el láser y finalmente la placa electrónica se instaló. Ver figura 4.13.

Se procede a realizar prueba y cortar Fomix.

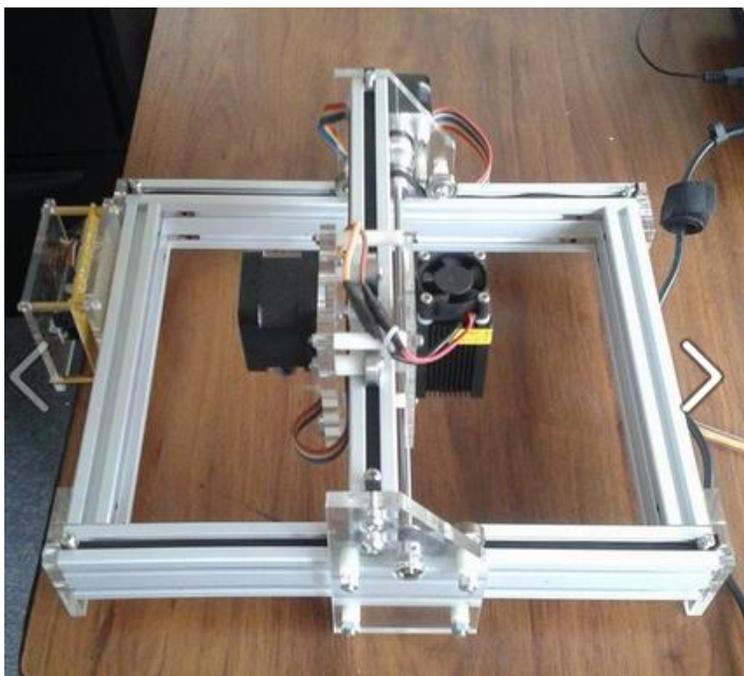


Figura 4.13 cortadora laser ensamblada completamente

4.2. Pruebas de funcionamiento.

En la cortadora CNC Láser se realizaron varias pruebas de corte con diferente material y color, en las cuales se pudo identificar que con Fomix de colores claros (blanco) el láser refleja más y solo realiza grabado, para lo cual se debe realizar a una velocidad de (50 mm/s) y con una sola pasada, este resultado nos dice que el corte máximo que se puede realizar es con Fomix de 8mm de espesor con la velocidad mínima de (10 mm/s). Pero este corte no se recomienda porque la maquina funciona muy lento y bajaría la vida útil del Láser. Se realizó también pruebas en distintos materiales como cuero, diferentes tipos de Fomix, plástico donde no se realiza el corte pero se hace un grabado de buena calidad y esto resultaría una aplicación adicional de máquina.

Las pruebas de funcionamiento que se le va a realizar a la cortadora CNC Láser va estar compuesta de 3 etapas donde se va analizar las variables velocidad de corte, tolerancia de la pieza y tiempo de funcionamiento de la máquina.

En la primera etapa se va a realizar pruebas de corte en diferentes tipos de Fomix de 2 mm y colores distintos desde el blanco hasta el negro, donde para esta prueba influirá la velocidad de corte.

- Primera Etapa: Variando la velocidad de corte y el color de Fomix se puede observar el resultado final observando si es un corte o un grabado
- Segunda Etapa: En esta etapa se va a realizar figuras con medidas en el software, para después proceder a cortar y medir el error entre el dibujo y el corte para poder medir la resolución.
- Tercera Etapa: En esta etapa se va comprobar la fiabilidad de la máquina, realizando varias figuras con diferente complejidad para ver el correcto funcionamiento de la máquina y con esto midiendo el tiempo de funcionamiento para ver si existe algún error.

4.2.1. Primera etapa

En esta etapa se va a comprobar la velocidad de corte con diferentes tipos de Fomix y color, en la tabla 17 se dan valores para corte y grabado.

Tabla 17 Valores para corte y grabado

Corte	1
Grabado	0

- Se evaluó con una velocidad de 250mm/s descendiendo hasta 50 mm/s y viceversa.
1. Se realizó pruebas para Fomix liso y colores oscuros (negro, azul, rojo, verde) de 2 mm.

Tabla 18 Valores de corte para colores oscuros

Fomix 2 mm		
Ascendente		
Velocidad de corte (mm/s)	Color	Resultado
250	negro	1
200	verde	1
150	rojo	1
100	azul	1
50	café	1

Como se puede observar en la tabla 18, se obtuvo corte a cualquier velocidad pero en colores oscuros

2. Se realizó pruebas para Fomix liso y colores medios (amarillo, verde claro, turquesa, naranja, violeta) de 2 mm.

Tabla 19 Valores de corte para colores medios

Fomix 2 mm		
Ascendente		
Velocidad de corte (mm/s)	Color	Resultado
50	medios	1
100	medios	1
150	medios	1
200	medios	0
250	medios	0

Como se puede observar en la tabla 19, el resultado para colores medios es que a velocidad de 50 a 150 mm/s corta, pero en velocidad de 200 a 250 mm/s solo realiza grabado

3. Se realizó pruebas para Fomix liso y colores claros (banco, rosado, café claro, caqui) de 2 mm.

Tabla 20 Valores de corte para colores claros.

Fomix 2 mm		
Ascendente		
Velocidad de corte (mm/s)	Color	Resultado
50	Claro	1
100	Claro	0
150	Claro	0
200	Claro	0
250	Claro	0

Como se puede observar en la tabla 21, el resultado de corte solo se lo realizo a una velocidad de 50 mm/s debido a que el láser ultravioleta refleja mucho en clores claros y no permite el corte a mayor velocidad, pero en cualquier velocidad realiza grabado de buena calidad.

4. Se realizó pruebas para Fomix de distintas texturas y todo tipo color de 2 mm.

Tabla 21 Valores de corte para diferentes tipos de texturas

Fomix corrugado, con escarcha, con franela de 2 mm		
Ascendente		
Velocidad de corte (mm/s)	Color	Resultado
50	Claro	1
	Medio	1
	Obscuro	1
100	Claro	0
	Medio	1
	Obscuro	1
150	Claro	0
	Medio	0
	Obscuro	1
200	Claro	0
	Medio	0
	Obscuro	0
250	Claro	0
	Medio	0
	Obscuro	0

Como se puede observar en la tabla 21, el resultado para corte con Fomix de diferentes acabados (corrugados, con escarcha, con franela) la velocidad recomendada es a la mínima de 50 mm/s sea cualquier color, pero si se requiere grabado se lo puede realizar a cualquier velocidad donde no es necesario estar viendo el color.

5. También se realizó pruebas con diferente espesor de Fomix, para ver hasta donde se puede cortar el material, en donde el resultado se lo puede ver en la tabla 22.

Tabla 22 Resultado de corte en diferente espesores.

Espesor	Color	Velocidad (mm/s)	Resultado
Fomix 4 mm	Medio	50	1
	Obscuro	50	1
Fomix 6 mm	Medio	10	1
	Obscuro	50	1
Fomix 8 mm	Medio	10	1
	Obscuro	10	1

Como se puede observar en la tabla 22, el resultado para corte es en Fomix de 8 mm con una velocidad de 10 mm/s, pero esto no se recomienda ya que esto disminuye el tiempo de vida del láser.

4.2.2. Segunda Etapa

Para esta etapa de prueba se va observar la precisión en el corte en láminas de Fomix de 2 mm.

En la tabla 23 se puede observar el resultado del corte, teniendo la maquina una precisión de corte tal como se la dibuja en el software sin importar el tipo de Fomix que se esté usando ni el tamaño de la imagen.

Tabla 23 Precisión de corte en Fomix de 2mm

Fomix 2 mm			
	Medidas Software (mm)	Medidas Corte (mm)	Diferencia (mm)
Circulo (Diámetro)	20	20	0
Triangulo (b X h)	20 x 20	20 x 20	0
Cuadrado (L x L)	20 x 20	20 x 20	0
Fomix corrugado 2 mm			
	Medidas Software (mm)	Medidas Corte (mm)	Diferencia (mm)
Circulo (Diámetro)	30	30	0
Triangulo (b X h)	30 x 30	30 x 30	0
Cuadrado (L x L)	30 x 30	30 x 30	0

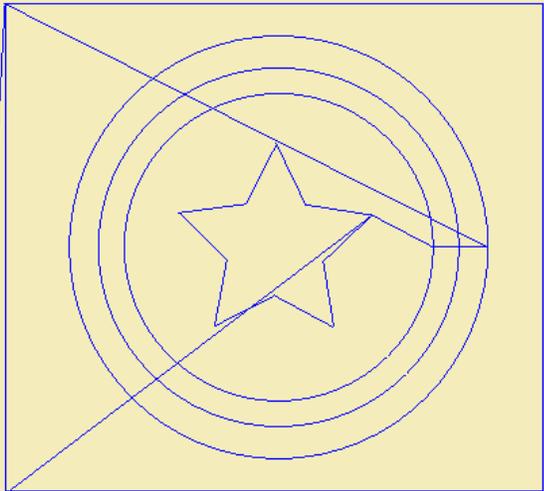

 CONTINUA

Fomix con escarcha 2 mm			
	Medidas Software (mm)	Medidas Corte (mm)	Diferencia (mm)
Circulo (Diámetro)	40	40	0
Triangulo (b X h)	40 x 40	40 x 40	0
Cuadrado (L x L)	40 x 40	40 x 40	0
Fomix con franela 2 mm			
	Medidas Software (mm)	Medidas Corte (mm)	Diferencia (mm)
Circulo (Diámetro)	80	80	0
Triangulo (b X h)	80 x 80	80 x 80	0
cuadrado (L x L)	80 x 80	80 x 80	0

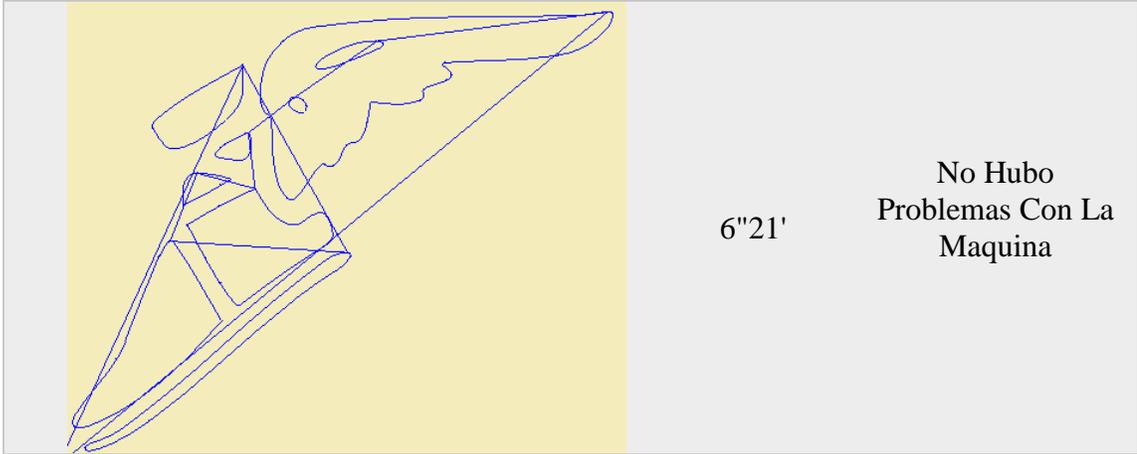
4.2.3. Tercera Etapa.

Para la tercera etapa de prueba se realizó a una velocidad de 50 mm/s y con fomix corrugado de 2mm, se puede observar en la tabla 24 la cortadora CNC Láser no tuvo ningún inconveniente en el funcionamiento de 26 minutos en acción, cabe recalcar que este tiempo puede ser mayor y no habría inconveniente alguno en el funcionamiento.

Tabla 24 Tiempos de corte de diferentes imagenes

Etapa 3		
Complejidad En La Figura	Tiempo	Error
	22"28'	No Hubo Problemas Con La Maquina

CONTINUA



CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se construyó y diseño un prototipo de cortadora CNC Láser con control numérico computarizado para el corte de Fomix, la cual consta con una área de corte de 170 x 200 mm, posee una velocidad de corte en un rango de 50 – 250 mm/s dependiendo el color que se requiera cortar.
- Se diseñó una cortadora CNC Láser en aluminio debido a que la estructura absorbe las vibraciones generadas por los motores a pasos, también cuentan con unas canaletas que nos sirven de guía para el desplazamientos de los mecanismos de transmisión.
- Se implementó un corte por láser dividido al desperdicio de material generado por el corte en hilo caliente y la dificultad de sujeción del material en forma vertical.
- Se implementó el sistema de control para el posicionamiento y velocidad de los motores mediante la creación de un algoritmo de programación y su codificación en un microcontrolador que a su vez interpreta códigos G y M recibido del computador.
- Se realizó pruebas de funcionamiento donde se pudo obtener el resultado de que a velocidad de 50 mm/s es lo recomendado para realizar corte en fomix de color claro y con sus derivados, para evitar errores humanos la velocidad de corte solo se puede cambiar dentro del programa antes de empezar el trabajo.
- Se seleccionó una interfaz computacional gratuita y amigable con el usuario la cual fue el software GRBL controller en el cual se logró un aprovechamiento del 100% de todas las capacidades que ofrece tanto para la configuración, calibración y manejo, además de tener un control manual y automático habilitados, el monitoreo se lo puede observar de forma real mientras se va realizando el corte, y todo esto gracias a los

motores pasó a paso que cuentan con una gran precisión al momento de realizar el corte.

- Vale mencionar la importancia de la Ingeniería Mecatrónica dentro de la industria nacional, debido a la habilidad de incorporar control en diseños mecánicos, permitiendo mejorar, simplificar e innovar.

5.2. Recomendaciones

- Una mejora muy importante es la instalación de un láser de mayor potencia ya que el actual posee 500 mW, que no es lo suficientemente potente para cortar a una velocidad muy rápida, por lo cual se recomienda un láser de mayor potencia, una mejora significativa sería la implementación de laser verde y que posea una potencia alrededor de los 1500 mW suficiente para generar el calor necesario para cortar a la máxima velocidad de la máquina y reduciendo los tiempos de corte.
- No se recomienda utilizar la cortadora CNC Láser para cortar materiales como metal, piedra, cerámica, concha ya que lo único que va a causar es el desgaste en el tiempo de vida del láser y no va a realizar ningún corte o grabado.
- Una recomendación muy importante y la primera de todas debe ser el uso de gafas de seguridad debido a que la luz del Láser refleja y causa mucho daño en los ojos a largo o corto plazo.
- No se recomienda utilizar la cortadora CNC Láser con materiales transparentes o que reflejen la luz, ya que no va a realizar ningún tipo de corte o grabado debido a que la luz láser en colores claros o transparentes refleja demasiado.
- Para la debida operación de la maquina primero leer bien el manual de funcionamiento para evitar cualquier tipo de daño para el equipo o el usuario.
- Se recomienda contar con un solo computador para el manejo de la cortadora CNC Láser que tenga instalado todos los softwares recomendados en el manual de operación.

BIBLIOGRAFÍA.

- Aliexpress. (25 de Junio de 2015). *B6560 3.5A CNC grabado máquina de pasos*. Obtenido de http://es.aliexpress.com/store/product/3-axis-TB6560-3-5A-CNC-engraving-machine-stepper-motor-driver-board-16-segments-stepper-motor/330447_1874427743.html
- Arduino, G. L. (25 de Junio de 2015). Obtenido de <http://blog.bricogeek.com/noticias/arduino/grabadora-laser-casera-con-arduino/>
- ArduinoNano. (s.f.). *AnduinoNanoFront*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardNano>
- ARRANZ, A. C. (2011). *TACNOLOGIA LASER APLICACIONES*. BARCELONA: MARCOMBO.
- Atacama, U. d. (5 de Julio de 2015). *Rodamientos*. Obtenido de <http://www.etp.uda.cl/old/areas/electromecanica/apuntes/ahumada/pdfs/Rodamientos%20af.pdf>
- BILBAO, E. (s.f.). *Universidad Superior de Ingenieros Mecánicos Bilbao*. Obtenido de *Fabricación asistida por ordenador Control numérico*: http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/747_ca.pdf
- Bolaños. (s.f.). *Scrib*. Recuperado el 12 de 04 de 2015, de <http://www.bolanosdj.com.ar/MOTORES/MOTORES.PDF>
- Brunet. (1986). Diseño gráfico y modelo geométrico. En M. J., *Sistemas CAD/CAM/CAE* (pág. 55).
- Castillo, N. (s.f.). *Transmisión del movimiento a los ejes de los CNC-ROUTERS*. Obtenido de <http://www.cnc-routers.com.ar/transmision%20movimiento.pdf>
- CNC, D. (30 de Junio de 2015). *Building blocks in motion control*. Obtenido de <https://www.damencnc.com/es/piezas/motores-el-ectricos-y-drivers/motores-paso-a-paso>
- DESDELINUX. (20 de Junio de 2015). *INTRODUCCIÓN A INKSCAPE*. Obtenido de <http://blog.desdelinux.net/inkscape-introduccion-a-inkscape/>

- DINAMICA. (s.f.). *Correas Dentadas*. Obtenido de Dinamica.net:
<http://www.dinamica.net/es/productos/transmision-de-potencia/correas/correas-dentadas>
- Escalona, I. I. (s.f.). *Tutorial CNC*. Obtenido de
http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/mecatronica/docs_curso/Anejos/TUTORIALcnc/DOCUMENTOS/TEORIA/CAD-CAM%20INTRODUCCION%20UPIISA.pdf
- Evans, B. (2002). *Begining Arduino Programing, 1ra Edición*. Techology in action.
- Foley J, S. R. (1987, 1990). *Diseño Asistido por Ordenador*. Obtenido de
<http://www.uv.es/castellj/eg/TeoriaProblemas/Tema1/Tema1.pdf>
- Guillamón, R. B. (Junio de 2007). *Asociación Española de Soldadura y Tecnología de Unión*. Obtenido de <http://www.iesremedios.es/wp-content/uploads/t-1-12d-rev-1-laser.pdf>
- Hitz, E. (2001). *Introduction to láser Technology*. USA: IEEE Press Inc.
- HURTADO, S. T. (29 de Junio de 2015). *InstitutoNationalDeAstrofísica, Óptica y Electrónica*. Obtenido de Física del Laser: http://www-optica.inaoep.mx/investigadores/carlost/pdfs/Susana_Alejandra_Torres_Hurta do.pdf
- K., L. (s.f.). *Principles of CAD/CAM/CAE Systems*. WESLEY.
- LAB-Volt. (s.f.). *Automation and Robotics*. Obtenido de CNC LATHER SYSTEM (LIGHT DUTY) MODEL 5300: <https://www.labvolt.com/downloads/dsa5300.pdf>
- LASERCORTE. (5 de Julio de 2015). *EXPERIMENTACION CON MAQUINAS GRABADO Y CORTE*. Obtenido de <http://lasercorte.blogspot.com/2012/11/detalles-de-conectores-placa-ms10105-de.html>
- LPU. (30 de Junio de 2015). *Centro de láseres pulsados*. Obtenido de <http://www.clpu.es/facilities-mechatronics>
- Makeblock. (14 de Mayo de 2015). *3D Printer*. Obtenido de Laser Engraver Upgrade Pack(500mW) for XY-Plotter Robot Kit V2.0: <http://www.makeblock.cc/laser-engraver-upgrade-pack-500mw-for-xy-plotter-robot-kit-v2-0/>

- MESSER. (s.f.). *Product Range Messer Cutting Systems*. Obtenido de Messer Cutting Systems: http://www.messer-cs.com/uploads/media/Product_Range_EN_03.pdf
- MITSUBOSHI. (s.f.). *Polyurethane Timing Belt*. Obtenido de FREESPAN BELT: <https://www.mitsuboshi.co.jp/english/catalog/pdf/freespan-belt.pdf>
- Morales, D. (s.f.). *Manualidades en Foami*. Obtenido de <https://manualidadesenfoami.wordpress.com/>
- NSKAMERICA. (05 de Julio de 20015). *Catálogo rodamientos*. Obtenido de http://www.nskamericas.com/cps/rde/xbcr/mx_es/Rodamientos.LR.pdf
- NTN. (05 de Julio de 2015). *Catálogo General Rodamientos*. Obtenido de http://www.ntn-snr.com/portal/fr/en-en/file.cfm/INTRO_Ea.pdf?contentID=8576
- PIC'S, A. P. (1 de julio de 2015). *Control de Motor Bipolar*. Obtenido de <http://microcontroladores-ing-elec-rh.blogspot.com/2012/07/control-de-motor-bipolar-con-pic-16f84a.html>
- POLOLU. (12 de Junio de 2015). *PololuRobotics&Electronics*. Obtenido de <https://www.pololu.com/product/1182/specs>
- QUILMES, U. N. (s.f.). *ING. AUTOMATIZACION Y CONTROL INDUSTRIAL*. Obtenido de ING. AUTOMATIZACION Y CONTROL INDUSTRIAL: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI/Introduccion%20HMI.pdf>
- SAINSMART. (26 de Junio de 2015). Obtenido de <http://www.sainsmart.com/sainsmart-mega2560-a4988-ramps-1-4-3d-printer-kit-for-arduino-reprap.html>
- SENA. (4 de Julio de 2015). *MONTAJES DE RODAMIENTOS*. Obtenido de http://repositorio.sena.edu.co/sitios/elementos_maquinas/vol3/volumen03.html#
- SHIGLEY. (2002). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. Mexico: McGrawHill.
- SINGAPORE, N. U. (s.f.). *CNC HOT WIRE FOAM CUTTER*. Obtenido de <http://www.arch.nus.edu.sg/facilities/design-fabrication-workshop/cncstyrocut.pdf>

TERESI, J. H. (1987). *EL RAYO LASER*. SALVAT.

TRANSMITEC. (s.f.). *TRANSMITEC.S.A.S*. Obtenido de Transmisión de potencia:
<http://lab.transmitec.com/division-mecanica-marcas/intermec/>

Tulio, M. (5 de Julio de 2015). *Elementos de máquina*. Obtenido de
<http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/carreras/elementosdemaquinas/cap08-02.pdf>

Webb CE, J. (2004). *Handbook of Laser Technology and Applications*. UK: Institute of Physics Publishing.

ANEXOS