

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO



TEMA:

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CNC GRABADORA Y CORTADORA
LASER TAMAÑO A0 PARA EL LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
ELÉCTRICAS.**

Trabajo de grado presentado ante la Universidad Técnica del Norte previo a la
obtención del título de grado de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico

Autor:

Ruiz Guerrero Luis Fernando

Director:

Ing. Francisco Roberto Naranjo Cobo MSc.

Ibarra - Ecuador

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003992631		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Ruiz Guerrero Luis Fernando		
DIRECCIÓN:	Barrio San José del Punge - Parroquia Quiroga		
EMAIL:	lfruizg@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2556081	TELÉFONO MÓVIL:	0939760249

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CNC GRABADORA Y CORTADORA LASER TAMAÑO A0 PARA EL LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS ELÉCTRICAS.
AUTOR (ES):	Ruiz Guerrero Luis Fernando
FECHA: DD/MM/AAAA	31/05/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Electrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Francisco Roberto Naranjo

2. Constancia

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló sin violar derechos de autor a terceros; por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 31 días del mes de mayo de 2023

EL AUTOR:



Luis Fernando Ruiz Guerrero



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Ing. Francisco Naranjo Cobo MSc.

CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante: Ruiz Guerrero Luis Fernando, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CNC GRABADORA Y CORTADORA LASER TAMAÑO A0 PARA EL LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS ELÉCTRICAS"** para la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Francisco", is written over a horizontal dotted line.

Ing. Francisco Roberto Naranjo Cobo MSc.
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

Dedicatoria

El presente trabajo de grado se lo dedico a Dios por brindarme la capacidad y la sabiduría de poder culminar mi carrera.

A mis padres, Luis y Sonia que, con su amor y apoyo incondicional, han sido el promotor fundamental para poder llegar a esta instancia de mis estudios.

También la dedico a mi hija Emilia quien ha sido mi mayor motivación para no rendirme en los estudios y poder ser un ejemplo para ella.

Fernando Ruiz

Agradecimientos

Agradezco a Dios por brindarme las ganas de luchar incasablemente en este trayecto de mi vida, ayudándome a sobrellevar momentos de debilidad.

A mi familia que siempre me extendieron la mano a lo largo de mi formación personal y académica, inculcándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio permitiéndome valorar lo que tengo.

A la Universidad Técnica del Norte quien me permitió formarme humana y técnicamente en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, y a cada uno de sus docentes forjadores que siempre impartieron su conocimiento permitiendo ser profesionales de calidad.

A mi tutor Ing. Francisco Naranjo Cobo Msc, por su paciencia y su apoyo incondicional en este proceso de la ejecución de la tesis.

Fernando Ruiz

Índice de contenido

Dedicatoria.....	V
Agradecimientos	VI
Índice de contenido	VII
Índice de figuras.....	IX
Índice de tablas.....	XII
Resumen	XIII
Abstract.....	XIV
INTRODUCCIÓN	XVI
Contextualización	XVI
Planteamiento del problema	XVII
Justificación.....	XVIII
Alcance	XIX
Objetivo General	XX
Objetivos Específicos	XX
CAPÍTULO 1	1
1.1. La tecnología del control numérico	1
1.1.1. Control Numérico por Computadora	1
1.1.2. Máquina de Control Numérico por Computador	2
1.1.3. Beneficios de una maquina CNC	3
1.1.4. Componentes y Arquitectura de una CNC	3
1.1.5. Tipos de CNC	4
1.1.6. Estilo de enrutador pórtico	5
1.2. Componentes Eléctricos	7
1.2.1. Drivers	7
1.2.2. Fuente de Poder	7
1.2.3. Controlador CNC	8
1.2.4. Motores Paso a Paso (MPP).....	8
1.2.5. Finales de Carrera.	12
1.2.6. Láseres en Máquinas CNC.	14
1.3. Componentes Mecánicos.....	18
1.3.1. Mecanismos de Guía	18
1.3.2. Sistemas de transmisión	20
1.4. Componentes de Control	22
1.4.1. Linux CNC	22
1.4.2. Mach3.....	22

1.4.3.	Programación CNC.....	23
1.4.4.	Software Para Diseño y generación de código G.....	25
CAPÍTULO 2.....		28
2.1	Selección de Metodología para el Desarrollo.....	28
2.2	Metodología de Cascada: Fase 1 Análisis de Requisitos.....	29
2.2.1	Propósito y Ámbito del Sistema.....	30
2.2.2	Descripción del Sistema.....	30
2.2.3	Riesgos.....	31
2.2.4	Restricciones.....	31
2.2.6	Requerimientos Iniciales del Sistema.....	32
2.2.7	Requerimientos de Arquitectura.....	33
2.3	Metodología de Cascada: Fase 2 Diseño.....	33
2.3.1	Selección de Componentes.....	34
2.4	Diseño Estructural de Guías de Ejes X e Y.....	37
2.4.1	Descripción de la estructura.....	36
2.4.2	Análisis Estático del Eje X.....	37
2.4.3	Resistencia de Elementos Guías de Eje X.....	41
2.4.4	Análisis Estático del Eje Y.....	44
2.4.5	Resistencia de Elementos Guías de Eje Y.....	45
2.5	Selección de Motores Paso a Paso.....	50
2.6	Selección del Software para el control de la máquina.....	52
2.7	Esquema de conexión.....	55
2.8.	Pasos para obtener el flujo de aire.....	60
CAPÍTULO 3.....		62
3.7	Metodología de Cascada: Fase 3 Implementación.....	62
3.7.1	Implementación: Etapa Mecánica.....	62
3.7.2	Implementación: Etapa Electrónica.....	66
3.7.3	Implementación: Etapa Software.....	71
3.8	Procesado de imágenes para corte.....	75
3.9	Validación.....	79
3.9.1	Pruebas y Resultados.....	79
3.9.2	Análisis de resultados.....	91
4.1	Conclusiones.....	93
4.2	Recomendaciones.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....		94

Índice de figuras

Figura 1 Primera CNC en el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT).	1
Figura 2 Componentes básicos de una máquina CNC.	3
Figura 3 CNC estilo pórtico.	6
Figura 4 CNC con pórtico fijo	6
Figura 5 Pórtico móvil.	7
Figura 6 Componentes eléctricos de una máquina CNC.	8
Figura 7 Diagrama de motor paso a paso de reluctancia variable.	9
Figura 8 Diagrama de motor paso a paso híbrido.	10
Figura 9 Diagrama de motor paso a paso imán permanente.	10
Figura 10 Motor paso a paso	12
Figura 11. Finales de carrera mecánicos.	13
Figura 12 Generación de haz de láser.	16
Figura 13 Guía lineal con rodamientos lineales.	18
Figura 14 Guía con rodamientos.	19
Figura 15 Guía lineal de riel deslizante.	19
Figura 16 Capacidades básicas de transmisión de una máquina herramienta	20
Figura 17 Pantalla principal del programa	22
Figura 18. Interfaz gráfica de modificación del programa.	23
Figura 19 Metodología de Cascada - Fases de desarrollo.	28
Figura 20 Diagrama de Bloques del funcionamiento del sistema	30
Figura 21 Cremallera	35
Figura 22 Dimensiones generales de la maquina CNC para corte con laser	37
Figura 23 Propiedades mecánicas de acero AISI 1018.	38
Figura 24 Dimensiones de guía lineal SBS16	39
Figura 25 Propiedades geométricas de guía lineal.	39
Figura 26 Propiedades geométricas de perfil Tubo cuadrado 40 x 2 mm	40
Figura 27 Geometría del conjunto del perfil lineal y soporte de tubo cuadrado.	40
Figura 28 Diagrama de cuerpo libre de guía eje X.	41
Figura 29 Diagrama de corte guía eje X.	42
Figura 30 Diagrama de momentos guía eje X.	43
Figura 31 Diagrama de cuerpo libre guía eje Y.	45
Figura 32 Diagrama de corte guía eje Y.	46
Figura 33 Diagrama de momentos guía eje Y.	46
Figura 34 Características de pulso por torque.	48
Figura 35 Diagrama de conexión básico controladora AKZ250 (descripción general)	53

Figura 36 Esquema de conexión de controlador, drivers, motores	55
Figura 37 Esquema de conexión de los finales de carrera	56
Figura 38 Conexión de luces led y extracción de humos.....	56
Figura 39 Conexión de los motores paso a paso	57
Figura 40 Esquema de conexión del módulo láser	58
Figura 41 Esquema de conexión para el control de la máquina	59
Figura 42 Área de trabajo CNC	61
Figura 43 Bastidor de máquina CNC durante proceso de fabricación.	63
Figura 44 Armado de la mesa de trabajo con cubierta	63
Figura 45 Viga soporte con ejes lineales en Eje X	64
Figura 46 Conjunto de soporte de rodamiento sobre Eje Y	64
Figura 47 Limpieza y preparación para pintura	65
Figura 48 Montaje y calibración de los elementos mecánicos CNC	65
Figura 49 Tablero galvanizado de 30 cm x 40 cm x 20cm BEAUCOUP	66
Figura 50 Proyección de la instalación del tablero de control	67
Figura 51 Ensamble y etiquetado del tablero de control.....	68
Figura 52 Tablero de control y todas sus partes.....	69
Figura 53 Parte externa del tablero de control	69
Figura 54 Ventiladores axiales para extracción de humos	70
Figura 55 Modulo laser Sculpfun S9	71
Figura 56 Montaje de motor paso a paso, piñón y cremalleras	71
Figura 57 Perfil de sesión de usuario.....	72
Figura 58 Definición de entradas y salidas (Ports and Pins).....	72
Figura 59 Configuración de señales de entrada.....	73
Figura 60 Configuración de Motor Outputs.....	73
Figura 61 Configuración de señales de salida.....	74
Figura 62 Configuración de Motor Signals	74
Figura 63 Definición de posición de Home y Limits	75
Figura 64 Carga de código G en software Mach3	75
Figura 65 Importación de imagen en Inkscape.....	76
Figura 66 Definición de área de trabajo y unidades	76
Figura 67 Imagen en formato JPG e imagen vectorizada.....	77
Figura 68 Opción para generación de código G	78
Figura 69 Configuración de Lasertools.....	78
Figura 70 Código G generado.....	79
Figura 71 Grabado en MDF	81
Figura 72 Caso 1 pruebas de grabado en función de la señal PWM.....	81

Figura 73 Caso 2 pruebas de grabado en función de la señal PWM.....	82
Figura 74 Caso 3 pruebas de grabado en función de la señal PWM.....	82
Figura 75 Caso 4 pruebas de grabado en función de la señal PWM.....	83
Figura 76 Caso 5 pruebas de grabado en función de la señal PWM.....	83
Figura 77 Caso 6 pruebas de grabado en función de la señal PWM.....	84
Figura 78 Caso 7 pruebas de grabado en función de la señal PWM.....	84
Figura 79 Caso 8 pruebas de grabado en función de la señal PWM.....	85
Figura 80 Caso 9 pruebas de grabado en función de la señal PWM.....	85
Figura 81 Caso 10 pruebas de grabado en función de la señal PWM.....	86
Figura 82 Caso 11 pruebas de grabado en función de la señal PWM.....	86
Figura 83 Grabado de imagen con señal PWM.....	87
Figura 84 Grabado de letras con señal PWM.....	87
Figura 85 Resultada del grabado en acrílico con los parámetros del caso 1.	88
Figura 86 Resultada del grabado en acrílico con los parámetros del caso 2.	88
Figura 87 Resultada del grabado en acrílico con los parámetros del caso 3.	89
Figura 88 Resultada del grabado en acrílico con los parámetros del caso 4.	89
Figura 89 Resultada del corte en MDF con los parámetros del caso 1.....	90
Figura 90.Resultada del corte en MDF con los parámetros del caso 2.....	90
Figura 91 Resultada del corte en acrílico con los parámetros del caso 1.	91
Figura 92 Resultada del corte en acrílico con los parámetros del caso 2.	91
Figura 93 Dimensiones de la maquina CNC	99
Figura 94 Construcción de la base de la mesa de trabajo.....	99
Figura 95 Construcción del área de trabajo del bastidor	100
Figura 96 Lijado del bastidor	100
Figura 97 Pintado del bastidor	101
Figura 98 Preparación del sistema de transmisión para los ejes.....	101
Figura 99 Perforación para el montaje de guías lineales.....	102
Figura 100 Montaje de guías lineales.....	102
Figura 101 Montaje del carro móvil sobre las guías del eje Y.....	103
Figura 102 Montaje de las cremalleras en mesa de trabajo	103
Figura 103 Montaje de los motores sobre los ejes X y Y.....	104
Figura 104 Montaje del sistema eléctrico	104
Figura 105 Cableado del sistema CNC	105
Figura 106 Montaje de la cubierta de la maquina CNC	105
Figura 107 Calibración y Ajustes de la maquina CNC.....	106
Figura 108 Pruebas de grabado en acrílico color negro	106
Figura 109 Pruebas de grabado de imágenes en material MDF	107

Figura 110 Pruebas de grabado de contorno en MDF.....	107
Figura 111 Pruebas de corte en acrílico negro de 3mm de espesor.....	108
Figura 112 Pruebas de corte en MDF de 6mm de espesor	108

Índice de tablas

Tabla 1 Tamaño de motores.	12
Tabla 2. Tipos de láseres y sus aplicaciones.	15
Tabla 3 Referencia de código G en CNC.	25
Tabla 4 Requerimientos necesarios de desplazamiento	29
Tabla 5 Requerimientos operacionales del sistema	31
Tabla 6 Requerimientos de usuario del sistema.....	32
Tabla 7 Requerimientos iniciales del sistema.....	32
Tabla 8 Requerimientos de estructura.	33
Tabla 9 Alternativas de los sistemas de Transmisión.	34
Tabla 10 Dimensiones de cremalleras	35
Tabla 11 Alternativas de mecanismos para guías lineales	35
Tabla 12 Características específicas del driver para el motor paso a paso	47
Tabla 13 Selección de los drivers para el motor paso a paso.....	48
Tabla 14 Tabla de la corriente de trabajo.....	49
Tabla 15 Tabla de los pulsos por revolución	49
Tabla 16 Motores de paso.....	50
Tabla 17 Especificación sobre los motores paso a paso	51
Tabla 18 Alternativas El control de la maquina CNC	52
Tabla 19 Selección de la tarjeta de control.....	53
Tabla 20 Características de los módulos laser	54
Tabla 21 Selección del módulo laser.....	54
Tabla 22 Materiales empleados en el tablero de control	66
Tabla 23 Componentes electrónicos del bastidor.....	70
Tabla 24 Pruebas de grabados en MDF.....	80
Tabla 25 Pruebas de grabados en acrílico	88
Tabla 26 Pruebas de cortes en MDF	89
Tabla 27 Pruebas de grabados en acrílico	90

Resumen

En el presente trabajo de grado se realizó la construcción e implementación de un sistema de control numérico por computadora (CNC) laser para realizar corte y grabado en materia prima como madera MDF de 6mm y acrílico de 3mm de profundidad, con el fin de solucionar la problemática a las necesidades de adquirir una máquina - herramienta que permita tener mejores acabados en diversos proyectos de enfoque estudiantil, obteniendo calidad y estética a la vez, en un presupuesto módico.

Esto se pudo lograr mediante la metodología de cascada, desagregando el proyecto en diversas fases con sus respectivas actividades, en lo que se obtuvo un trabajo optimizado, en los procesos del sistema del proyecto, que se llevó a cabo la utilización de tecnologías de sistemas de control numérico con el software "MACH 3" utilizando código G como lenguaje de programación, proporcionando instrucciones en software de simulación y en un controlador en movimiento, de esta manera el operario puede realizar diferentes diseños.

Esta máquina consta de un diseño mecánico en perspectiva de movimiento bidimensional, hecho en el Software CAD Solid Works, comprobando el correcto funcionamiento y asegurando los cálculos realizados.

La implementación se dio a cabo en los laboratorios de tecnologías de la Carrera de Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte, en la que sirve como un módulo didáctico para el fortalecimiento del conocimiento de los estudiantes de la carrera, tomando en cuenta las normas de protección personal para cada uno de los que van a realizar las practicas, antes de utilizar la máquina.

Palabras claves: Diseño, construcción, láser, madera MDF.

Abstract

In the present degree work, the construction and implementation of a laser computer numerical control (CNC) system was carried out to cut and engrave raw materials such as 6mm MDF wood and 3mm deep acrylic, in order to solve the problematic to the needs of acquiring a machine - tool that allows to have better finishes in various projects of student focus, obtaining quality and aesthetics at the same time, in a modest budget.

This could be achieved through the cascade methodology, disaggregating the project into various phases with their respective activities, in which an optimized work was obtained, in the processes of the project system, which was carried out using information system technologies. Numerical control with "MACH 3" software using G code as programming language, instructions required in simulation software and in a moving controller, in this way the operator can make different designs.

This machine consists of a mechanical design in two-dimensional movement perspective, made in the CAD Solid Works Software, checking the correct operation and ensuring the calculations made.

The implementation was carried out in the technology laboratories of the Electrical Maintenance Career of the Técnica del Norte University, in which it serves as a didactic module to strengthen the knowledge of the students of the career, taking into account the standards of personal protection for each of those who are going to carry out the practices, before using the machine.

Keywords: Design, construction, laser, MDF wood.

INTRODUCCIÓN

Contextualización

La tecnología de manufactura es una de las tecnologías pioneras en la actualidad, una muestra de ello son las máquinas de Control Numérico por Computadora (CNC), que permiten al operador humano mediante controladores numéricos realizar trabajos que demandan el uso de técnicas complejas para automatizar los procesos de producción.

Con el paso de los años se ha demostrado que la tecnología ha ido formando parte de nuestras vidas tanto en la parte industrial como en el hogar, con tecnologías mecanizadas y sistemas inteligentes modernos que antes llegaban a ser muy costosos, pero brindaban un fácil manejo, donde se integran con varios dispositivos para ejecutar acciones constituyendo un sistema versátil que permite al usuario controlar el movimiento de las herramientas y piezas a través de datos numéricos (Binti , Farooqi, Alsultan, & Yusoff, 2017)

Con la inserción de la tecnología informática y de control numérico, la automatización de los procesos de fabricación mecánica va aumentando significativamente, donde pequeñas y medianas empresas han implementado máquinas herramientas de control numérico por Computador (CNC), debido a su gran precisión y su módico precio, su alto rendimiento ha permitido que tenga acogida por empresas, ya que el sistema de control numérico posee gran aplicabilidad, conveniencia y mantenimiento (Sou, Wenjiang, Ai, Zhe, & Tao, 2017)

Prácticamente, un sistema robotizado se caracteriza por ser un manipulador multifuncional, que puede ser programado, ajustándose a distintas formas con la capacidad de mover materiales, partes, herramientas o dispositivos, programando movimientos acordes a necesidades que requieren ejecutar, los robots cartesianos tienen un posicionamiento lineal de tres movimientos, es decir tres grados de libertad en los ejes X, Y y Z (Jimenez, Plancarte, Ortega, & Nuñez, 2022)

Las máquinas de control numérico computarizado (CNC) están ligadas en algunas actividades innovadoras que han generado cambios radicales en algunos ámbitos, un caso favorable es el trabajo en equipo entre una CNC y un sistema láser con el fin de poder realizar cortes de mayor precisión, con medidas y formas ajustables a los requerimientos de la persona en trabajos como corte de fomix, papel y otros materiales (Padilla, 2017).

Este tipo de máquinas también se emplean para cortes muy limpios y finos que demanden de mucha precisión, compuesta principalmente de un láser, ya sea de CO2 o de diodo azul (Flores, Chávez, Cuadrado, & Pilco, 2020).

Para el diseño y construcción de una cortadora láser CNC, cada día se busca innovar y mejorar su construcción con herramientas que sean capaces de brindar mejores acabados, como en este caso un rayo láser que puede generar un corte de buena calidad.

Para los sistemas CNC que se utilizan en los procesos de manufactura, se ha incursionado en el desarrollo de nuevos controladores ajustados a procesos de producción modernos tales como CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacture), con esto se pretende que el Control Numérico por Computador (CNC) se oriente hacia lo digital y las redes. Hoy en día es posible encontrar sistemas de control numérico por computador que usan bus de campo, que junto a un hardware permiten cumplir los requisitos de los diferentes protocolos de comunicación, aunque a veces presentan fallos en compatibilidad, ancho de banda, mala integración con el CISM (Certified Information Security Manager), incluso con sistemas de alta velocidad y gran confiabilidad (Gavilema, 2016).

En Latinoamérica se analizan mejoras en los sistemas CNC de corte láser incrementando su precisión para distintas materias primas y su enfoque a pequeñas y medianas empresas para la mejora de los procesos productivos, innovando, de tal manera que puedan ser competitivos y solventen sus necesidades (Hurtado & Vidal, 2021)

Planteamiento del problema

Con el paso del tiempo se ha considerado la importancia tecnológica dentro de los laboratorios universitarios, con el fin de desarrollar proyectos que apoyen a la industria, actualmente para el laboratorio de tecnología Eléctrica de la Universidad Técnica del Norte, se pretende implementar una máquina de control numérico computarizado, que permita realizar cortes y grabados de mayor precisión en materia prima como MDF y acrílico, ayudando al desarrollo de prototipos nuevos.

El costo elevado se convierte en ocasiones una limitante para poder adquirir una de estas máquinas, por lo que se ha mantenido usando alternativas básicas como cortes manuales o grabados con cautín a temperatura elevada, o en su caso dibujar; lo cual no brinda precisión ni un buen acabado, con tiempos prolongados de trabajo, esto a su vez también puede generar inconvenientes al momento de realizar procesos que demanden de mayor precisión para cualquier actividad dentro de la industria tecnológica.

Justificación

La innovación tecnológica está enfocada a satisfacer necesidades en distintos procesos industriales, con el fin de mejorar y corregir errores de manufactura. Este se enfoca en el corte y grabado de mayor precisión de distintas materias primas y puede beneficiar a diferentes actividades económicas como artesanos en cuero, sastres, carpinteros, diseñadores de modas, arquitectos, ingenieros, entre otros, que necesitan mejoras en los procesos en la creación de sus productos.

Por esta razón la presente propuesta está enfocada en la implementación de un controlador numérico por computador (CNC) de corte y grabado laser, el mismo que conllevará a la ejecución pronta de prototipos, mejorando procesos industriales, haciendo uso de la tecnología que favorecerá en la calidad de la creación de proyectos innovadores que vayan a realizar y a su vez esto garantizará que los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte en los cuales se implementen, cuenten con mayor tecnología y de esta manera esto se llegue a convertir en un aporte para el avance de la industria a nivel nacional.

Alcance

El presente trabajo de grado está orientado en poder implementar un proyecto innovador, con el fin de poder satisfacer necesidades tecnológicas con la creación de una máquina de control numérico computarizada (CNC) de corte y grabado de láser tamaño A0, el mismo que se enfoca en trabajar con materias primas (MDF y acrílico) con una dimensión de 841x1189 mm, con un láser cuya potencia sea suficiente para el corte de MDF de 6 mm y acrílico de 3 mm, con capacidades de ajuste de la velocidad, con bucles de corte dependiendo el grosor del material.

El movimiento del láser se realizará utilizando motores paso a paso en los ejes cartesianos X y Y, manteniendo en el eje Z el láser, que permanecerá calibrado a una distancia adecuada para realizar el corte y grabado. Mediante la utilización de código G se dará la información al equipo para ejecutar el corte y grabado de los diseños hechos en software específico, que servirá para la visualización de las diferentes creaciones que crea conveniente el técnico docente encargado del laboratorio con fines didácticos.

El dispositivo utilizará energía eléctrica de la red doméstica de 110v, que, mediante la utilización de un transformador, alimentará con un voltaje nominal de 12 a 5 voltios a la placa controladora y utilizando software con interfaz gráfica para el control del proceso a realizar por la máquina de control numérico (CNC), en donde también se incorporan los parámetros de corte. Se podrá tener una simulación de lo que se va a realizar antes de ejecutar el grabado en la máquina. Se utilizan finales de carrera en los ejes cartesianos X y Y con sentido positivo y negativo, esto para delimitar el área de trabajo, donde se puede realizar el corte y grabado de objetos y se contará con un paro de emergencia de seguridad en caso de alguna anomalía o error en la realización del trabajo.

Objetivo General

Implementar un sistema de control numérico por computadora (CNC) laser para realizar corte y grabado en materia prima, en el laboratorio de Tecnología Eléctrica de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica del Norte.

Objetivos Específicos

- Describir las tecnologías de los sistemas de control numérico por computador de corte láser.
- Diseñar un sistema de control numérico (CNC) de corte y grabado láser para el laboratorio de Tecnología Eléctrica de la Universidad Técnica del Norte.
- Implementar una CNC de corte y grabado láser para el laboratorio de Tecnología Eléctrica de la Universidad Técnica del Norte.

CAPÍTULO 1

Describir las tecnologías de control numérico

En este capítulo se proporciona conceptos básicos teóricos para conocer los sistemas empleados en la cortadora láser CNC tanto mecánicos, eléctricos y de control, estos conocimientos permiten controlar la posición y velocidad de los motores accionados en sus diferentes ejes. Esta sección también comprende una introducción a los conceptos acerca del diodo láser, funcionamiento de las máquinas CNC, tecnología CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacture), transmisión de movimiento y motores paso a paso.

1.1. La tecnología del control numérico

El origen del control numérico por computadora se remonta a la década de 1950 en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Fue en ese momento cuando se logró la automatización de una fresadora por primera vez. Cabe destacar que las computadoras de esa época estaban en sus primeras etapas de desarrollo, lo que implicaba que ocupaban un espacio considerable, tal como se ilustra en la Figura 1.

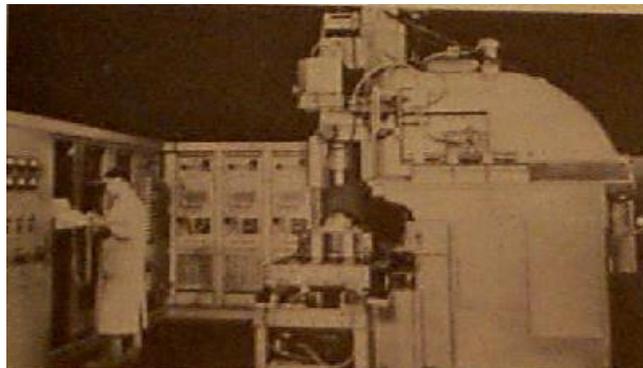


Figura 1 Primera CNC en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).

Fuente: (CASIOPEA, 2018)

Actualmente, se puede encontrar una máquina de control numérico computarizado (CNC) en casi todas las industrias nacionales o extranjeras, y podemos ver que estas máquinas ya no abarcan solo zonas industriales, sino también talleres de otro tipo, tanto de pequeña como mediana envergadura. Es claro decir que no existe algún proceso de fabricación automática inteligente que no dependan de tecnologías (CASIOPEA, 2018).

1.1.1. Control Numérico por Computadora

Los sistemas para los procesos de fabricación se controlan por medio de números, letras y símbolos, por lo que se conforma el sistema de control numérico (NC). A medida de avances tecnológicos se establece el control numérico por computador (CNC) seguidamente se van

mejorando los procesos informáticos centrales llamado control numérico directo (DNC) con el fin de buscar mejoras en la eficiencia de los procesos con precisión y exactitud (Cruz N., 2017).

Una máquina controlada numéricamente, puede generar movimientos de la mesa, el carro y el husillo. La programación de la máquina permite que esta ejecute las operaciones por sí sola, requiriendo la vigilancia ocasional por parte de un operador, esto permite optimizar recursos en la industria o talleres que utilicen esta tecnología, mejorando la productividad y adaptándose a diferentes procesos de producción. (Peters, 2018)

La unidad para el control numérico por computador, es una tarjeta controladora en función de las acciones programadas del código G, que permite intervenir en el movimiento del cabezal láser por medio de mecanismos de desplazamiento lineal en el plano cartesiano X y Y, la estructura del software y hardware una vez calibrados; la velocidad y corriente son los factores a controlar en el proceso, permitiendo establecer parámetros de corte y grabado láser. (Flores, Chavez, Cuadrado, & Pilco, 2020)

El código G es un lenguaje de programación que permite la operación de las herramientas en los cuadrantes X, Y, Z, para la máquina de control numérico por computador (CNC), el cual logra movimientos rápidos, interpolación lineal, interpolación con sentido horario y con sentido antihorario.

Su aplicación tiene la finalidad de acoplarse a máquinas herramientas del campo industrial como:

- Corte láser.
- Tornos.
- Fresadoras.
- Cepilladoras.
- Centros mecanizados. (Binti , Farooqi, Alsultan, & Yusoff, 2017)

1.1.2. Máquina de Control Numérico por Computador

El Control Numérico por Computadora, también conocido como CNC, es cualquier dispositivo que tenga la capacidad de controlar automáticamente la posición de un dispositivo mecánico mediante la interacción de un software de control y una computadora. El avance de nuevos mercados ha impulsado el desarrollo de tecnologías innovadoras que buscan reducir el tiempo de mecanizado y optimizar el uso de materia prima (Cabrera & Cedillo, 2019).

1.1.3. Beneficios de una máquina CNC

En la actualidad es de vital importancia en la industria, para lograr ser más productiva y al mismo tiempo reducir costos de operación, la tecnología de control numérico computarizado ha permitido evolucionar los procesos, con los siguientes beneficios:

- Mejora en la automatización haciendo que la intervención del operario en la producción pueda reducirse o incluso eliminarse, existiendo maneras de operarlo sin supervisión durante un ciclo mecanizado.
- La consistencia y precisión son mejores a diferencia de los procesos manuales, lo cual permite producir un sin número de piezas idénticas en un menos tiempo.
- La flexibilidad es un factor muy importante en estas máquinas, que funcionan a partir de programas, es decir que es tan sencillo producir una pieza diferente, ya que se puede cargar un programa distinto, y además se puede ir con el mismo a operarlo en otra máquina.
- El cambio rápido de piezas para la reparación es una propiedad muy buena dentro del mantenimiento, ya que el tiempo de preparación resulta muy corto.

Estas ventajas anteriormente mencionadas, dan paso a una producción optimizada, garantizando la calidad de los diferentes elementos manufacturados (Modern Machine Shop, 2022).

1.1.4. Componentes y Arquitectura de una CNC

En la Figura 2 ilustra los elementos esenciales de una máquina CNC, destacando que el componente central de un sistema CNC es un ordenador, encargado de establecer las conexiones lógicas y llevar a cabo los cálculos necesarios. Además, se compone de dos interfaces que actúan como puente entre la máquina y el operador, mostrando la secuencia de las distintas interfaces para operar una máquina CNC:

- a) **Interfaz del operador:** se compone del panel de control y dispositivos periféricos que tienen la capacidad de conectarse a este.
- b) **Interfaz de control de máquina-herramienta:** La interfaz de control de la máquina-herramienta se divide en subsistemas que gestionan las conexiones de control de los actuadores de los ejes y el control de la herramienta (Cabrera & Cedillo, 2019).



Figura 2 Componentes básicos de una máquina CNC.

Fuente: Propia Autoría.

1.1.5. Tipos de CNC

Las máquinas de control numérico por computador (CNC) se definen como herramientas mecánicas automáticas controladas por un sistema cuya función es generar piezas complejas que demanden de precisión, en diferentes campos industriales.

Existen una variedad de tipos de máquinas operadas bajo controladores numéricos ajustados a diversas necesidades, como son:

Máquinas CNC, por su tipo de movimiento

Según el movimiento tenemos sistemas punto a punto y sistemas de contorno, en ello se explica lo siguiente:

- a) **Sistemas punto a punto:** se refieren a aquellos en los que tanto el material como la herramienta se posicionan en ubicaciones relativas fijas y se mantienen así hasta que el cortador finaliza el proceso y se retira.
- b) **Sistemas de contorno:** se refieren a aquellos en los que la máquina herramienta corta el material siguiendo el contorno de una pieza, lo que implica trabajar en un recorrido continuo y sin interrupciones.

Máquinas CNC, por tipos de funciones

Las máquinas de Control Numérico por Computador (CNC), según sus funciones o tipos de piezas, se dividen en tipos diferentes. Cada una de ellas con características completamente distintivas, las cuales mencionaremos a continuación (Binti , Farooqi, Alsultan, & Yusoff, 2017).

- Fresadoras CNC
- Amoladoras CNC
- Cortadoras de plasma CNC
- Cortadoras de laser CNC
- Taladradoras CNC
- Tornos CNC

Máquinas CNC, por cantidad de ejes

Se pueden categorizar en cinco grupos según el número de ejes: máquinas de 2 ejes, máquinas de 2,5 ejes, máquinas de 3 ejes, máquinas de 4 ejes y máquinas de 5 ejes. (Peters, 2018).

- **Máquinas CNC de 2 ejes:** están diseñadas para moverse únicamente en dos direcciones, como por ejemplo en los ejes X y Z.

- **Máquinas CNC de 2.5 ejes:** son sistemas de 3 ejes, pero con un movimiento que no es completamente tridimensional. Aunque operan como las máquinas de 2 ejes, la diferencia radica en que el tercer eje se utiliza para realizar funciones de taladrado y roscado.
- **Máquinas CNC de 3 ejes:** Esta máquina se encarga de moverse completamente en tres dimensiones (X, Y y Z).
- **Las máquinas CNC de 4 ejes** son similares a las máquinas de 3 ejes, pero cuentan con una rotación adicional en el eje A o en el eje B. Un ejemplo común de este tipo de máquina es una máquina vertical u horizontal.
- **Las máquinas de 5 ejes:** son máquinas CNC avanzadas que permiten una rotación multidimensional y un movimiento de la herramienta, lo cual posibilita la creación de piezas precisas y complejas. Estas máquinas ofrecen un acceso mejorado a socavados y cavidades profundas, además de proporcionar un acabado y una velocidad incomparables.

Máquinas CNC, por lazo de control

Esta clasificación de máquinas CNC se basa en el tipo de bucle de control utilizado, y podemos encontrar los siguientes tipos: sistema de bucle abierto y sistema de bucle cerrado (Williams, 2013).

- El sistema de bucle abierto:** se caracteriza por ser unidireccional en términos de comunicación entre el controlador y el motor. En este sistema, el software genera la información necesaria con las señales de paso y dirección, y luego la computadora transmite dicha información al controlador. El controlador, a su vez, suministra la energía requerida al motor paso a paso.
- El sistema de bucle cerrado:** emplea un mecanismo de retroalimentación para supervisar la salida de los motores. Este sistema es capaz de detectar y corregir errores relacionados con la posición, velocidad y aceleración de manera precisa, gracias a su capacidad de retroalimentación.

1.1.6. Estilo de enrutador pórtico

En una máquina CNC, se parte de un estilo básico llamado pórtico, es el más sencillo de implementar y es preciso, este tipo de estilo se caracteriza por el husillo que está unido a un componente móvil, realizando movimientos en un sistema de coordenadas por el controlador, este estilo se asemeja a un pórtico de puerta como se muestra en la Figura 3

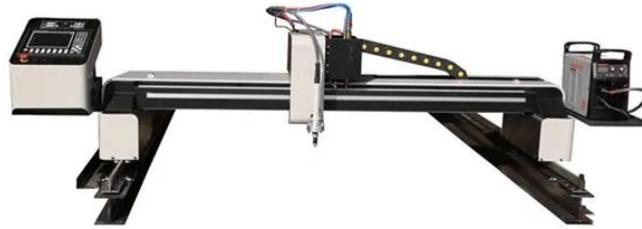


Figura 3 CNC estilo pórtico.

Fuente: (Alibaba, 2022)

Este estilo tiene dos tipos que son el pórtico fijo (Cama móvil) y el pórtico móvil (Cama fija).

Diseño pórtico fijo.

Este tipo de diseño se encuentra comúnmente en máquinas CNC más pequeñas, como enrutadores PCB o máquinas de grabado, como se muestra en la Figura 4, La razón de esto es que, en estas aplicaciones, el pórtico es fijo y no necesita ser ligero o ajustable a un tamaño específico. Esta característica facilita la creación de un pórtico resistente que no se flexione bajo carga, lo que a su vez ofrece ventajas en términos de peso, tamaño y diseño estructural. Sin embargo, también hay una desventaja asociada con este diseño, ya que a medida que se aumenta la longitud del eje X, la eficiencia del diseño de la cama disminuye (Diarioelectronicohoy, 2020).



Figura 4 CNC con pórtico fijo

Fuente: (Diarioelectronicohoy, 2020)

Diseño pórtico móvil.

Este diseño, representado en la Figura 5, es altamente versátil, ya que todo el pórtico se desplaza a lo largo del eje X. Esto brinda la ventaja de que el tamaño de la máquina es prácticamente ilimitado debido a su diseño. Sin embargo, hay limitaciones en cuanto a la posibilidad de crear un pórtico lo suficientemente liviano que se ajuste a un conjunto de cojinetes lineales y que aún presente poca flexibilidad bajo carga (Hispanvila, 2020).



CNC Pórtico móvil - Cama fija

Figura 5 Pórtico móvil.

Fuente: (Hispavila, 2020)

1.2. Componentes Eléctricos

Los componentes eléctricos tienen la finalidad de formar una sinergia de elementos cuya función es ejecutar los desplazamientos de las máquinas CNC, es importante tomar en cuenta las especificaciones técnicas de cada componente evitando problemas de compatibilidad.

1.2.1. Drivers

El drive recibe las señales de la interfaz y suministra la corriente necesaria para alimentar cada uno de los motores. Además, controla la velocidad del movimiento y la dirección de rotación. Es importante tener en cuenta que solo se puede utilizar un drive por cada motor.

1.2.2. Fuente de Poder

La fuente de alimentación tiene la responsabilidad de suministrar la corriente tanto a la interfaz como a los motores. Es importante tener en cuenta que la mayoría de las controladoras disponibles están diseñadas para operar con una tensión de 5V, mientras que los drivers están diseñados para funcionar con voltajes que varían desde 12V hasta 80V, dependiendo del modelo o fabricante (CNCDIY, 2017).

1.2.3. Controlador CNC

El controlador CNC es una tarjeta electrónica basada en microcontroladores, permite la calibración, configuración y control de la máquina herramienta (CNC), con el fin de que ejecute comandos de acción necesarios para la operación de la máquina en el trabajo (Peters, 2018), como se ilustra en la Figura 6, la conexión de los diferentes drivers, motores e interfaces a una computadora que cumplen con la acción programada.

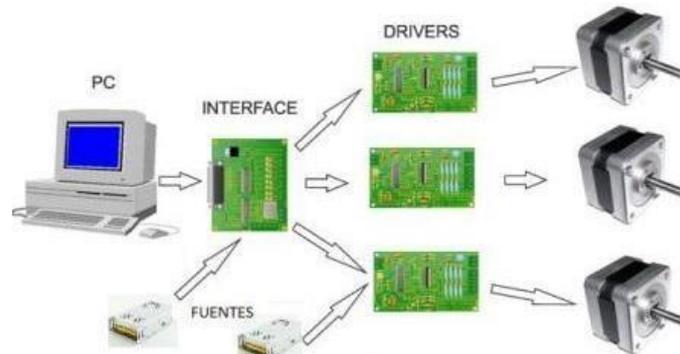


Figura 6 Componentes eléctricos de una máquina CNC.

Fuente: (CIDETER, 2022).

Su funcionamiento se genera al enviar el GCode hacia la tarjeta controladora CNC por medio del post-procesador, posteriormente la tarjeta envía una orden a los drivers para ubicar los motores según las coordenadas específicas. (CIDETER, 2022)

1.2.4. Motores Paso a Paso (MPP).

Un motor paso a paso, también conocido como "stepper motor", es un dispositivo electrónico que permite realizar movimientos altamente precisos en ángulos pequeños y por pasos en ambas direcciones. Por esta razón, se utiliza en una amplia gama de procesos de precisión, como en sistemas CNC, impresoras 3D, robots, fotocopiadoras, cortadoras láser, entre otros.

Los motores paso a paso son motores de corriente continua (CC) que se desplazan en pasos discretos. Estos motores constan de múltiples bobinas organizadas en grupos llamados fases. Al alimentar secuencialmente cada fase, el motor gira un paso a la vez.

El control de los pasos del motor es realizado por una computadora o un microcontrolador, lo que permite lograr un posicionamiento muy preciso y controlar la velocidad del motor paso a paso. Debido a esta capacidad de control y su precisión, los motores paso a paso son ampliamente elegidos para numerosas aplicaciones que requieren un control preciso del movimiento (Castaño Giraldo, 2021).

Un motor de pasos se define por las siguientes características: (Carletti, 2017)

- Voltaje: Estos motores requieren un voltaje definido para su funcionamiento, aunque pueden soportar un voltaje superior para lograr el torque deseado, pero esto disminuye su vida útil.
- Resistencia eléctrica: Los bobinados del motor presentan una resistencia, que es una característica de cada dispositivo. Esta resistencia determina la corriente que consumirá el motor y es un parámetro que afecta al torque y velocidad de operación del motor.
- Ángulo de giro: Es el criterio de selección más importante de un motor de pasos. Las cantidades más comunes de grados por paso son: 0.72° , 1.8° , 3.6° , 7.5° , 15° y hasta 90° , estos valores de grados se denomina resolución del motor.
- Torque: También denominado torque de detención es el torque que hace que se detenga firmemente en una posición cuando no está girando, con eso se elimina un mecanismo de freno.

Motor Paso a Paso de Reluctancia Variable.

Fueron los primeros modelos que aparecieron como actuadores, se caracterizan por tener un rotor multipolar de hierro dulce y un estator devanado, que al momento que fluye corriente por las bobinas del estator, el diente del rotor es magnetizado y atraído por el campo magnético. como se muestra en la Figura 7, debido a su conmutación secuencial permite que el motor gire dependiendo del ángulo determinado por la estructura del motor.

Una desventaja que presentan es su baja resolución y bajo par.

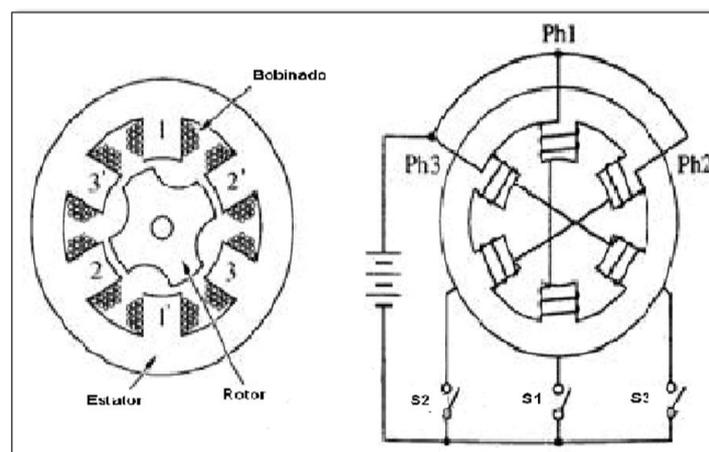


Figura 7 Diagrama de motor paso a paso de reluctancia variable.
Fuente: (UPNA, 2015)

Motor Paso a Paso Híbrido.

Son ampliamente utilizados en aplicaciones industriales debido a su alta resolución, lo que proporciona un nivel de precisión superior en términos de par, retención de par y velocidad alcanzada. Estos motores tienen la capacidad de realizar movimientos en incrementos de

0.9° a 3.6° y pueden ser programados para adaptarse a las necesidades específicas del usuario. En este tipo de motor, el magnetismo se aplica axialmente, como se muestra en la Figura 8.

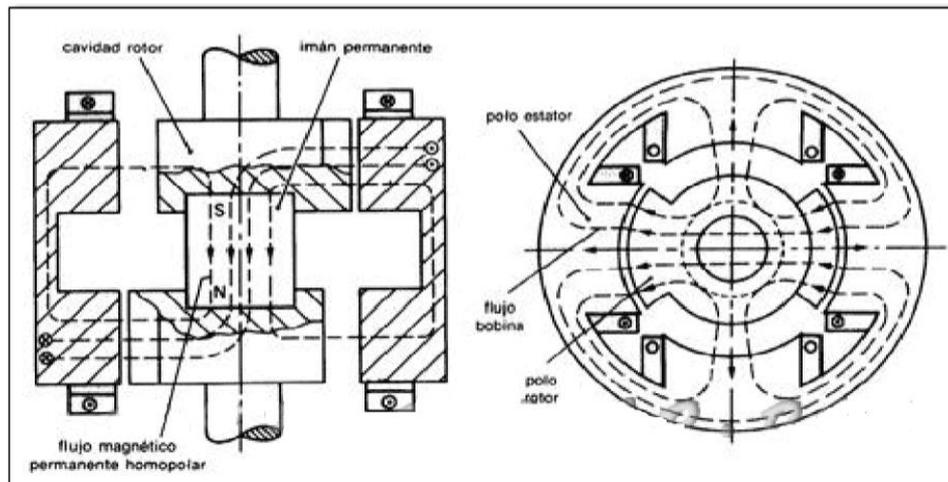


Figura 8 Diagrama de motor paso a paso híbrido.

Fuente: (UPNA, 2015)

Motor Paso a Paso de Imán Permanente.

Este tipo de motor está compuesto por electroimanes que forman cuatro polos variables. Su rotor está magnetizado radialmente, lo que significa que al cambiar la posición del rotor, también se modifica la dirección del flujo de corriente en las bobinas y de los polos magnéticos. Si se invierte la dirección de la corriente, esto resultará en un giro del motor a un ángulo de 90°, lo que genera pasos más grandes y menos precisos. Normalmente, este tipo de motores presenta pasos de 7.5° a 15°. Los polos ya magnetizados aumentan la inducción magnética elevando el par, en la Figura 9, se analiza el diagrama del motor paso a paso por imán permanente.

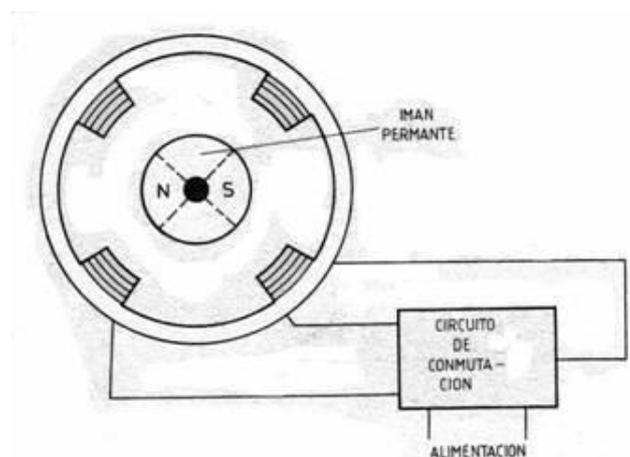


Figura 9 Diagrama de motor paso a paso imán permanente.

Fuente: (TME, 2021)

Motor paso a paso híbrido

Según Delgado (2017), el motor paso a paso híbrido es una combinación de otros tipos de motores paso a paso, como el motor de reluctancia variable y el motor de magnetización permanente. Este tipo de motor se caracteriza por su alta precisión y par motor. Puede ser configurado para generar pasos angulares pequeños del orden de 1.8° . Esto es posible gracias a que el rotor tiene dos tapones de acero dentados con 50 dientes que se magnetizan, y el estator cuenta con 48 dientes que no pueden estar alineados. Cuando se energizan los dientes de las bobinas, el rotor girará en incrementos de 1.8° (Vivar, 2019).

Motores unipolares y bipolares

Estos dos tipos de motores, el unipolar y el bipolar, presentan diferencias distintivas. El motor unipolar funciona con una sola polaridad de corriente (voltaje), mientras que el motor bipolar utiliza dos polaridades, lo que implica que la dirección del flujo de corriente en la bobina es variable. Otra diferencia importante es que en el motor bipolar, las bobinas deben estar conectadas de tal manera que la energía pueda transferirse desde el final de una bobina al principio de la siguiente.

Motor unipolar

Estos motores tienen 5 o 6 cables, dependiendo de la configuración interna. De estos cables, 4 se utilizan para recibir pulsos que indican la secuencia y duración de los pasos, mientras que los cables restantes se utilizan para la alimentación del motor. Este tipo de motor se caracteriza por su sencillez de control.

Para los motores unipolares, existen 3 secuencias de manejo:

- Secuencia normal: En esta secuencia, el motor avanza un paso a la vez. Se mantienen dos bobinas activadas, lo que proporciona un elevado torque de paso y retención.
- Secuencia Wave drive (paso completo): En esta secuencia, se activa una bobina por vez, lo que hace que el eje del motor gire hacia la bobina activa. Esto permite un movimiento más suave, pero a costa de un menor torque de paso y retención.
- Secuencia de medio paso: En esta secuencia, se activan las bobinas en combinaciones que intervienen las secuencias anteriores, lo que produce un medio paso en comparación con las secuencias anteriores. Primero se activan 2 bobinas y luego solo 1, siguiendo este patrón de forma secuencial.

Motores bipolares

Los motores de 4 cables, por lo general, requieren una mayor manipulación y control, ya que necesitan cambiar la dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en secuencias

adecuadas para lograr un movimiento. Para ello, se requiere un puente H para cada bobina del motor. En el caso de estos motores de 4 cables, que constan de 2 bobinas, se necesitan dos puentes H, lo que hace que el controlador sea más complejo y costoso, según Vivar (2019).

Tamaños de Motores Paso a Paso.

En la Tabla 1 se presentan los tamaños típicos de motores de paso indicando su velocidad y torque:

Tabla 1 Tamaño de motores.

Tamaño	Diámetro (mm)	Torque (Nm)	Velocidad (RPM)
NEMA 8	20	0.01 - 0.04	0 – 1000
NEMA 11	28	0.06 - 0.05	0 – 1000
NEMA 14	35	0.05 - 0.5	0 – 1000
NEMA 16	39	0.1 - 0.25	0 – 1000
NEMA 17	43	0.2 – 1	0 – 1000
NEMA 23	57	0.5 – 3	0 – 1000
NEMA 24	60	1.2 - 4.6	0 – 1000
NEMA 34	86	3 – 12	0 – 1000
NEMA 42	102	12 – 20	0 – 1000

Nota: Tomado de la página de la empresa Zicodriver especializada en control de motores paso a paso y CC sin escobillas (Zikodrive, 2018).

En la Figura 10 se observa un motor paso a paso que tiene la capacidad de convertir impulsos eléctricos en pasos mecánicos y ajustados a un control, pueden ser comandados tanto su velocidad y el desplazamiento, que puede ser utilizado en cualquier eje de rotación Fuente: .



Figura 10 Motor paso a paso

Fuente: (controlautomaticoeducacion, 2019).

1.2.5. Finales de Carrera.

Un interruptor de posición, también conocido como final de carrera, es un sensor electromecánico diseñado para detectar la posición de un elemento móvil mediante un mecanismo de accionamiento físico. Estos interruptores son ampliamente utilizados en

diferentes aplicaciones y son considerados los sensores más comunes en todo el mundo. Funcionan a través del contacto directo con el objeto, lo que significa que necesitan estar en contacto físico con el objeto para detectar cuando el elemento móvil alcanza una posición específica. (Lawmayer, 2020).

Los fines de carrera pueden ser mecánicos u ópticos.

Características de los Fines de Carrera Mecánicos.

- **Contacto de ruptura lenta:** En este tipo de contacto, los puntos de activación y desactivación son idénticos. Esto significa que el cambio de estado del interruptor se produce gradualmente a medida que se alcanza el punto de activación y se libera el contacto.
- **Contacto de ruptura brusca:** Por otro lado, en un contacto de ruptura brusca, los puntos de activación y desactivación son diferentes. Esto implica que el interruptor cambia de estado de manera rápida y brusca cuando se alcanza el punto de activación, y el contacto se libera abruptamente al llegar al punto de desactivación.

Características de los fines de carrera ópticos.

Los fines de carrera ópticos o fotoeléctricos constan de un emisor de luz LED y un fotodiodo como receptor que detecta la luz emitida. La detección se produce por el cambio de la cantidad de luz recibida debido a la presencia del objeto. Normalmente, se utiliza luz infrarroja. Los tipos más comunes son: de barrera, réflex y difuso.

- **Característica de detección:** Se refiere a materiales que se puede detectar, distancia de detección, histéresis. Son propias de cada tipo de detector.
- **Alimentación de energía salida de señal:** Se refiere a la frecuencia o retardo de conmutación, tensión de alimentación, tipo de señal de salida (transistor, relé, triac, etc.).

En la Figura 11 se puede apreciar la ilustración de un final de carrera mecánico, que emite su señal cuando cambia de posición, mientras tanto su señal sigue siendo nula.

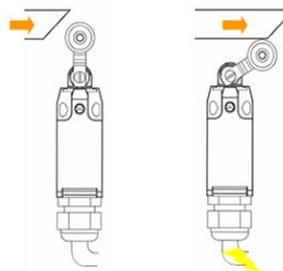


Figura 11. Finales de carrera mecánicos.

Fuente: (Laumayer, 2022)

Partes Principales de un Final de Carrera.

Los finales de carrera constan de distintas partes claramente diferenciadas, las cuales se describen a continuación:

Cabezal: Esta es la parte encargada de convertir el movimiento del actuador en un movimiento de contacto. Cuando el actuador se mueve de manera adecuada, el mecanismo proporciona continuidad eléctrica al final de carrera.

- **Cuerpo del interruptor:** El cuerpo del interruptor es la parte que alberga el bloque de contactos. Proporciona la estructura y protección necesarias para el funcionamiento del final de carrera.
- **Bloque de contactos:** Aquí es donde se encuentran los contactos eléctricos del final de carrera. Estos contactos pueden abrirse o cerrarse en función del movimiento del actuador, permitiendo o interrumpiendo el flujo eléctrico según la posición del elemento móvil. (Lawmayer, 2020).

1.2.6. Láseres en Máquinas CNC.

Los láseres semiconductores se producen utilizando diodos semiconductores que pueden emitir luz coherente, es decir, luz que se mantiene concentrada en un haz. Esta emisión de luz coherente ocurre cuando los diodos se excitan mediante corriente eléctrica. Aunque la monocromaticidad de los láseres semiconductores no es tan pura como en otros tipos de láseres, estos siguen siendo de gran importancia en diversas industrias como la construcción naval, automotriz, petrolera, aeroespacial y electrónica.

En estas industrias, los láseres semiconductores se utilizan para llevar a cabo diversas aplicaciones, como la modificación de materiales, perforaciones, soldaduras y revestimientos superficiales. Aunque su calidad de emisión de luz puede variar, su versatilidad y capacidad para proporcionar una fuente de energía concentrada y controlada los convierte en una herramienta valiosa en múltiples campos de aplicación (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2019).

La potencia del láser es controlada de igual manera desde el sistema de control numérico por computador (CNC), por medio de un control, Lógica Transistor a Transistor (TTL), o también por la modulación por ancho de pulso (PWM) que permite el control de luz, de

acuerdo con la intensidad que se requiera para el marcado de la pieza con una imagen o para su corte.

La mayor parte de las aplicaciones industriales están enfocadas al corte y grabado en material plástico, textiles o cuero, sea este para realizar letreros publicitarios, logotipos o piezas para juguetes y maquetas, puesto que esta tecnología permite fijar un diseño en el material mediante el desbaste de pocas micras en la superficie, lo que no altera su composición o propiedades (Villaseñor Salvatierra, Chávez Bracamontes, & Bracamontes del Toro, 2019).

Tipos de Láser

Existen muchos tipos de láser empleados distintos dispositivos tecnológicos. Se presenta los tipos de láseres más comunes, sus características y aplicaciones en la Tabla 2:

Tabla 2. Tipos de láseres y sus aplicaciones.

Láser	Medio activo	Rango de frecuencia de emisión	Régimen de emisión	Potencia pico máxima (aproximada)	Utilidades
Helio-Neón	Gas	Rojo	Continuo	10 mW	- Metrología - Lectores de código
Ion de Ar	Gas	Verde – Azul	Continuo	10 W	- Bombeo - Espectáculos
CO ₂	Gas	Infrarrojo	Continuo o pulsado	1 kW	- Corte - Soldadura - Cirugía
Excímero	Gas	Ultravioleta	Pulsado	1 MW	- Micro procesado - Cirugía
Químicos	Gas	Infrarrojo	Continuo	1 MW	- Escudos antimisil
Colorante	Líquido o Sólido	IR-Visible-UV	Continuo o pulsado	1 W	- Espectroscopía
Rubí	Sólido	Rojo	Pulsado	1 kW	- Investigación
Neodimio: YAG	Sólido	Infrarrojo (*)	Continuo o pulsado	1 GW	- Bombeo - Procesado de ma - Cirugía
Titanio: Zafiro	Sólido	Infrarrojo	Continuo o pulsado	1 PW	- Investigación - Pulsos ultracortos
Semiconductor	Sólido	Infrarrojo – Visible	Continuo	1 mW – 1 kW	- Comunicaciones - CD, DVD - Punteros - Bombeo
Fibra	Sólido	Infrarrojo – Visible	Continuo o pulsado	1 W – 1 kW	- Procesado de ma - Comunicaciones - Espectroscopía
Electrones libres	(**)	Microondas – Rayos X	Pulsado	100 kW	- Investigación

Nota: Esta tabla es tomado de CLPU 2013, esta es una pagina especializada en lasers.

Entre los láseres mencionados en la Tabla 2, de medio activo sólido, también denominados láseres de diodo son del tipo más utilizado en aplicaciones de tipo general (CLPU, 2013).

Corte por Láser

El corte por láser se fundamenta en la generación y transporte de un haz de luz altamente concentrado y energético. Una vez generado, el haz de luz atraviesa una pequeña apertura, manteniendo una mínima desviación, lo que permite dirigirlo hacia el punto de corte. Esto se logra mediante el uso de espejos y se enfoca mediante un lente para maximizar su densidad de energía.

La posición del punto de corte es controlada por un sistema de movimiento, el cual está dirigido por un sistema de Control Numérico Computarizado (CNC). Esto significa que cualquier diseño dibujado en un plano puede ser traducido en una trayectoria de corte y reproducido por el sistema de guía del haz láser, lo que permite realizar el corte del perfil deseado con precisión.

En resumen, el proceso de corte por láser implica la generación y enfoque de un haz de luz altamente energético, controlado por un sistema CNC, que permite convertir diseños en planos en trayectorias de corte y realizar cortes precisos según el perfil deseado.

Generación del haz de láser

La sigla en inglés "Laser" (Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation) se refiere a los láseres, los cuales están compuestos esencialmente por 3 componentes principales: un medio de amplificación, una fuente de energía para excitar los electrones y un camino óptico. Estos componentes se pueden observar en la Figura. (Ibarra, 2018).

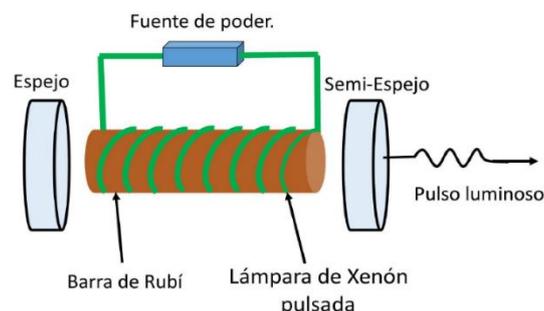


Figura 12 Generación de haz de láser.

Fuente: (Ibarra, 2018)

Al excitar moléculas desde su estado base utilizando un bombeo óptico generado por una fuente de radiación externa, se logra que estas moléculas pasen a un nivel de energía más alto. Esto resulta en un mayor número de moléculas en el nivel de energía superior, lo que

provoca una inversión de polaridad en el sistema. Esta inversión de polaridad ocurre sin necesidad de incrementar la tasa de cambio del número de moléculas excitadas en el estado base.

Además, entre el nivel de energía más alto y un nivel intermedio, se producen transiciones radiantes. Estas transiciones generan un haz de microondas a partir de la emisión estimulada, aprovechando el proceso de amplificación de la luz mediante la emisión estimulada, como se muestra en la Figura. (Ibarra, 2018).

Láser de Estado Sólido

El láser de estado sólido es un tipo de laser excitado ópticamente y su medio activo es un cristal sólido. En este cristal, se insertan residuos de iones que reemplazan a los átomos del material matriz, y son los niveles de energía de estas impurezas quienes participan en el proceso de emisión de luz (Ponce V., 2017)

Sus características son:

- Es monocromático.
- Puede enfocarse en un punto muy pequeño.
- Tiene elevada intensidad.
- Puede comprimirse temporalmente.

Entre sus ventajas se pueden mencionar:

- Elevado rendimiento, que puede alcanzar hasta el 30%.
- Variedad de regímenes de explotación.
- No se precisa de ningún gas para generar el rayo.
- Sistemas compactos y más económicos.
- Consumo de energía menor respecto a láseres de gas.

Del mismo modo, se presentan algunas desventajas:

- Son propensos a descargas eléctricas estáticas.
- Requieren de una fuente de alimentación de buena calidad, estable y sin fluctuaciones.
- Sufren desgaste en el tiempo, lo que reduce su eficiencia.
- La lente es frágil y su avería significa un daño grave al equipo.

1.3. Componentes Mecánicos

En este inciso se determina las diferentes partes mecánicas que conforma a un sistema de control numérico, involucradas en el movimiento de los ejes cartesianos.

1.3.1. Mecanismos de Guía

Los componentes guías son mecanismo de movimiento capaz de proporcionar características de estabilidad, resistencia, vibraciones y cargas, idóneos para máquinas que realizan trabajos pesados.

Mecanismo con Guía Lineal de Barra de Acero.

Este tipo de guía consiste en un soporte de aluminio en forma de w, que sirve de base a una barra de acero templado que se fija al perfil de aluminio mediante tornillos. Sobre la barra de acero deslizan rodamientos lineales partidos, que se unen mediante tornillos al cuerpo que se debe desplazar. El sistema permite cambiar la barra de acero cuando sufre desgaste o tiene daños. Se encuentra en el mercado nacional en longitudes de hasta 3 m, un claro ejemplo de una guía se ilustra en la Figura 13.

Características:

- Capacidad de carga.
- Duración de vida.
- Velocidades de funcionamiento.
- Aceleración.
- Dimensiones.
- Temperatura de servicio.



Figura 13 Guía lineal con rodillos lineales.

Fuente: (UBUY, 2022).

Mecanismo de Guía con Rodamientos y Rueda.

Este tipo de guía utiliza perfiles con canales en V, por donde se mueven ruedas soportadas por un rodamiento con cubierta de goma, también se puede crear varios arreglos para

soportar más carga según sea necesario. La carga se une a las ruedas mediante una placa que sirve para soporte de los ejes de estas, como se verifica en la Figura 14.



Figura 14 Guía con rodamientos.

Fuente: (Shobot, 2022).

Mecanismo con Riel de Guía Lineal.

Los sistemas de rieles de guías lineales se utilizan para lograr un movimiento lineal suave, especialmente en máquinas industriales y dispositivos de producción que requieren alta capacidad, durabilidad y precisión. Estos sistemas se componen de rieles de guía de rodillos y carros de rodillos montados sobre bolas, los cuales están diseñados y fabricados para resistir el desgaste y ofrecer una larga vida útil. Un ejemplo claro de estos componentes se puede observar en la Figura 15, donde se muestran los elementos que conforman el riel deslizante.



Figura 15 Guía lineal de riel deslizante.

Fuente: (IKO, 2021)

1.3.2. Sistemas de transmisión

Existen distintos sistemas de transmisión (Figura 16) para máquinas de control numérico computarizado, los cuales se caracterizan por su costo de construcción y su exactitud en los movimientos, para esto deben presentar cuatro capacidades básicas de movimiento.

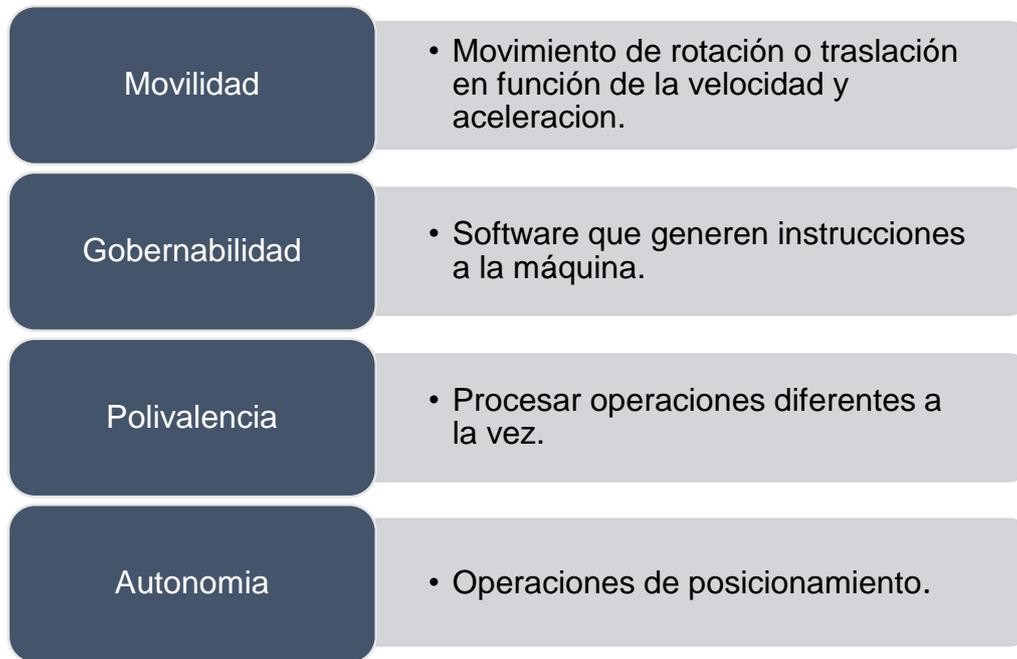


Figura 16 Capacidades básicas de transmisión de una máquina herramienta

Fuente: (Lara & Muso , 2018)

Transmisión por tornillo de bolas recirculantes

Castiglione (2011) informa que este tipo de transmisión debemos considerar las ventajas que presentan tales como:

- Se destacan por la conversión de un movimiento de rotación en un movimiento de traslación, además presentan características en el paso haciéndolo suave, liviano y con juego nulo, necesariamente deben presentar una adecuada lubricación, ya que esto ayuda a la precisión de avance reduciendo el rozamiento.
- Presenta alta rigidez mecánica para soportar elevadas cargas y durabilidad a largo plazo.
- Su consumo energético en el par que ejercen los motores es bajo, porque el movimiento inicial es bajo.

El desplazamiento se produce mediante el giro de un tornillo, avanzando cinco milímetros por vuelta, en función del paso de rosca y el número de espiras.

Transmisión por piñón y cremallera

Para el sistema de transmisión ejercido por medio de un piñón junto a una cremallera se presentan las principales características como:

- Presentan solidez y precisión para desplazamientos extendidos.
- Ideal para maquinas robustas, con cargas elevadas y sus desplazamientos a velocidades de trabajo son aceptables.
- La precisión que presenta este sistema es de dos centésimas de milímetros, es menos a la de bolas recirculantes mencionados anteriormente.

Este mecanismo ajustado a un estudio de rigidez y composición metálica de mayor dureza, se menciona que la cremallera posee más resistencia que el piñón brindando una duración muy extensa, haciendo que el piñón sea reemplazable y de menor costo.

Transmisión por correa de caucho

Este tipo de transmisión asistido por una correa de caucho, posee grandes ventajas como les que se describen a continuación:

- Son más económicos que los sistemas mencionados anteriormente.
- Su montaje es sencillo y se reduce el número de horas para su instalación.
- Sus correas de montaje inicialmente poseen precisión.
- No necesitan lubricación para su funcionamiento.
- Soportan temperaturas (Lara & Muso , 2018).

Transmisión por cadena y polea dentada

Según Ingemecánica (2017), las cadenas de transmisión desempeñan un papel crucial en sistemas donde se necesita transmitir altos pares de fuerza y los ejes de transmisión operan a velocidades de giro medias y bajas. Estas cadenas son especialmente adecuadas para aplicaciones que requieren resistencia y durabilidad, como en maquinarias industriales y sistemas de transmisión de potencia. Su diseño robusto y capacidad para soportar cargas pesadas las convierte en una opción confiable para transmitir fuerzas considerables en condiciones de funcionamiento exigentes.

Poseen una robustez capaz de someterse a situaciones adversas de trabajo y temperaturas elevadas, además su relación de transmisión fija y ángulo de giro entre la entrada y salida generan una ventaja en la operación (Lara & Muso , 2018).

1.4. Componentes de Control

El control se compone por un software que permite guiar movimientos que deseamos que haga la máquina por medio de la programación, automatizando campos de acción que se van a ejecutar por medio de código G.

1.4.1. Linux CNC

Es un software de programación de código G que utiliza tarjetas Ethernet y Mesa, puede ser ejecutado en una placa Raspberry Pi y utiliza código abierto para personalizar la interfaz gráfica, es compatible con máquinas CNC. En la Figura 17, se mira la interfaz gráfica que tiene el software, donde el movimiento de los ejes se puede realizar a través de botones de mando por pantalla.



Figura 17 Pantalla principal del programa

Fuente: (ALL3DP, 2022)

1.4.2. Mach3

Es un programa para la generación de código G, visualización de interfaz gráfica que puede ser completamente personalizable y tiene una comunicación amigable con placas externas como la AKZ250, compatible con sistema operativo de Windows. De acuerdo con el fabricante, este software permite convertir un PC en un controlador CNC de hasta 6 ejes. Además, Mach3 permite importar archivos en formato DXF, BMP, JPG y HPGL, obteniendo a la vez de ello el código G mediante su tecnología propietaria LazyCAM, como se ilustra en la Figura 18.

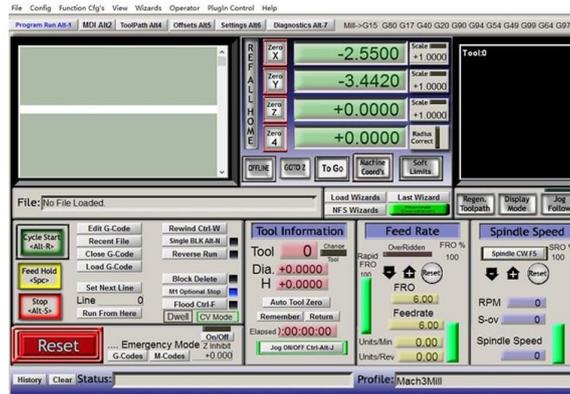


Figura 18. Interfaz gráfica de modificación del programa.

Fuente: Esta imagen fue extraída de aliexpress.com (Aliexpress, 2022)

Entre sus características se tienen las siguientes:

- Control de velocidad del husillo.
- Control de relé múltiple.
- Generación manual de pulsos.
- Pantalla de video de la máquina.
- Capacidad de pantalla táctil.
- Elegibilidad de pantalla completa

1.4.3. Programación CNC

El propósito de un programa con Control Numérico Computarizado (CNC) es definir las trayectorias requeridas tanto para la herramienta como para la pieza de trabajo, así como realizar ciertas funciones para construir una geometría específica mediante un proceso de mecanizado. Al programar un sistema CNC, es necesario tener en cuenta varios factores:

- **Coordenadas y movimientos:** Se deben especificar las coordenadas de inicio y finalización de cada movimiento, así como la trayectoria exacta que seguirá la herramienta durante el mecanizado.
- **Velocidad de avance:** Es importante determinar la velocidad a la que se desplazará la herramienta a lo largo de las trayectorias especificadas.
- **Herramientas y cambios de herramienta:** Se deben seleccionar las herramientas adecuadas para cada operación y establecer los puntos en los que se realizarán los cambios de herramienta, si es necesario.
- **Profundidad de corte y avances:** Se debe establecer la profundidad de corte deseada y los avances de la herramienta en cada paso para lograr las dimensiones y acabados deseados.

- **Compensación de herramienta:** En algunos casos, se requerirá ajustar las trayectorias para tener en cuenta el radio de la herramienta, lo cual se logra mediante la compensación de herramienta.
- **Seguridad y sujeción:** Se deben considerar aspectos de seguridad, como la prevención de colisiones y la sujeción adecuada de la pieza de trabajo para evitar movimientos no deseados.
- **Ciclos y funciones especiales:** En función de las necesidades específicas, pueden ser necesarios ciclos y funciones especiales, como ciclos de taladrado, roscado o interpolación circular.

Sistemas CAD, CAM y código G

Los sistemas de Diseño Asistido por Computadora (CAD) son programas de computadora que se utilizan para crear, modificar y analizar representaciones gráficas, ya sean en dos dimensiones o en tres dimensiones. Estos programas ofrecen una alternativa a los métodos de creación manual, permitiendo a los diseñadores trabajar de manera más eficiente y precisa.

Por otro lado, los sistemas de Manufactura Asistida por Computadora (CAM) se centran en la fabricación asistida mediante el uso de una amplia gama de equipos de producción, como máquinas de alta velocidad. Estos sistemas se integran con los datos generados por los sistemas CAD, permitiendo una transición fluida desde el diseño hasta la producción. Con el CAM, se pueden generar instrucciones y comandos precisos para las máquinas, lo que agiliza el proceso de fabricación y garantiza una mayor precisión en los productos finales.

En resumen, los sistemas CAD se enfocan en el diseño asistido por computadora, mientras que los sistemas CAM se centran en la fabricación asistida por computadora. Ambos sistemas trabajan en conjunto para mejorar la eficiencia y precisión en el proceso de diseño y fabricación de productos. Para poder fabricar las distintas piezas del CAD con CAM, es necesario saber interpretar el Código G que es un formato de texto que se puede escribir o transformar de una pieza CAD, que son básicamente comandos dirigiendo los distintos tipos de movimientos para obtener la fabricación ideal de la pieza.

Comandos de un programa de control numérico computarizado (CNC)

En el lenguaje de programación con CNC se encuentran diferentes comandos. Los más utilizados se detallan a continuación:

- Ejes coordenados (X, Y)
- Instrucciones de movimiento secundario (I, J)

- Dirección que se encarga de funciones preparatorias (G). Se utiliza para informar al control sobre la forma de la trayectoria, temporizado y ciclos neumáticos. Además, se puede programar hasta 100 funciones preparatorias distintas.
- La dirección relacionada con las funciones complementarias (M) se utiliza para proporcionar instrucciones específicas a la máquina herramienta y llevar a cabo operaciones como una parada programada o la rotación del husillo.

Un programa en control numérico está compuesto por un conjunto de bloques, los mismos que dan origen a un archivo de texto (.txt). Los bloques son en su mayoría direcciones que generan registros acompañados por valores. Además, los bloques proporcionan una serie de tareas que deben ser ejecutadas por la máquina-herramienta (Williams, 2013). El ejemplo de bloque puede ser el siguiente: N230 G01 X20 Z-12 M05. A continuación se ejemplifica la utilización del código G.

Tabla 3 Referencia de código G en CNC.

Número de bloque	Código G o M	Coordenadas X, Y		Parámetros complementarios
N01	G54	X10.0	Y-5	Posición rápido

Nota: Esta tabla fue extraída de la página De máquinas y herramientas (De Maquinas y Herramientas, 2022)

1.4.4. Software Para Diseño y generación de código G

Entre los softwares más importantes en el país para el diseño y generación de código G necesario para la operación de maquinaria CNC, se encuentran los siguientes:

Heeks CNC

Es un software que ayuda a generar código NC (código G más utilizado), para máquinas de 3 ejes, se puede modificar el programa adaptándolo a los requisitos según el usuario lo requiera, tiene una licencia gratuita acompañado del software HeeksCAD.

Solidworks.

Es un software propietario para diseño asistido por computador para modelado mecánico en 2D y 3D. Permite modelar piezas y conjuntos de piezas en 3 dimensiones y su representación en planos para uso en documentación y manufactura. Tiene capacidades de generación de código G y simulación de mecanizado en sus últimas versiones.

SolidCAM.

Es un software propietario, que se integra en Solidworks y se utiliza para generación de código G, para mecanizado avanzado a partir de modelos realizados en el programa base (Solidworks).

Inkscape.

Es un software de diseño vectorial de difusión gratuita, utilizado para dibujo digital, ilustración y maquetación para impresión. Además, su licencia es libre y tiene la capacidad de convertir directamente las imágenes vectoriales a código G.

No obstante, este software permite exportar varios tipos de archivos en diferentes formatos como: SVG, AI, EPS, PDF, PS y PNG; teniendo con ello una creciente comunidad internacional de usuarios, brindando apoyo en la optimización de proyectos (Inkscape, 2022).

CIMCO Edit 8

Es un software de simulación editable para control numérico computarizado (CNC), con un diseño de menú dinámico permitiendo el acceso a todos los comandos, incluye una herramienta capaz de comprobar archivos, despliegue de gráficos en 3D, simulación en tiempo real y asistencia de programación en código G o M.

El asistente que posee CIMCO, permite insertar y editar ciclos en operaciones más complejas por medio de programación personalizada con sus propias configuraciones y aplicaciones específicas, es importante resaltar que este software se adquiere de forma gratuita y es de fácil ejecución (Prensa, 2020).

LaserGRBL

Es un software compatible con Windows para grabado de imágenes y cortes por medio de sistema láser, muy fácil de utilizar, ya que su interfaz solo necesita de sencillos pasos en cuanto a calibración, cabe mencionar que se lo puede obtener de forma gratuita y no ocupa de mucho espacio.

Dentro de sus funciones importantes están la edición de texto, importación de imágenes y archivos Gcode, es compatible con grabados de contorno, grabados de puntos, grabados en blanco, negro y gris, además su velocidad de grabado es ajustable, así como la intensidad del láser.

Una vez revisado sobre los controladores numéricos por computador (CNC) láser, simultáneamente fue necesario conocer las partes fundamentales que conforman el sistema numérico, para esto se indagaron las partes principales; desde la parte mecánica que se caracteriza principalmente desde su estructura la misma que debe ser robusta y resistente para sostener las guías de movimiento, seleccionadas según las especificaciones técnicas para los ejes cartesianos X Y, para la parte eléctrica necesariamente se deben conocer datos de alimentación y consumo con el fin de garantizar un desempeño óptimo de la fuente que alimenta a la controladora, que es la parte central y de procesamiento, seguidamente conduce hacia los drivers de los actuadores que permitirán el desplazamiento de los ejes X Y, por último importante se conoció qué tipo de diodo láser se va a emplear evitando a futuro en la parte de implementación tener deficiencia en la parte operativa.

CAPÍTULO 2

Diseñar un sistema de control numérico (CNC) de corte y grabado laser

El segundo capítulo se centró en el diseño del prototipo de control numérico computarizado (CNC), para corte y grabado láser, mediante la selección de elementos basados en requerimientos técnicos, además se estructura el diseño para cumplir con el funcionamiento requerido.

2.1 Selección de Metodología para el Desarrollo

El corte por láser y su tecnología asociada facilita la fabricación de productos más complejos y permite su llegada al mercado de forma más económica y rápida, su difusión hace que sea necesario su conocimiento, tanto del equipamiento, programación y control de estos sistemas, su enfoque se liga a la preparación de los estudiantes que se forman en carreras técnicas e ingenierías.

Dentro del desarrollo de un prototipo de corte y grabado láser, fue propicio utilizar herramientas para mejorar el proceso de diseño y construcción. La metodología de cascada modificada como se observa en la Figura 19, es una herramienta que permite dividir el proceso de diseño y construcción en diferentes fases, además, establece que cada una de las fases debe ser completada en su totalidad para continuar con la siguiente fase para cumplir en su respectivo orden, empezando por el análisis de requerimientos donde se puede obtener la información con diferentes herramientas de investigación directamente desde el campo, el diseño según los requerimientos establecidos, la implementación donde se construye según el diseño y por último la validación donde se cerciora la funcionalidad del diseño según los resultados (Perez, Seca, & Perez, 2022).



Figura 19 Metodología de Cascada - Fases de desarrollo.

Fuente: (Perez, Seca, & Perez, 2022)

2.2 Metodología de Cascada: Fase 1 Análisis de Requisitos

La fase de análisis de requerimientos se centró en la recolección de datos e información necesaria por parte del estudiante, tesista, directores y demás beneficiarios para la estructuración de los lineamientos y requerimientos que el sistema deba cumplir. Para cumplir con esta fase se pudo recurrir a diferentes herramientas de recolección, análisis y síntesis de información. Considerando el objetivo de este proyecto, se planteó las especificaciones técnicas que debe cumplir la máquina de control numérico por computador, en cuanto a dimensiones, funcionalidad, fabricación. Se verificó mediante un análisis de fabricación los materiales de guías de los ejes X, Y, junto a sus soportes, del mismo modo se realizó pruebas con software de control numérico computarizado (CNC), para establecer una comparativa que permita hacer la selección del programa de control y drivers adecuados. En la Tabla 4, se aprecia los requerimientos que debe tener los mecanismos para el desplazamiento en cada uno de los ejes para que se pueda realizar el corte o grabado en láser.

Tabla 4 Requerimientos necesarios de desplazamiento

REQUERIMIENTOS				
REQUERIMIENTOS DE LA MAQUINA	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	PRIORIDAD		
		BAJA	MEDIA	ALTA
Estructura estable	Utilización de ángulos y tubos de acero			X
Dimensiones de la mesa aproximadas de: 800 x 1100mm	Espacio de trabajo 1189 x 841 mm			X
Material de los ejes	Ejes sólidos de acero			X
Fluidez en los desplazamientos	Lubricación de Ejes			X
Interfaz de manejo	Software amigable con el usuario			X
Grabado	Láser de potencia media/alta			X
Corte de MDF 6 mm y acrílico 3 mm	Láser de estado sólido			X
Movimiento en X y Y	Movimiento en dos ejes			X
Desplazamiento milimétrico	Motores paso a paso			X
Fuente de alimentación	Voltaje de 12 V			X
Delimitación del área de trabajo	Finales de carrera			X

2.2.1 Propósito y Ámbito del Sistema

El propósito del proyecto se desarrolló, buscando instalar un equipo de control numérico por computador (CNC), de grabado y corte láser en materiales como: MDF de 6 mm y acrílico de 3 mm, con desplazamiento en dos ejes, X Y, con dimensiones máximas de la mesa de trabajo semejantes al formato A0 (841 x 1189 mm). Con este prototipo el objetivo principal es instruir a los estudiantes acerca de la construcción, uso y mantenimiento de este tipo de máquinas, con una visión hacia la aplicación en la industria.

2.2.2 Descripción del Sistema

La máquina de control numérico computarizada (CNC), cuenta con una estructura robusta de acero con una mesa de trabajo con las dimensiones del formato INEN A0 (841 x 1189 mm). Sobre la mesa de trabajo se instaló perfiles omega y ejes de acero sólido que permiten el desplazamiento en dos ejes (X - Y) otorgado por motores paso a paso, con ejes de piñón y cremallera, generando un desplazamiento milimétrico para el carro donde se encuentra acoplado el módulo láser para grabados y corte de MDF de 6 mm y acrílico de 3 mm.

El cableado recorre la mesa de trabajo mediante canaletas, espirales y cadenas plásticas, protegiéndolos desde los actuadores, sensores hasta su gabinete de control, la sección de drivers de motores, alimentación y distribución eléctrica. Finalmente, mediante un cable USB conectado a un computador, el sistema se controla mediante la interfaz que proporciona el software de control que recomienda el fabricante de los drives de los motores de pasos.

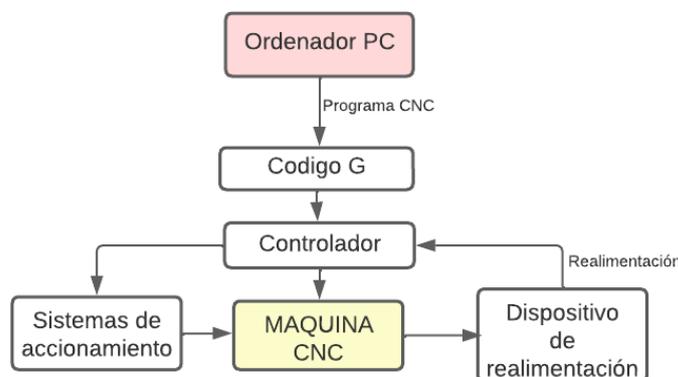


Figura 20 Diagrama de Bloques del funcionamiento del sistema

Fuente: Autoría Propia

La Figura 20 describe el funcionamiento del siguiente diagrama de bloques de una máquina de control numérico computarizada, el punto de inicio se da desde el dispositivo de entrada, donde indica el software de control que será asistido por un ordenador, para posteriormente enviar comandos de acción a la tarjeta de control por medio de código de programación Gcode, donde se genera las operaciones de movimiento para la máquina, es importante mencionar que el sistema de accionamiento permite ejecutar la marcha y paro del sistema, para el dispositivo de realimentación este se da al terminar cada línea del código G con el fin de realizar la misma operación repetidas veces, hasta finalizar alguna tarea determinada.

2.2.3 Riesgos.

De manera previa al diseño se estima riesgos potenciales para el sistema, los cuales se listan a continuación:

- En las pruebas, el sistema embebido no responda correctamente.
- La potencia del láser no permita grabar ni cortar la materia prima.
- El cableado sufra daño en la operación de la máquina.
- Desalineamiento de los ejes.
- Liberación del carro de grabado y corte.

2.2.4 Restricciones.

De manera previa al diseño se estima restricciones para el sistema, los cuales se enlistan a continuación:

- Disponibilidad de componentes.
- Manufacturación de ejes y partes de la estructura metálica.
- Software libre.
- Drivers de motores.
- Interfaz gráfica intuitiva.

2.2.5 Requerimientos Operacionales y de Usuario

En las siguientes Tabla 5 y Tabla 6 se observan los requerimientos iniciales para la funcionalidad de la máquina y el nivel de prioridad de cada uno.

Tabla 5 Requerimientos operacionales del sistema

REQUISITOS DE FABRICACIÓN					
NÚMERO	REQUERIMIENTO	PRIORIDAD			RELACIÓN
		ALTA	MEDIA	BAJA	

RSS1	Disponibilidad de materiales	X
RSS2	Facilidad de ensamblaje	X
RSS3	Manufactura sencilla	X

Tabla 6 Requerimientos de usuario del sistema.

REQUISITOS DE USUARIO					
NÚMERO	REQUERIMIENTO	PRIORIDAD			RELACIÓN
		ALTA	MEDIA	BAJA	
RSS4	Dimensiones requeridas	X			
RSS5	Facilidad de operación	X			
RSS6	Bajo mantenimiento	X			
RSS7	Bajo costo		X		
RSS8	Código G	X			
RSS9	Electrónica básica		X		

2.2.6 Requerimientos Iniciales del Sistema

En la Tabla 7, se presentó los requisitos iniciales necesarios que debe cumplir tanto para el sistema, uso y desempeño de la máquina de control numérico por computador, para esto se necesitó conocer las especificaciones técnicas de cada componente y los sistemas empleados. Estos requerimientos necesitan cumplir con un nivel de prioridad alto para ser implementados en el diseño establecido.

Tabla 7 Requerimientos iniciales del sistema

REQUISITOS DEL SISTEMA				
REQUERIMIENTO	PRIORIDAD			RELACIÓN
	ALTA	MEDIA	BAJA	
RSSi1	Alimentación del sistema desde red 110V – 220 AC		X	
RSSi2	Sensores de final de carrera	X		
RSSi3	Deslizamiento suave de carros	X		
RSSi4	Movimiento rápido de carros	X		
RSSi5	Rigidez de bastidor	X		
Requisitos de uso				
RSSi6	Manual de operación	X		
RSSi7	Manual de mantenimiento	X		

RSSi8	Especificaciones técnicas de fines de carrera	X
RSSi9	Facilidad de puesta en marcha	X
Requerimientos de desempeño		
RSSi10	Grabado en MDF	X
RSSi11	Corte en MDF	X
RSSi12	Corte en Acrílico	X

2.2.7 Requerimientos de Arquitectura

Se describe las características que tiene el software y hardware, además de los requerimientos lógicos de la máquina, estos requerimientos se detallan en la Tabla 8

Tabla 8 Requerimientos de estructura.

REQUISITOS DE ESTRUCTURA DE DISPOSITIVO					
NÚMERO	REQUERIMIENTO	PRIORIDAD			RELACIÓN
		ALTA	MEDIA	BAJA	
Requerimientos de diseño					
RSEs1	Software amigable	X			
RSEs2	Placa con microcontrolador	X			
RSEs3	Compatibilidad de componentes	X			
RSEs4	Bajo costo de componentes		X		
Requerimientos de hardware					
RSEs5	Rigidez de mecanismo	X			
RSEs6	Montaje sencillo	X			
RSEs7	Instalación eléctrica modular	X			
RSEs8	Facilidad de calibración	X			
Requerimientos de software					
RSEs9	Facilidad de uso por el usuario		X		
RSEs10	Bajo coste		X		
Requerimientos eléctricos					
RSEs11	Protección eléctrica	X			
RSEs12	Alimentación eléctrica	X			

2.3 Metodología de Cascada: Fase 2 Diseño

En esta sección se planteó una solución en función de las necesidades y requerimientos determinados en la sección anterior.

Para la fase 2 fue necesario realizar una sección de componentes y ajustarlos al diseño tanto del sistema eléctrico, mecánico y de control.

2.3.1 Selección de Componentes

Una vez de haber obtenido los requerimientos del sistema mediante el análisis de exigencias del prototipo, se procedió a la selección de los elementos necesarios para la puesta en marcha de la máquina.

Selección del Hardware.

En la selección de hardware se realizó un proceso comparativo para cada componente con el fin, que sea óptimo y se obtengan resultados satisfactorios.

Selección de sistemas de transmisión

Se realizó la selección de los sistemas de transmisión, encargados del generar el arrastre de los ejes X y Y, los mismos que serán asistidos por un motor paso a paso, para esto fue necesario un análisis comparativo en función a los requerimientos técnicos ya establecidos, mostrado en la Tabla 9

Tabla 9 Alternativas de los sistemas de Transmisión.

TRANSMISIÓN	REQUERIMIENTOS									PUNTAJE
	RSS1	RSS2	RSS4	RSS5	RSS7	RSSi4	RSEs5	RSEs6	RSEs8	
Transmisión por tornillo de bolas recirculantes	0	1	1	1	0	1	1	1	1	7
Transmisión por piñón y cremallera	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Transmisión por correa de caucho	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
Transmisión por cadena y polea dentada	1	1	1	0	0	1	1	1	1	7
Cumple = 1										
No Cumple = 0										
Transmisión por piñón y cremallera										

Una vez seleccionado el sistema de transmisión por piñón y cremallera es necesario calcular el desplazamiento de la cremallera por vuelta del piñón.

Para eso es necesario conocer que el piñón y cremallera permiten convertir un movimiento giratorio en uno lineal continuo o viceversa, sus características nos permiten conocer la composición en acero 45 con ángulo de precisión de 20°, así como también las medidas de construcción que se las comercializan en el mercado. A continuación, en la Tabla 10 se presenta información necesaria otorgada por el fabricante (Strength, s.f).

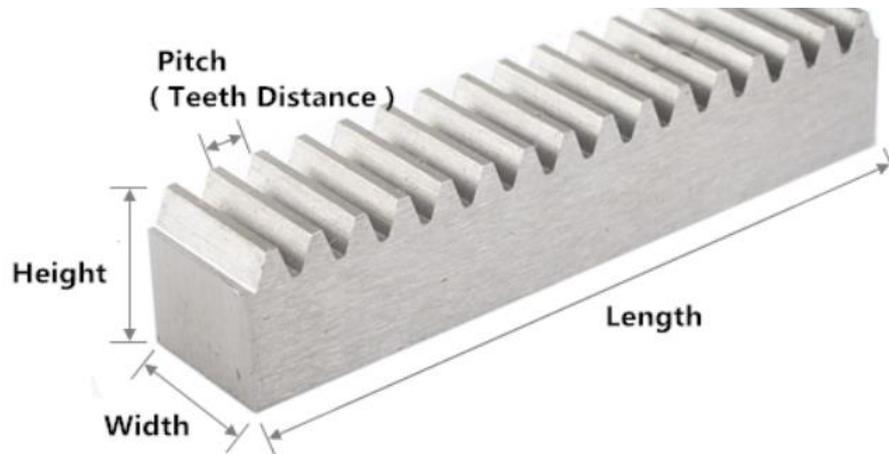


Figura 21 Cremallera
Fuente: (Strength, s.f)

Tabla 10 Dimensiones de cremalleras

Módulo	Ancho	Altura	Paso circular	Longitud	Paso	Profundidad de dientes	Peso (KG)
1,0	10	10	9.	1000mm	3,14	2,25	0,66
	12	12	11.				1
	15	15	14				1,6.
1,5	15	15	13,5	1000mm	4,71	3.375	1,51
2,0	20	20	18	1000mm	6,28	4,5.	2,75

Selección de Guías Lineales.

Se tiene en consideración que las guías lineales deben soportar cargas secundarias y guiar a los elementos móviles con mínima fricción para que el movimiento sea más preciso, a su vez dar estabilidad a los elementos móviles de la máquina grabadora y cortadora, analizando diferentes mecanismos descritos en la Tabla 11:

Tabla 11 Alternativas de mecanismos para guías lineales

MECANISMO	REQUERIMIENTOS	PUNTAJE
-----------	----------------	---------

	RSS1	RSS2	RSS4	RSS5	RSS7	RSS3	RSS4	RSE5	RSE6	RSE8	
Mecanismo con guía lineal de barra de acero	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	9
Mecanismo de guía con rodamientos	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	8
Mecanismo de riel deslizante	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	6
Cumple = 1											
No Cumple = 0											
Elección: Mecanismo con guía lineal de barra de acero											

2.3.2 Descripción de la estructura

La estructura de la máquina de control numérico por computador (CNC) (Figura 22) consiste en una mesa construida con tubo rectangular de 40 x 20 x 2 mm de acero estructural que servirá como bastidor. Como guías en el eje X e Y se utilizó un perfil tipo omega formado por una base de aluminio, con 50 mm de ancho, que sujeta a una barra circular de 16 mm de diámetro, de acero AISI 2018 rectificado que sirvió de guía de rodadura para rodamientos lineales partidos, una guía a cada lado de la mesa y dos rodamientos partidos en cada extremo del soporte forman el eje Y. Se colocan dos guías sobre el soporte que forma el eje Y, donde se montó otra pequeña base con un solo rodamiento en cada extremo, los cuales sostendrán el carro porta láser y el motor que da movimiento en este eje.

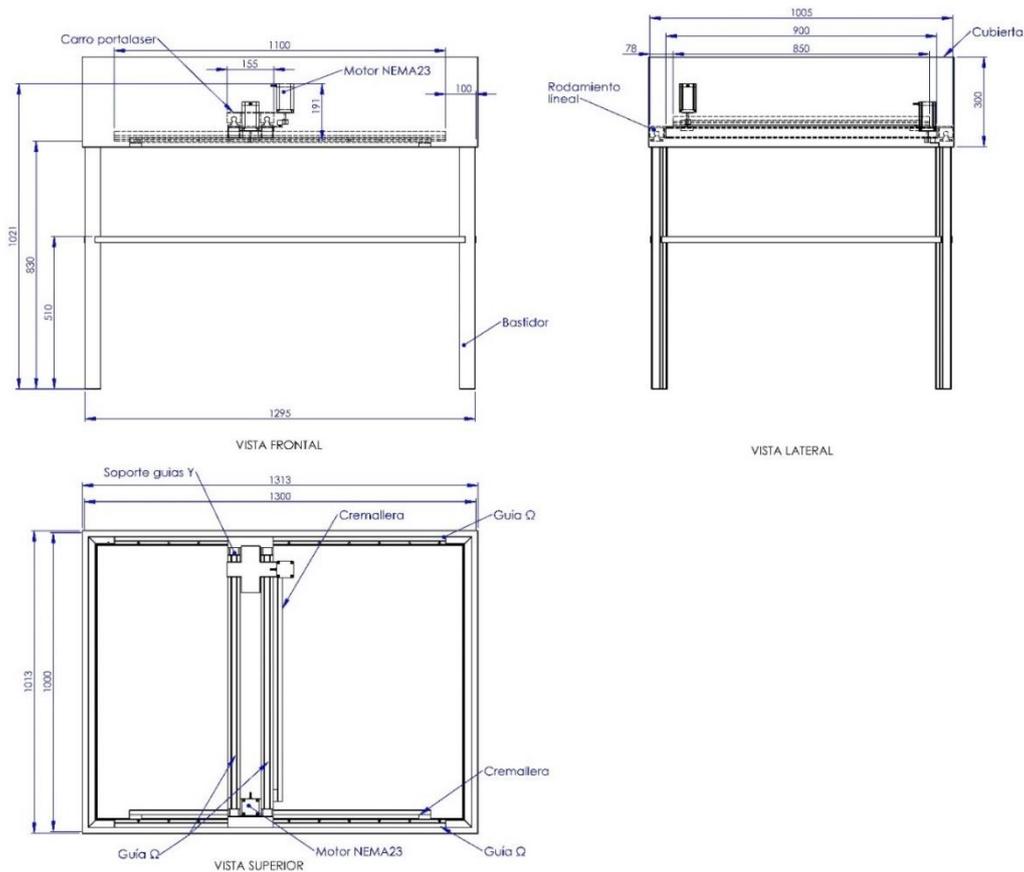


Figura 22 Dimensiones generales de la maquina CNC para corte con laser

Fuente: Autoría propia

Para el diseño de los ejes, se tomó como base las dimensiones que tiene la máquina CNC, como se muestra en la, esto depende de la elección de las guías en cada uno de los ejes para que el trabajo se realice con total normalidad, además se puede apreciar las dimensiones y componentes que conforman, el prototipo del control numérico por computador (CNC), de corte y grabado laser, de vista frontal, vista lateral y vista superior.

2.4 Diseño Estructural de Guías de Ejes X e Y.

Anteriormente seleccionadas las guías lineales de barra de acero se procedió realizar en diseño estructural y bases de las guías donde se van a montar los ejes para los movimientos cartesianos X, Y.

2.4.1 Análisis Estático del Eje X.

La deflexión permisible de la viga que conforma el eje X, la cual se encuentra apoyada en los extremos, se determinó considerando el peso del conjunto, el módulo láser, motor eje, rodamientos, soporte, viga, se ha calculado un estimado de 3kg.

$m = 3 \text{ kg}$ (Masa considerada del conjunto como es el módulo láser, motor eje, rodamientos, soporte, vigas)

$$\text{Carga máxima } P = (\text{Masa Total kg}) * \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$P = (3 \text{ kg}) * \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 29.43[\text{N}] \quad (1)$$

Longitud Viga = $L = 0,850\text{m}$

La ecuación de deflexión de la viga es:

$$Y = \frac{PL^3}{48EI} \quad (2)$$

Donde:

Módulo de elasticidad para el acero AISI 1018: $E = 205 \text{ GPa}$

Material de las guías: Acero AISI 1018

Límite de fluencia: $S_y = 370 \text{ MPa}$

Límite de rotura: $S_{ut} = 440 \text{ MPa}$

ACERO 1018 ESTIRADO EN FRÍO (CRS) DESDE 3/8" - 6.00" DE DIÁMETRO								
PROPIEDADES MECÁNICAS								
Dureza				126HB (71HRb)				
Esfuerzo de fluencia				370 MPA (53700 PSI)				
Esfuerzo máximo				440 MPA (63800 PSI)				
Elongación máxima				15% (en 50 mm)				
Reducción de área				40%				
Módulo de elasticidad				205 GPa (29700 KSI)				
Maquinabilidad				76% (AISI 1212 = 100%)				
ANÁLISIS QUÍMICO								
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	BHN/HRC
0.15 0.20	<0.40	0.60 0.90	<0.040	<0.050	-	-	-	200/14

Figura 23 Propiedades mecánicas de acero AISI 1018.

Fuente: (Promacero, 2022)

En la Figura 23 se muestra la resistencia mecánica que tiene el material AISI 1018 (VAZBROS, s.f), el cual tiene carbono medio con buena soldabilidad y ligeramente mejor maquinabilidad que los aceros con grados menores de carbono. Este se utiliza en componentes de maquinaria debido a su facilidad para conformarlo y soldarlo. Se usa en

piezas típicas como cuñas, remaches, rodillos, piñones, pasadores, tornillos, entre otros; estas propiedades extraídas del catálogo de Promacero (Promacero, 2022), sirven para realizar el proceso de diseño mecánico, con el fin de establecer el nivel de factor de seguridad que tendrá la máquina CNC de manera que satisfaga las condiciones de flexión y resistencia que permitan una adecuada operación.

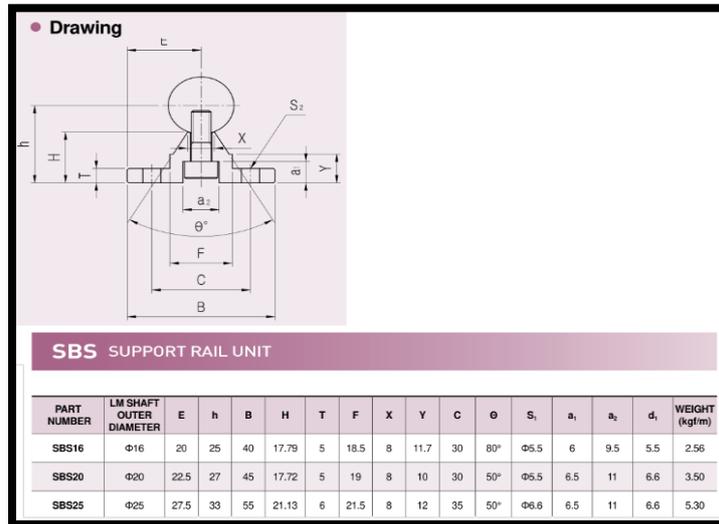


Figura 24 Dimensiones de guía lineal SBS16
Fuente: (SAMIK, 2019)

En la Figura 25 se presenta las propiedades geométricas del perfil tipo omega, a partir de su dibujo en AutoCAD, de igual forma las dimensiones indicadas por el fabricante, mostradas en la Figura 24, se escoge el perfil SBS16 por su disponibilidad en el mercado.

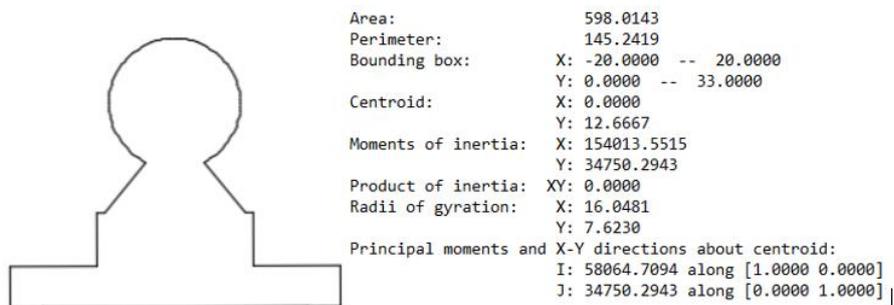


Figura 25 Propiedades geométricas de guía lineal.

Fuente: Fuente: (SAMIK, 2019)

$$I_{\text{guía}} = 5.8 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$I_{\text{soporteguía}} = 6.93 \text{ cm}^4 \text{ (tubo cuadrado 40 x 20 mm)}$$

En la Figura 26 se presenta el catálogo de tubo estructural del distribuidor nacional DIPAC con las propiedades geométricas de los tubos disponibles en el mercado, mientras que en la Figura 27, se muestra las propiedades geométricas del conjunto de tubo estructural cuadrado y la guía lineal que conforman las guías de los ejes X e Y.



Figura 26 Propiedades geométricas de perfil Tubo cuadrado 40 x 2 mm

Fuente: (DIPAC, 2022)

Geometría del conjunto del perfil lineal y soporte de tubo cuadrado

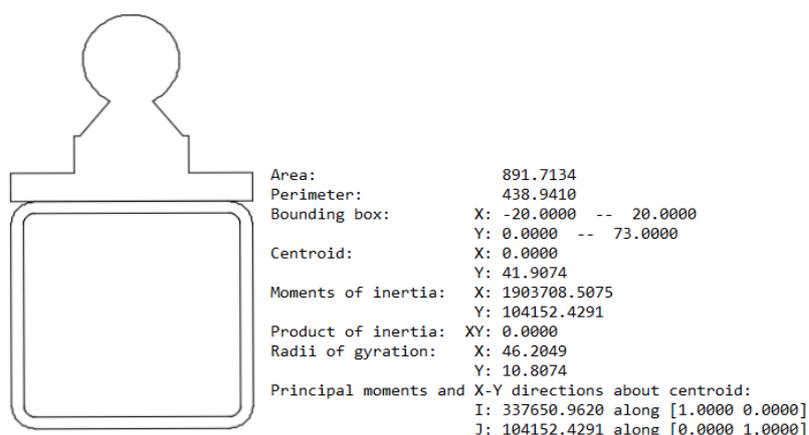


Figura 27 Geometría del conjunto del perfil lineal y soporte de tubo cuadrado.

Fuente: Propia autoría

Momento de inercia de conjunto: $I = 3.377 \times 10^{-7} \text{m}^4$

Sustituyendo los datos en la Ecuación 1

$$Y = \frac{PL^3}{48EI} = \frac{-(29,43\text{N})(0,85\text{m})^3}{48 \left(205 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) (3,37 \times 10^{-7}\text{m}^4)}$$

$$Y = -5,45 \times 10^{-6} \text{ m} = -0,005 \text{ mm}$$

Para ello se consideró los límites recomendados a flexión con carga, denotando la frase que dice que el diseñador tiene la total libertad de elegir el límite de flexión a conveniencia según el libro de Resistencia de Materiales del autor (Mott, 2017), esto se recomienda según el uso y aplicación que se le vaya a dar a la maquina CNC.

$$Y_{\min} = \frac{0,0005\text{mm}}{\text{mm}}(850\text{mm}) = 0,425\text{mm}$$

$$Y_{\max} = \frac{0,003\text{mm}}{\text{mm}}(850\text{mm}) = 2,55\text{mm}$$

El valor de deflexión X calculado se encuentra entre los límites de deflexión recomendados para un elemento general de máquina, por lo que se considera aceptable.

2.4.2 Resistencia de Elementos Guías de Eje X.

Mediante el análisis estático del diagrama de cuerpo libre de la viga de eje X mostrado en la Figura 28 se determina la resistencia a las cargas aplicadas.

Cargas aplicadas:

$$P_1 = 29,43 \text{ N}$$

$$\text{Longitud} = 0,85 \text{ m}$$

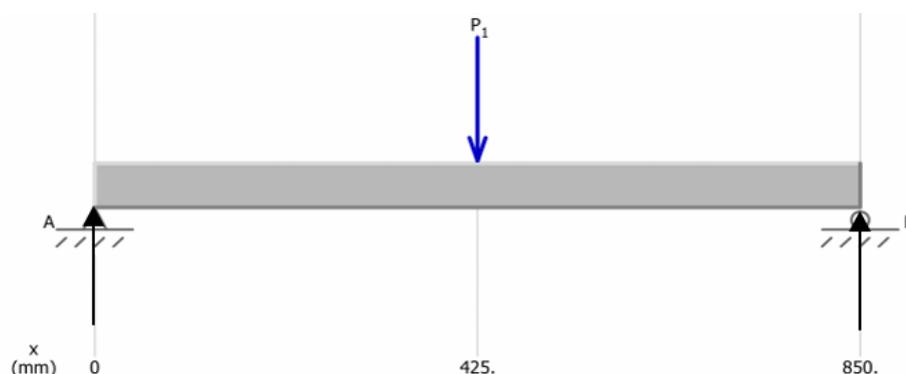


Figura 28 Diagrama de cuerpo libre de guía eje X.

Fuente: Autoría propia

$$\Sigma F_y = 0$$

$$P1 - A - B = 0$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$P1(425\text{mm}) - B(850\text{mm}) = 0$$

$$B = \frac{P1(425\text{mm})}{850\text{mm}}$$

$$B = \frac{29.43\text{N}(425\text{mm})}{850\text{mm}}$$

$$B = 14,715[\text{N}] \cong 14,72[\text{N}]$$

$$A = P1 - B$$

$$A = 29.43\text{N} - 14,715$$

$$A = 14,715[\text{N}] \cong 14,72[\text{N}]$$

Con los valores obtenidos de las reacciones A y B, se traza el diagrama de Fuerza Cortante mostrado en la Figura 29 y el diagrama de Momentos, mostrado en la Figura 30.

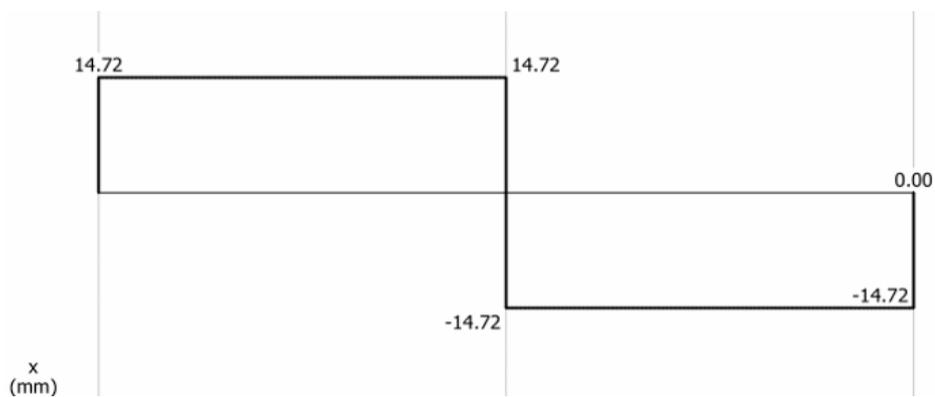


Figura 29 Diagrama de corte guía eje X.

Fuente: Autoría propia

Diagrama de momentos:

$$M(x) = xV \quad (2)$$

Donde:

x = longitud de la viga

V = fuerza cortante

$$M(x) = 14.72 * \left(\frac{850}{2}\right) = 6253.88$$



Figura 30 Diagrama de momentos guía eje X.

Fuente: Autoría propia

Resistencia a Flexión en el eje X.

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (3)$$

Donde:

M : Momento de flexión

c : distancia al centroide de la guía y tubo soporte $c = 41.90\text{mm}$

I : momento de inercia de la guía y tubo de soporte

Reemplazando los datos en la Ecuación 3:

$$\sigma = \frac{(6254,88 \text{ mm})(41.90 \text{ mm})}{3,377 \times 10^5 \text{mm}^4}$$

$$\sigma = 0.776 \text{ MPa}$$

Para el esfuerzo obtenido en la guía de eje X se determina el factor de seguridad n :

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad (4)$$

$$n = \frac{370 \text{ Mpa}}{0.776 \text{ Mpa}} = 476.8$$

El factor de seguridad n obtenido es elevado, lo que indica que no hay afectación a la resistencia de la guía en el eje X por causa de las cargas aplicadas.

2.4.3 Análisis Estático del Eje Y

Para el eje Y, se determina la deflexión de la guía en la parte central. Se considera la carga producida por el motor de eje Y, el soporte de las guías y motor de eje X:

Masa considerada del conjunto de eje Y: $m = 14,3 \text{ kg}$ (Masa considerada de la carga producida por el motor del eje Y, el soporte de las guías y motor del eje X)

$$\text{Carga máxima } P = (\text{Masa Total kg}) * \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$P = (14,3 \text{ kg}) * \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 140[\text{N}]$$

$$\text{Longitud Viga} = L = 1,1\text{m}$$

$$I_{\text{guía}} = 5.8 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$I_{\text{soporteguía}} = 6.93 \text{ cm}^4 \text{ (tubo cuadrado } 40 \times 20 \text{ mm)}$$

Sustituyendo en la ecuación 1:

$$Y = \frac{-PL^3}{48EI} = \frac{-(140,3\text{N})(1,1\text{m})^3}{48 \left(205 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) (3.37 \times 10^{-7}\text{m}^4)}$$

$$Y = -5,61 \times 10^{-5} \text{ m} = -0,056 \text{ mm}$$

$$Y_{\text{min}} = \frac{0.0005 \text{ mm}}{\text{mm}} (1100 \text{ mm}) = 0.55 \text{ mm}$$

$$Y_{\text{max}} = \frac{0.003 \text{ mm}}{\text{mm}} (1100 \text{ mm}) = 3.3 \text{ mm}$$

El valor de deflexión Y calculado para la guía de eje Y se encuentra debajo del límite mínimo de deflexión recomendado para un elemento general de máquina, por lo que se considera aceptable.

2.4.4 Resistencia de Elementos Guías de Eje Y.

Cargas aplicadas:

$$P_1 = 140,3 \text{ N}$$

Longitud = 1,1 m

Aplicando el equilibrio estático de fuerzas se determina las reacciones en los extremos A y B que sostienen a la viga de eje Y, tal como se muestra en el diagrama de cuerpo libre de la Figura 31.

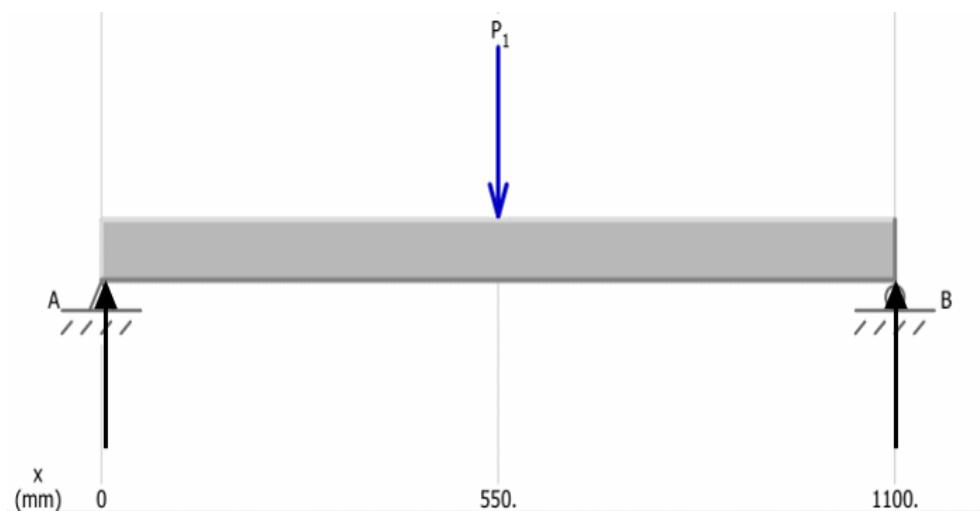


Figura 31 Diagrama de cuerpo libre guía eje Y.

Fuente: Autoría propia

$$\sum F_y = 0$$

$$P_1 - A - B = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

$$P_1 (550 \text{ mm}) - B (1100 \text{ mm}) = 0$$

$$B = \frac{P_1 (550 \text{ mm})}{1100 \text{ mm}}$$

$$B = \frac{140,3 (550 \text{ mm})}{1100 \text{ mm}}$$

$$B = 70,15[\text{N}]$$

$$A = P1 - B$$

$$A = 140,3 - 70,15$$

$$A = 70,15 \text{ [N]}$$

Se traza el diagrama de Fuerza Cortante mostrado en la Figura 32, con los valores obtenidos de las reacciones A y B.

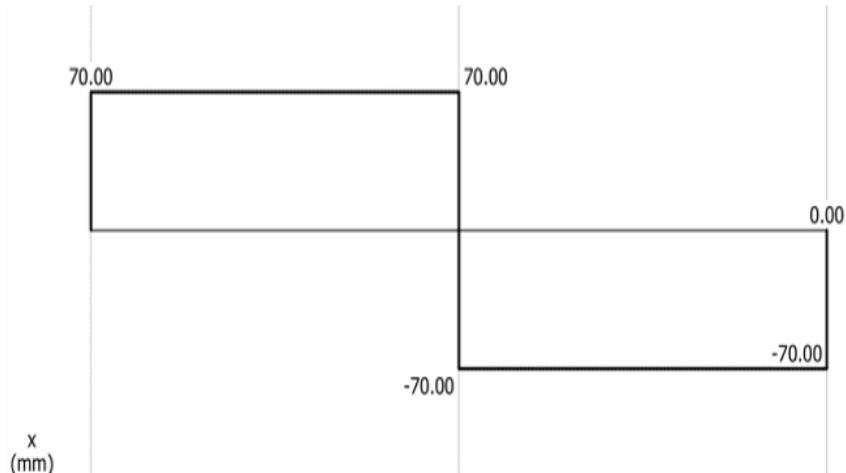


Figura 32 Diagrama de corte guía eje Y.

Fuente: Autoría propia

Para la ecuación 2 se traza el diagrama de momentos, mostrado en la Figura 33.

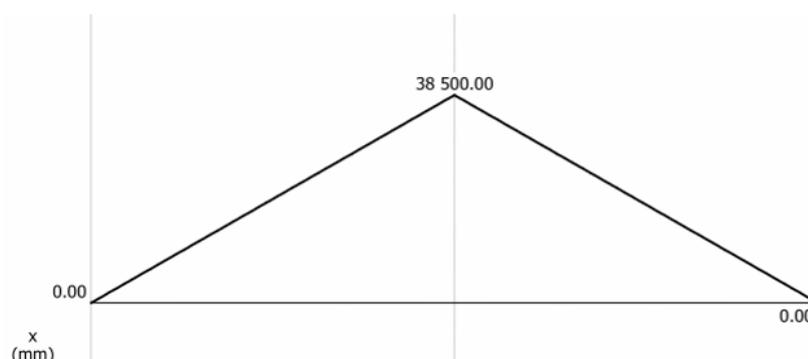


Figura 33 Diagrama de momentos guía eje Y.

Fuente: Autoría propia

Resistencia a Flexión en el Eje Y.

Se utiliza la ecuación 3 para calcular el esfuerzo a flexión:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (5)$$

Donde:

M: Momento de flexión

c: radio de la guía

I: momento de inercia de la guía y tubo cuadrado.

$$\sigma = \frac{(38500 \text{ mm})(41,90 \text{ mm})}{3,377 \times 10^5 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma = 4.77 \text{ Mpa}$$

Para el esfuerzo obtenido en la guía de eje X se determina el factor de seguridad con la Ecuación 4:

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{370 \text{ Mpa}}{4.77 \text{ Mpa}} = 77,56$$

El factor de seguridad es muy alto para el propósito de este diseño, esto indica que no hay afectación a la resistencia de la guía en el eje Y por causa de las cargas aplicadas.

Selección del driver para el motor paso a paso

Para la selección del driver para un motor paso a paso, de igual manera fue necesario verificar las especificaciones de operación resumidas en la Tabla 12 y los requerimientos establecidos anteriormente.

Tabla 12 Características específicas del driver para el motor paso a paso

Modelo	Voltaje (V)	I In (A)	I out (A)	Consumo (W)	Micropasos	Temperatura (°C)
				Seguro interno (A)		
DQ542A	18/50	4	1.5 ~ 4.2	80W-6A	128	
DQ542MA	20/50	4	1.0 ~ 4.2	80W-6A	128	-40 ~ 70

En la Tabla 13 se procedió a realizar la selección del driver, escogiendo 3 tipos de driver con características similares.

Tabla 13 Selección de los drivers para el motor paso a paso

DRIVERS	REQUERIMIENTOS										PUNTAJE
	RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS	
	St1	St2	St4	St5	St7	Si3	Si4	Es5	Es6	Es8	
DQ542A	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	7
DQ542MA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
DM542S	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	6
Cumple = 1											
No Cumple = 0											
Elección: Driver DQ542MA											

Ya seleccionado el driver de los motores, es necesario establecer parámetros mediante la configuración enumerados a continuación:

1. Para esto es fue necesario conocer a que revoluciones de giro del motor con el fin de poder obtener un torque constante. Se descargó la gráfica de la velocidad máxima en revoluciones por minuto en función del torque en newton por metro, para obtener un par adecuado, ya que a mayor velocidad el torque será menor y en este caso lo que necesitamos es establecer un punto medio que genere una operación adecuada del motor paso a paso nema 23.

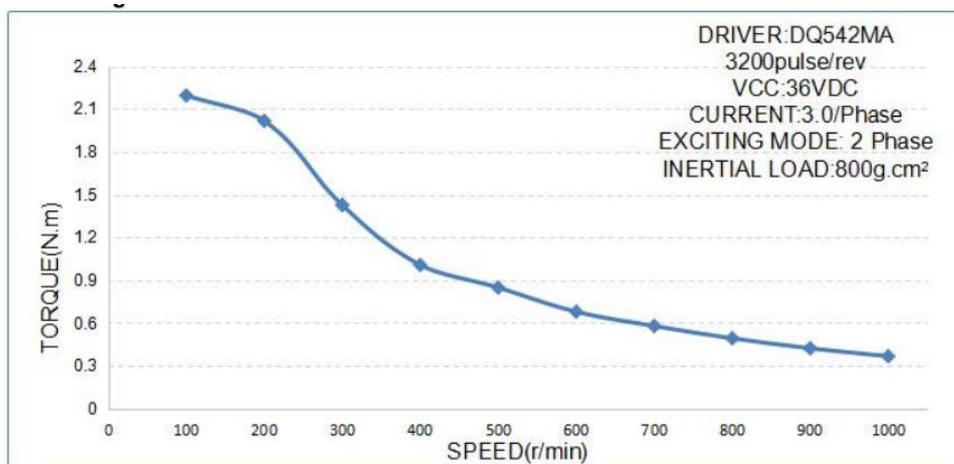


Figura 34 Características de pulso por torque
 Fuente: (Promoco, 2020)

2. El segundo parámetro que se empleó para configurar el driver, es el tipo de transmisión utilizado anteriormente seleccionado de piñón y cremallera con un avance de 50 mm/ vuelta
3. Por último, debemos conocer la velocidad frecuencial de trabajo de la tarjeta de control AKZ250, en el software de control Mach3, en este caso se emplea un parámetro de 60000 Hz.

Definidos esos tres parámetros se verificó la corriente y los pulsos por revolución impresa en la parte superior del driver o a su vez en el datasheet del driver DQ542MA, permitiendo ayudar a calibrar

Tabla de Corriente

Tabla 14 Tabla de la corriente de trabajo

SW5	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF
SW6	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF
SW7	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
SW8	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
PULS E/RE V	400	800	160 0	320 0	640 0	128 00	256 00	100 0	200 0	400 0	500 0	800 0	100 00	200 00	250 00

Tabla de pulsos por revolución

Tabla 15 Tabla de los pulsos por revolución

Output current (A)				
SW1	SW2	SW3	PEAK	RMS
ON	ON	ON	1.00	0.71
OFF	ON	ON	1.46	1.04
ON	OFF	ON	1.91	1.36
OFF	OFF	ON	2.37	1.69
ON	ON	OFF	2.84	2.03
OFF	ON	OFF	3.31	2.36
ON	OFF	OFF	3.76	2.69
OFF	OFF	OFF	4.20	3.00

Considerando los milímetros por revolución encontrados en la Tabla 14 se seleccionó un valor de 3200 Pul/Rev. además también una corriente de 1 A según la Tabla 15 que servirá para realizar el ajuste del driver DQ542MA. Para esto también fue necesario hacer una operación adicionando valores como en avance de transmisión de la cremallera otorgada por el fabricante.

1rev = 3.14mm de avance

$$\frac{3200}{3.14 \text{ mm}} = 1019.10 \text{ pasos/mm}$$

Este parámetro es importante porque servirá para la configuración del software Mach3 en el apartado de Motor Tuning

A continuación, se realizó un cálculo para cerciorarnos si efectivamente el motor estaría trabajando en los rangos propuestos del resultado encontrando en pasos/mm, para eso es necesario conocer la velocidad de trabado del software de control de Mach3 obteniendo un valor de 25000 Hz.

Se obtuvo la velocidad de trabajo máxima de la máquina.

$$\frac{25000}{1019.10} = 24.531 \text{ mm/s}$$

Convertimos las unidades en mm/min para verificar la velocidad de la máquina.

$$24.531 \frac{\text{mm}}{\text{s}} * \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 1471.88 \text{ mm/min}$$

Para poder verificar si trabaja a las velocidades planeadas obtenidas de la tabla es necesario dividir la velocidad de la maquina entre el avance de la cremallera.

$$\frac{1471.88}{3.14\text{mm}} = 468.75 \text{ RPM}$$

Con el valor seleccionado de la Tabla 14 podemos obtener una velocidad constante con un torque optimo ya que si la velocidad estaría al su valor máximo el torque pasaría a ser despreciable.

2.5 Selección de Motores Paso a Paso.

En la Tabla 16 se presentan algunos motores paso a paso nema 23 que se pueden conseguir en el mercado nacional:

Tabla 16 Motores de paso.

Modelo	Dimensión	Tipo	Numero de fases	Angulo de paso	Torque (Nm)	Corriente (A)	Voltaje (V)
--------	-----------	------	-----------------	----------------	-------------	---------------	-------------

23HP45-4204S	NEMA 23	BIPOLAR	2	1.8°	3.0	4.2	3.78
57BYGH115-003B	NEMA 23	BIPOLAR	2	1.8°	3.0	3.0	6.3
23HS33-4008D	NEMA 23	UNIPOLAR	4	1.8°	2.0	4.0	9/28

Los actuadores deben de ejercer precisión en los movimientos según la programación en código G, con esto se logra mejoras en los diseños que se vayan a ejecutar, en la Tabla 17, se analiza los requerimientos para seleccionar el motor paso a paso.

Tabla 17 Especificación sobre los motores paso a paso

MOTOR PASO A PASO	REQUERIMIENTOS										PUNTAJE
	RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS	
	St1	St2	St4	St5	St7	Si3	Si4	Es5	Es6	Es8	
Nema 23 (HP45-4204S)	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	7
Nema 23 (57BYGH115-003B)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Nema 23 (23HS33-4008D)	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	6

Cumple = 1
No Cumple = 0
Elección: Motor paso a paso hibrido bipolar Nema 23 (57BYGH115-003B)

Considerando el conjunto carro y soporte de guías lineales de eje X, se determina el torque requerido mínimo que debe tener el motor de pasos:

$$T_{\text{motor}} = F * r \quad (6)$$

Donde:

F = Es el peso de conjunto guías, soporte y carro en eje X. F= 140 N

r = radio del piñón de motor de pasos. r=8 mm

Entonces el torque requerido es:

$$T_{\text{motor}} = 1,12 \text{ Nm}$$

De entre los motores mostrados en la Tabla 2.8, por disponibilidad en el mercado y de acuerdo con el criterio de selección, se considera para este proyecto, utilizar un motor NEMA 23 modelo 57BYGH115-003B, de 3 Nm de torque a una corriente de 4.2 A y con un voltaje de 36 V, que corresponde al modelo 23HP45-4204S.

2.6 Selección del Software para el control de la máquina.

En la Tabla 18 se realizó una comparación de diferentes softwares con lenguaje en código G, en base a los requerimientos establecidos anteriormente.

Tabla 18 Alternativas El control de la maquina CNC

SOFTWARE	REQUERIMIENTOS							PUNTAJE
	RSSt	RSSt	RSSi	RSEi	RSEs	RSEs	RSEs	
	6	8	6	9	1	9	10	
Heeks CNC	1	1	1	0	1	0	1	5
Linux CNC	1	1	1	0	1	1	0	5
Mach3	1	1	1	1	1	1	1	7
Cumple = 1								
No Cumple = 0								
Elección: Mach3								

Software Mach 3.

El Software Mach3 es desarrollado por la empresa ArtSoft para el sistema operativo Windows. Utiliza el puerto paralelo (LPT) o USB de la PC. El principio de funcionamiento es controlar el motor de pasos emitiendo señales de pulso y dirección para realizar el control de movimiento de la herramienta en los ejes X e Y.

De acuerdo con el fabricante, para el uso de este software fue necesario adquirir una licencia de manejo, la cual permite convertir un PC en un controlador CNC de hasta 6 ejes. Permite convertir archivos DXF, BMP, JPG y HPGL en código G. Permite generar código G a través de asistente o mediante su tecnología propietaria LazyCAM. Entre sus características se tienen las siguientes:

- Control de velocidad del husillo.
- Control de relé múltiple.
- Generación manual de pulsos.
- Pantalla de video de la máquina.
- Capacidad de pantalla táctil.

Selección de la tarjeta de control

En la Tabla 19 se realizó una comparativa para establecer una adecuada selección de la controladora, que permita el manejo de la máquina de control numérico computarizado, basado en requerimientos técnicos, esta estrategia permite satisfacer las necesidades operativas al usuario.

Tabla 19 Selección de la tarjeta de control

CONTROLADO RA	REQUERIMIENTOS										PUNTAJ E
	RSS _t	RSS _i	RSS _i	RSE _s	RSE _s	RSE _{s1}					
AKZ250	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
RGBL	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	6
USBCNC	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	8

Cumple = 1
No Cumple = 0
Elección: Controladora AKZ250

Se seleccionó la controladora en función a los requerimientos y especificaciones de operación, para esto se optó la tarjeta AKZ250 con el propósito de ejecutar acciones de manejo confiables.

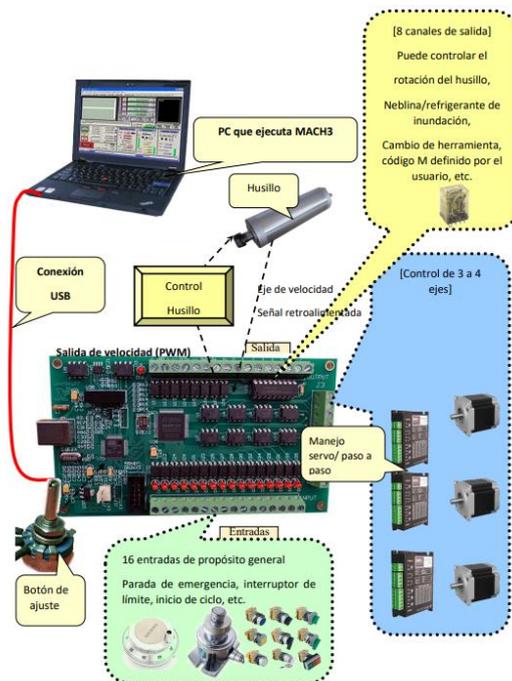


Figura 35 Diagrama de conexión básica controladora AKZ250 (descripción general)
Fuente: Autoría propia

Selección de modulo láser

En la Tabla 20 se detalla las caracterizas importantes que presenta un módulo diodo laser para su adquisición en el mercado, encontrando estos dispositivos con caracterizas similares de operación.

Tabla 20 Características de los módulos laser

Modelo	Voltaje	Corriente	Potencia de efecto	Potencia	Longitud de onda	Enfoque
Sculpfun S9	12V	3A	90W	5.5-6W	450 ± 5nm	0.05mm
Explopur modulo	12V	4A	40W	5.5W	450nm	0.01mm
TTS-55	12V	4A	40W	5.5W	450 ± 5nm	0.01mm

En la Tabla 21 se indica la selección del láser basado en los requerimientos técnicos establecidos anteriormente, donde se pudo evidenciar que de los módulos láser que se presentan al mercado poseen una gran similitud en cuanto a las especificaciones técnicas.

Tabla 21 Selección del módulo laser

MODULO LASER	REQUERIMIENTOS										PUNTAJE
	RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS	RS	
	St1	St2	St4	St5	St6	St7	Es3	Es5	Es6	Es8	
Sculpfun S9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Explopur modulo	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
TTS-55	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
Cumple = 1											
No Cumple = 0											
Elección: Modulo Laser Sculpfun S9											

2.7 Esquema de conexión

Se presenta en la Figura 36 el esquema de conexión entre la placa de circuito de controlador y drivers de motores, a la vez proporciona información de la conexión del sistema de control numérico por computador, detallando como se integran cada uno de los componentes dentro del sistema general.

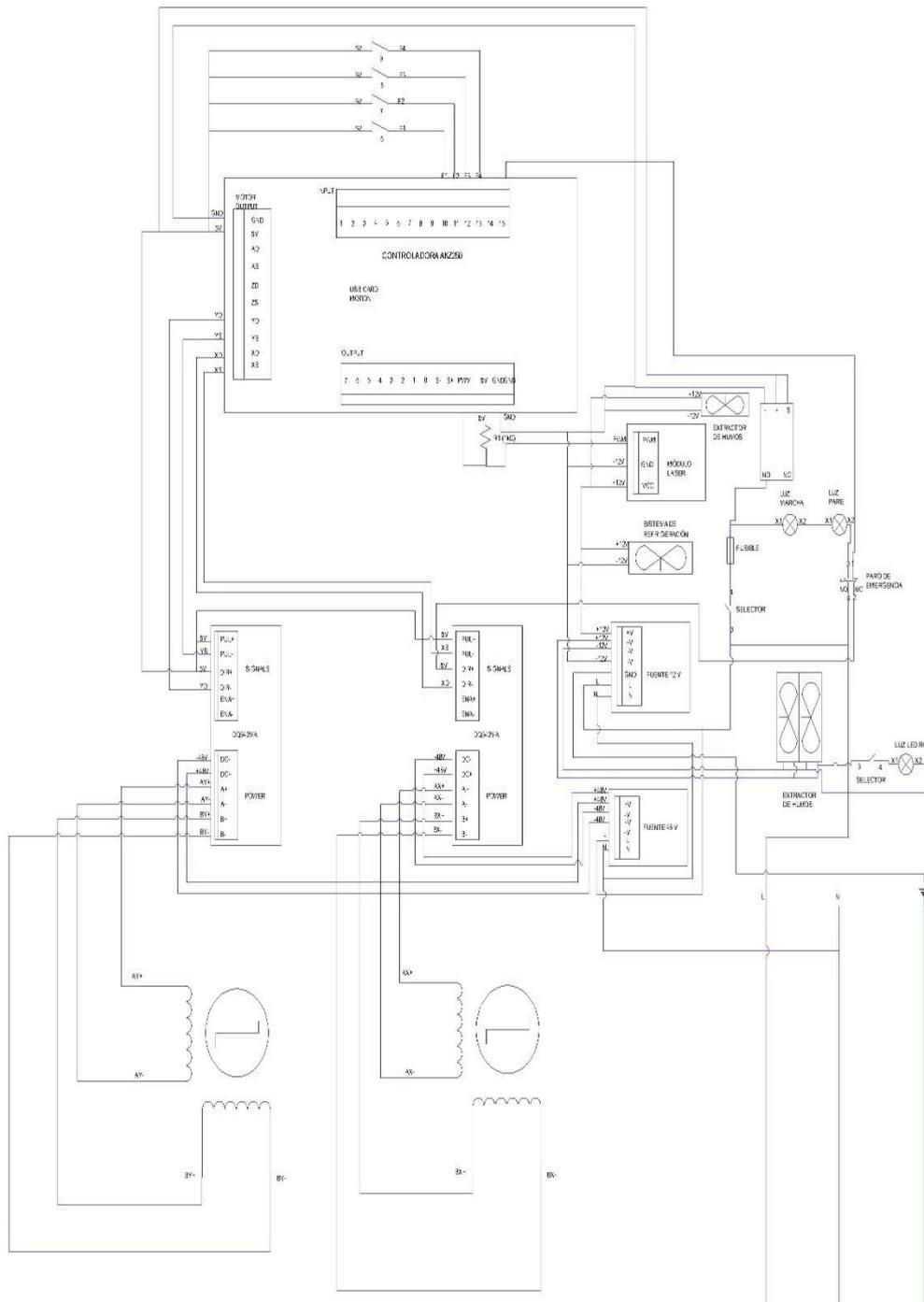


Figura 36 Esquema de conexión de controlador, drivers, motores
Fuente: Autoría propia

Esquema de conexión para los finales de carrera

El esquema de conexión para los finales de carrera se los instalo a las entradas de la controladora INPUT y a la salida del final de carrera los 5 V que se encuentra en la salida de los motores siguiendo los pasos otorgados por el manual de usuario de la controladora AKZ250 tal como se puede apreciar en la Figura 37

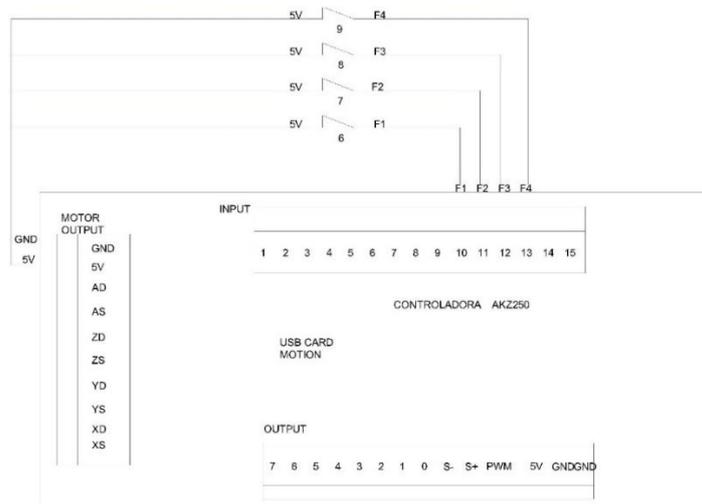


Figura 37 Esquema de conexión de los finales de carrera
Fuente: Autoría propia

Esquema de conexión de las luces led y sistema de extracción de humo

Esta conexión nos indica como está distribuido la parte de la conexión de las luces led que iluminaran el área de trabajo y su sistema de extracción de humo por medio de dos ventiladores axiales conectados en paralelo y ubicados en la parte superior de la tapa.

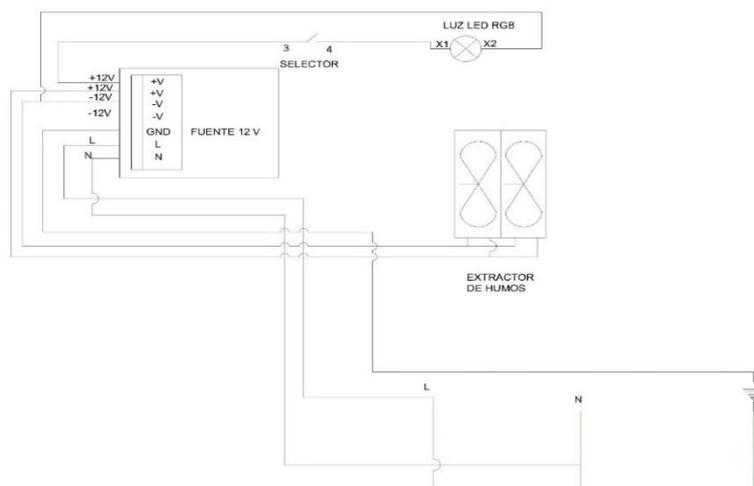


Figura 38 Conexión de luces led y extracción de humos

Autoría: propia

Esquema de conexión de los motores paso a paso

En la Figura 39 se puede apreciar la conexión de los motores paso a paso tanto para el eje X como para el eje Y.

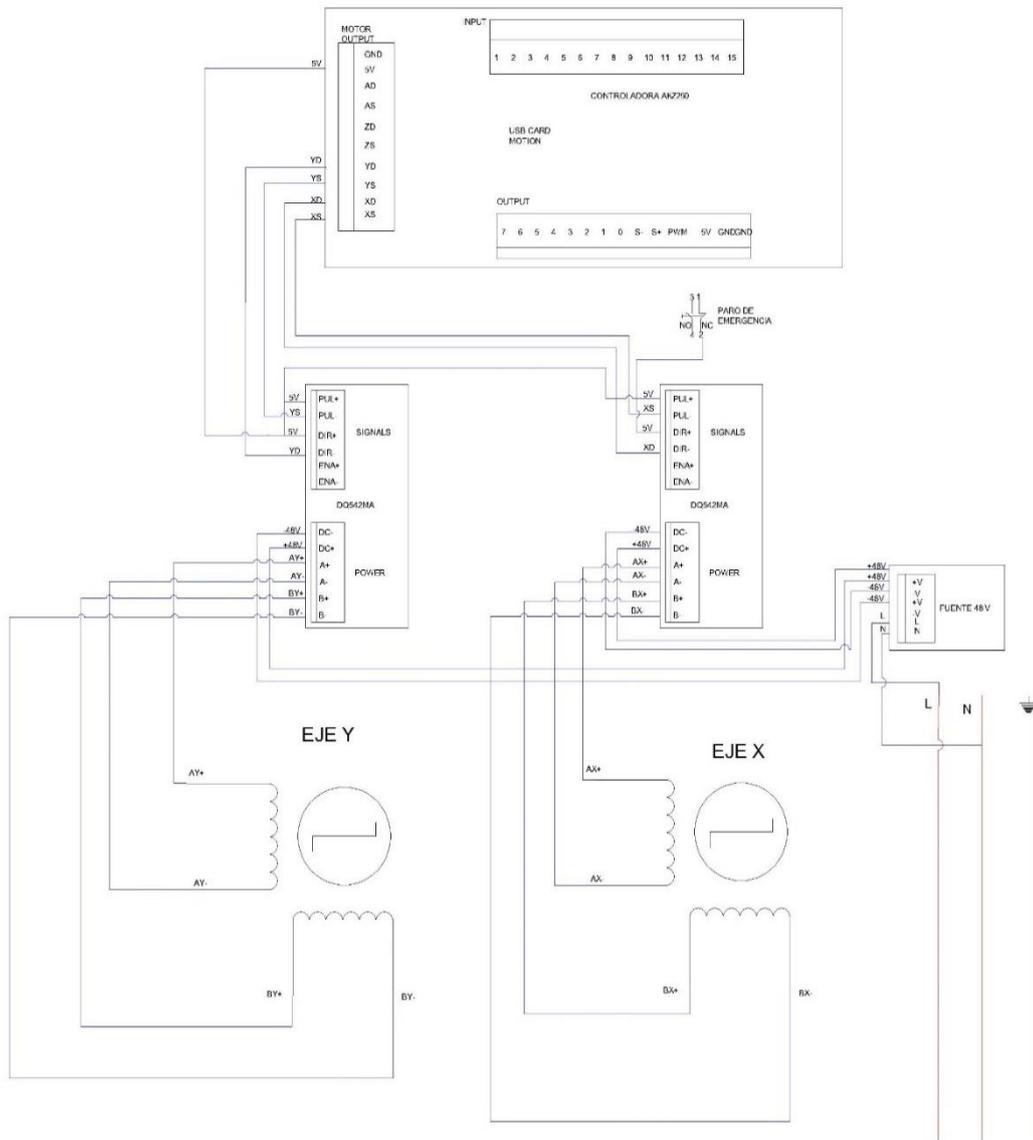


Figura 39 Conexión de los motores paso a paso
Autoría: Propia

Esquema de conexión del módulo láser

Para la conexión del módulo láser fue necesario conectarlo por el PWM ubicado a la salida de la controladora AKZ como se muestra en la Figura 40

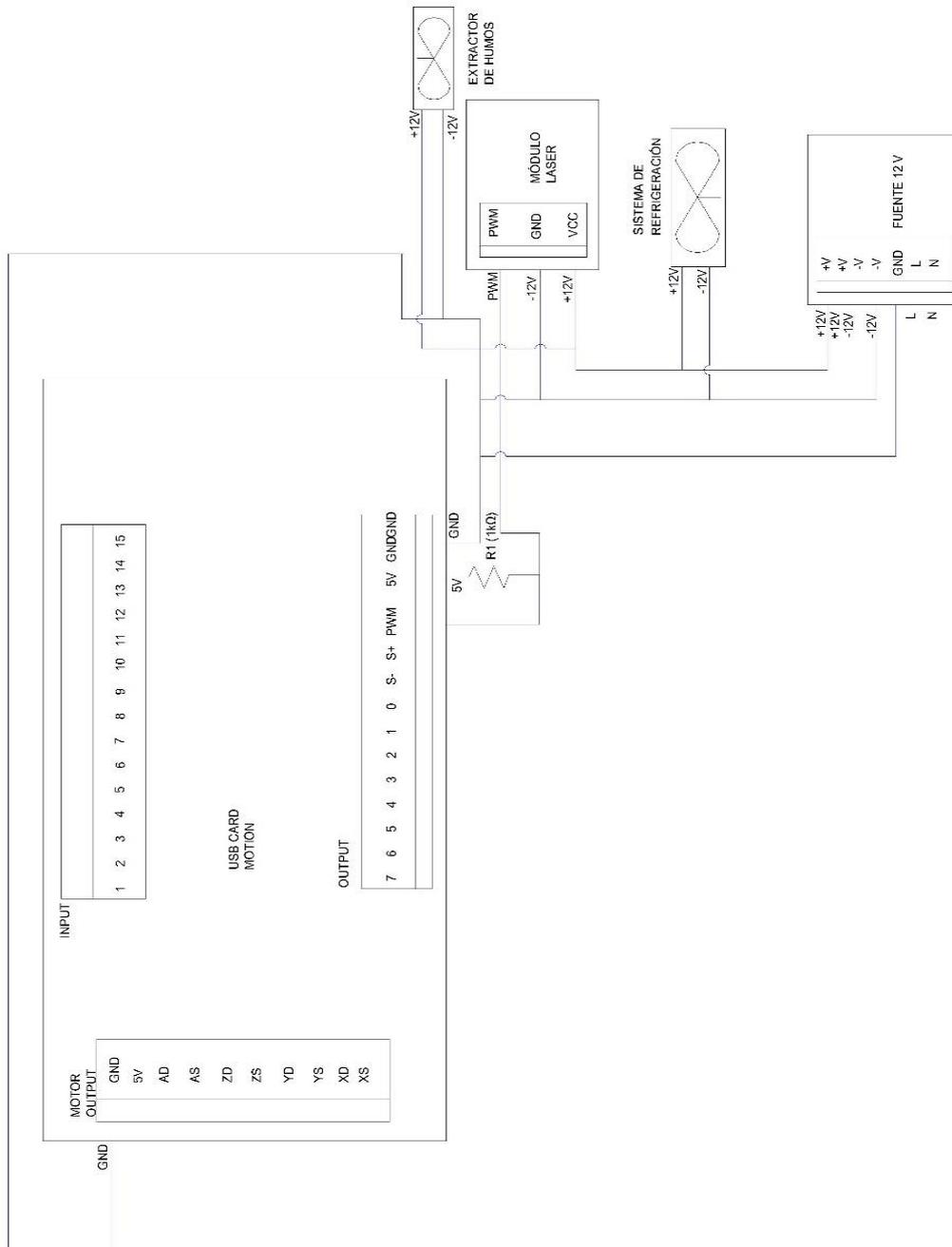


Figura 40 Esquema de conexión del módulo láser
Fuente: Autoría propia

Esquema de conexión para el control de la máquina

En la Figura 41 se puede observar la sinergia de los elementos implícitos para el control de la máquina

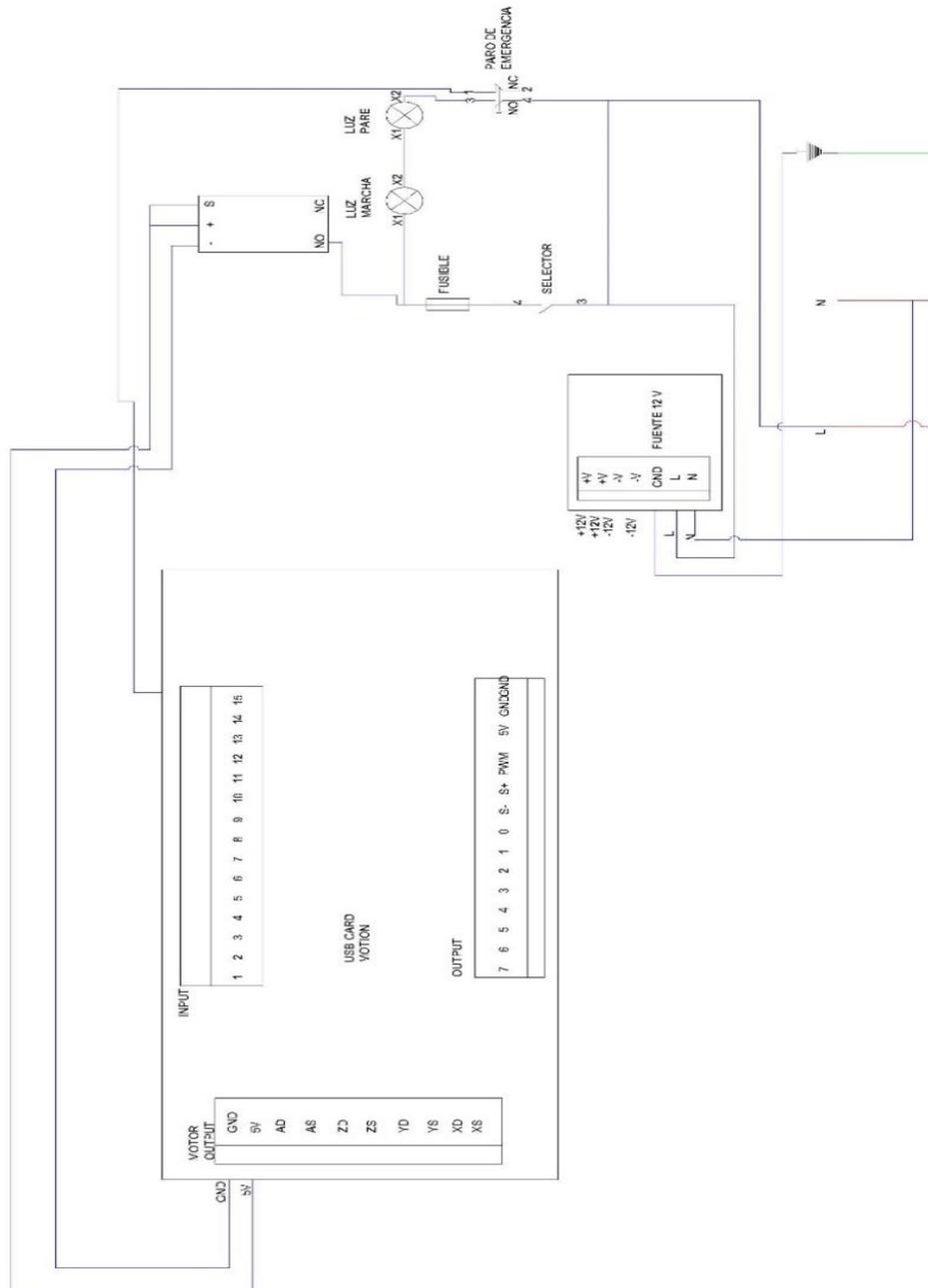


Figura 41 Esquema de conexión para el control de la máquina
Fuente: Autoría propia

Cálculo del Flujo de aire

Teniendo en cuenta la funcionalidad de la máquina y los diferentes gases que se generan del corte y el grabado, es necesario instalar un sistema ventilación de absorción, junto con un filtro que evitara el paso a diferentes partículas de polvo o impurezas contenidas en los gases tóxicos provocados por la combustión del material en un espacio pequeño cerrado.

Teniendo esto en claro se toma los valores proporcionales a los ventiladores del mercado para determinar el flujo de salida de aire.

2.8. Pasos para obtener el flujo de aire

Para el cálculo del flujo de aire se considera necesario saber la capacidad de entrada de aire con el fin de echar de ver si abastece dicho flujo en el área de trabajo de la máquina, para esto fue necesario el siguiente procedimiento:

1. Calculamos la velocidad de salida del ventilador con el anemómetro BENETECH GH816, esto se hizo poniéndolo a 20 cm del ventilador, en la cual entrego un valor de 3 m/s.
2. Calculamos el área del ventilador con la siguiente fórmula (5), que representa el área de un cuadrado, donde b es la base y h es la altura:

$$A = b \times h \quad (5)$$

$$A = 0.08 \text{ m} \times 0.16 \text{ m}$$

$$A = 0.0128 \text{ m}^2$$

3. Aplicamos la ecuación de la continuidad, donde m' es el caudal masico de salida, V es la velocidad la cual nos dio el anemómetro y A la superficie y el área:

$$m' = V \times A \quad (6)$$

$$m' = 3.0 \text{ m/s} \times 0.0128 \text{ m}^2$$

$$m' = 0.0384 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para obtener medidas más exactas tenemos el siguiente flujo de salida:

$$m' = 0.0384 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s/h}$$

$$m' = 138.24 \text{ m}^3/\text{h}$$

4. Para lugares poco ventilados, en este caso un área de 102 cm de ancho por 130 cm de largo y 35 cm de alto, el caudal másico es de 0.0384 m³/s por lo que el flujo de aire es óptimo ya que, para áreas más grandes como por ejemplo dormitorios solo se necesitó un flujo de aire de aproximadamente 0.008 m³/s.

En la Figura 42 podemos observar cómo se definió en área de trabajo protegida, realizada con la finalidad de resguardar la integridad del usuario.

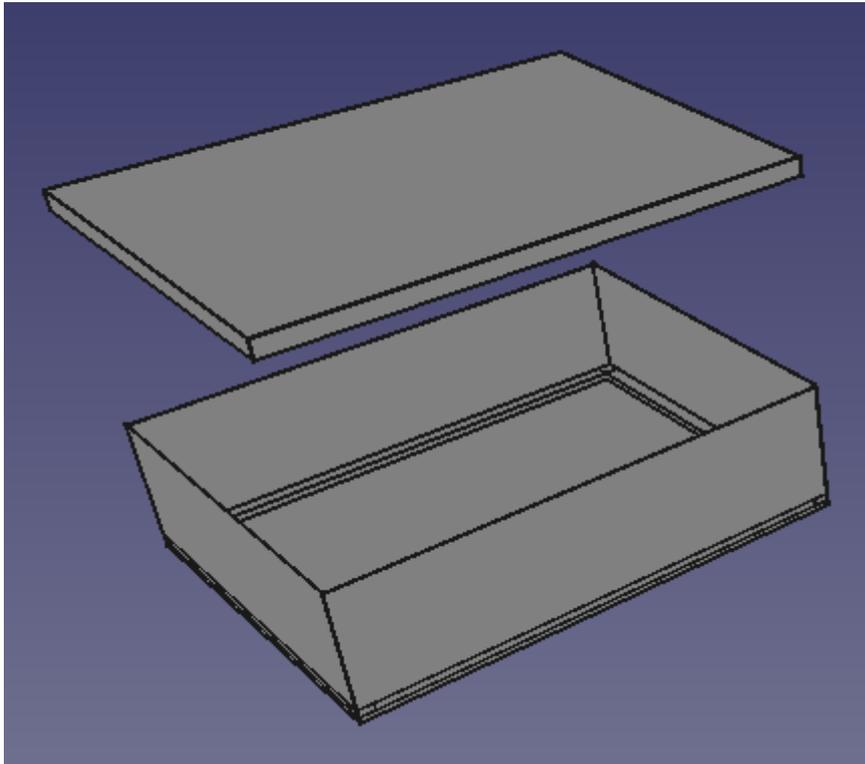


Figura 42 Área de trabajo CNC
Fuente: Autoría Propia

Para el diseño de un sistema de control numérico de corte y grabado láser, es necesario basarse en una metodología apropiada, permitiendo una ordenada selección de materiales en función a las necesidades técnicas, para luego poder realizar el diseño mecánico, que se enfoca principalmente en la creación de la parte estructural donde estarán los cuadrantes de los ejes cartesianos X,Y, así también como el diseño electrónico que permitirá el control del movimiento de los actuadores en función a la selección de software adecuado.

CAPÍTULO 3

Implementar una CNC de corte y grabado láser

En este capítulo se presenta la implementación del prototipo de control numérico computarizado para corte y grabado por medio de un módulo diodo láser. Además, se describe las etapas de desarrollo explicando a detalle la construcción electrónica, mecánica y de control, de tal manera que los resultados se demuestren cumpliendo el alcance propuesto.

3.1 Metodología de Cascada: Fase 3 Implementación

La tercera fase de la metodología de cascada está compuesta por; la implementación de los elementos mecánicos, electrónicos y el software de control que se eligió para el presente trabajo. Además, se observa una sinergia entre la fase de selección de los componentes y como estos se relacionan para tener un funcionamiento adecuado.

3.1.1 Implementación: Etapa Mecánica

Dentro de esta etapa se procedió a la fabricación de toda la estructura metálica, posteriormente se instaló los elementos mecánicos que conforman el prototipo de control numérico por computador (CNC). Además, se elaboró la base del bastidor que sirve como soporte para los ejes cartesianos X y Y. A continuación, se describe el proceso de elaboración de los elementos mecánicos que conforman el presente prototipo.

Elaboración y armado del bastidor

La Figura 43 describe el armado de la estructura metálica que conforma el bastidor, con las siguientes dimensiones: largo: 1.30 m, ancho: 1.02 m y alto: 0.35 m. Cabe mencionar, que estas medidas son de la parte superior del bastidor correspondiente al área de trabajo.

Por otra parte, se construyó la parte inferior del bastidor que sirve como soporte para la mesa de trabajo, con las siguientes dimensiones; largo: 1.30 m, ancho: 1.00 m. En función a las especificaciones técnicas de los materiales se realizó la estructura con tubo rectangular de 40 x 20 x 1.5 mm y ángulo L de 25 x 25 mm, garantizando robustez en la estructura ante la presencia de esfuerzos mecánicos.



Figura 43 Bastidor de máquina CNC durante proceso de fabricación.
Fuente: Autoría propia

La Figura 44 muestra el armado de la cubierta que rodea a la parte superior de la mesa del bastidor. Esta cubierta se ha fabricado con plancha galvanizada de 1 mm de espesor, con el fin de proteger al usuario de la emisión de gases desprendidos en la interacción del trabajo que se encuentre realizando la máquina.



Figura 44 Armado de la mesa de trabajo con cubierta
Fuente: Autoría propia

Montaje de las guías lineales para los ejes X y Y

En la Figura 45 se puede apreciar el montaje de las guías lineales, las cuales están conformadas por dos partes; primera, los perfiles de aluminio que se encuentra fijados a la estructura metálica, con el fin de garantizar una base estable para los rodamientos. Segunda, sobre estos perfiles de aluminio se encuentran las varillas sólidas de acero inoxidable de 16 mm por donde se desplazan los rodamientos lineales tanto en el eje X como en el eje Y.

Cabe mencionar que para el montaje de las guías lineales del eje X, se realizó una base metálica que va unida en los ejes paralelos de eje Y con el fin de obtener movilidad en los dos sentidos tanto en X como en Y.



Figura 45 Viga soporte con ejes lineales en Eje X
Fuente: Autoría propia

Montaje de rodamientos

Para el montaje de la parte móvil del prototipo, se utilizó rodamientos lineales SBR16UU abiertos, los mismos que se montaron sobre las varillas sólidas de aluminio con el fin de obtener una correcta movilidad y estabilidad tanto en el eje X como en el eje Y. Además, sobre el eje X se instaló una base que sirve como soporte tanto para el diodo láser como para el motor paso a paso Nema 23, en el extremo izquierdo de la base del eje X se instaló el segundo motor paso a paso Nema 23, el mismo que brinda movilidad para el eje Y. Cabe mencionar, que la función de movilidad que realizan los motores se da por medio del acople entre el piñón y la cremallera.

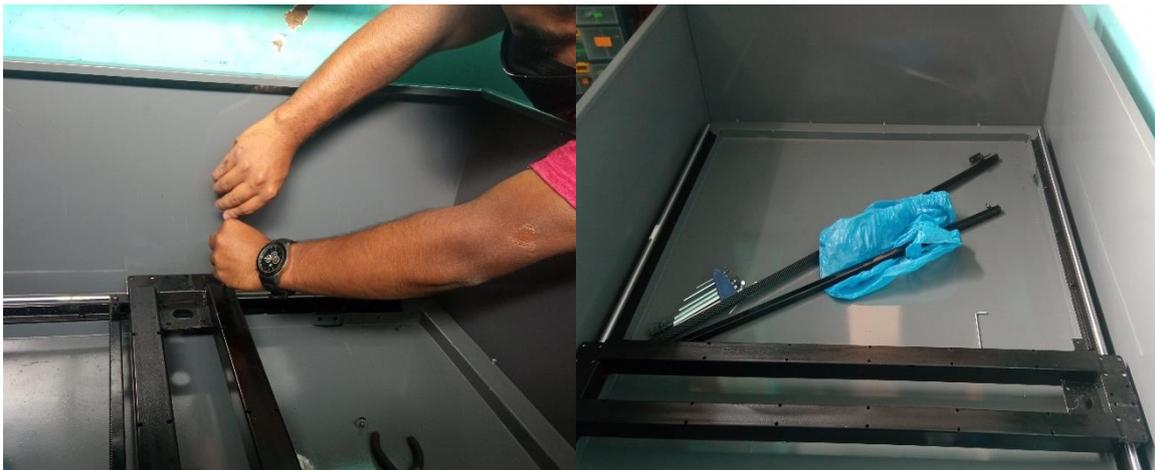


Figura 46 Conjunto de soporte de rodamiento sobre Eje Y
Fuente: Autoría propia

Una vez finalizada la instalación de los soportes para el sistema móvil se procedió a la limpieza y lubricación de los elementos móviles tales como: piñones, cremalleras, guías lineales y rodamientos lineales abiertos como se aprecia en la Figura 47.



Figura 47 Limpieza y preparación para pintura
Fuente: Autoría propia

Por último, se realizó el montaje y calibración de todos los elementos que componen la parte mecánica del sistema del control numérico computarizado (CNC). Como se muestra en la Figura 48.

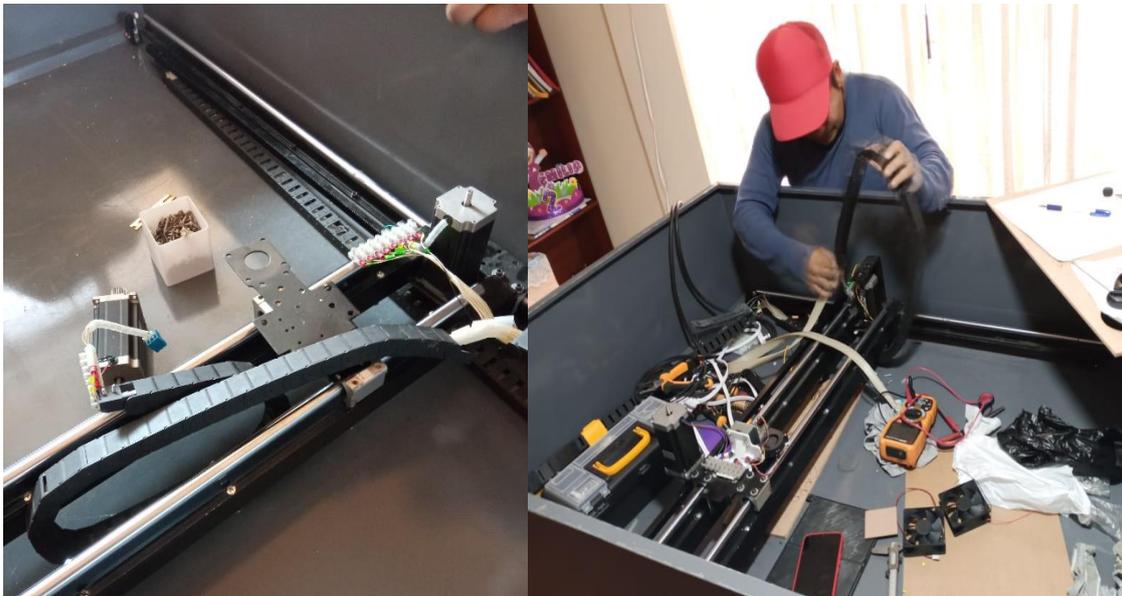


Figura 48 Montaje y calibración de los elementos mecánicos CNC
Fuente: Autoría propia

3.1.2 Implementación: Etapa Electrónica

Una vez realizado el diseño de la parte electrónica descrita en la Figura 36, se procedió a la instalación de todos los elementos electrónicos que comprenden el sistema de control numérico. A continuación, se describe las características del tablero de control y los elementos que lo componen.

Tablero de control

Para la parte de control se optó por el tablero galvanizado de 30 cm x 40 cm x 20 cm marca BEAUCOUP, con varias entradas que aumenta la capacidad para el ingreso de cables y una junta de goma de sellado, con un alto grado de protección para exteriores como se lo puede apreciar en la Figura 49.



Figura 49 Tablero galvanizado de 30 cm x 40 cm x 20cm BEAUCOUP

Fuente: (INSELEC, 2022)

Tabla 22 Materiales empleados en el tablero de control

Componente	Funcionalidad
Controladora AKZ250	Es la tarjeta controladora USB de 3 ejes, 5 ejes y funciona con tecnología de la Mach3.
Fuente de alimentación INPUT 100/220 VAC 60 HZ OUTPUT 48 VDC 8 A	Fuente para la tarjeta controladora AKZ250 y motores paso a paso Nema 23.
Fuente de alimentación INPUT 100/220 VAC 60 HZ OUTPUT 12 VDC 10 A	Fuente exclusiva para el láser.
Driver motor DQ542MA	Es un stepper motor driver híbrido de 2-fases, con un rango de voltaje de 18 VDC hasta 50 VDC. Está diseñado para usar con motores steppers híbridos de 2-fases

	de todo tipo, con diámetro externo de 42mm hasta 86mm y hasta 4.2 A por fase, en este caso utilizamos dos, tanto para el motor del eje X y eje Y..
Modulo relé SRD-05VDC-SL-C	Permite controlar la salida voltaje hacia la controladora
Porta fusible y fusible (3 A, 250 V)	Protección general del tablero de control
Luz piloto (verde)	Aviso visual de activación del sistema
Luz piloto(roja)	Aviso visual de paro del sistema
Pulsador paro de emergencia tipo hongo	Para el sistema en caso de emergencia
Selector de dos posiciones	Activador del panel
Luces LED	Para la iluminación del área de trabajo

La proyección para la instalación de los elementos de maniobras de la máquina de control numérico sobre el tablero de distribución se ubicó de la siguiente manera visto en la Figura 50.

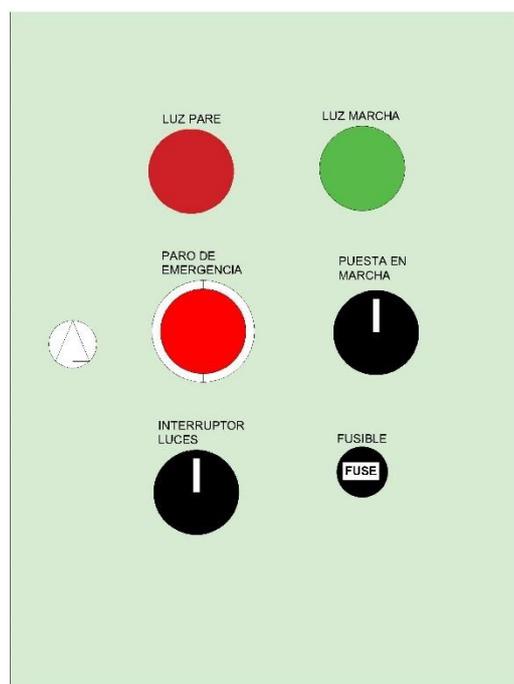


Figura 50 Proyección de la instalación del tablero de control
Autor: Propia autoría

Se colocó un selector de dos posiciones ON/OFF para el encendido y apagado general de la máquina, en conjunto con una luz piloto color verde que indica el estado encendido. Por otra parte, se colocó un paro general de emergencia con el fin de interrumpir el trabajo que

se esté ejecutando en el caso de presentarse una emergencia en el sistema, esta acción de paro se visualiza mediante una luz piloto de color rojo. Para la iluminación del área de trabajo fue necesario adicionar un interruptor que controla el encendido y apagado de las luces Led instaladas dentro de la parte superior interna de la cubierta del prototipo.

Para la protección de todos los elementos electrónicos se tiene un fusible de 3 A a 250 V y un breaker de 16 A en caso de algún desperfecto que pueda afectar al sistema.

Ensamble del tablero de control

El ensamble de la parte electrónica en el tablero de control que se aprecia en la Figura 51 se realizó de forma organizada identificando y etiquetando los diferentes puntos de distribución de energía, así como las conexiones internas y externas, obteniendo una buena distribución de los elementos y los dispositivos de accionamiento implícitos en el tablero.



Figura 51 Ensamble y etiquetado del tablero de control
Fuente: Propia Autoría

Finalizando el proceso de ensamblaje de la parte electrónica dentro del tablero de control se obtuvo como resultado la Figura 52, donde se puede observar el ordenamiento de la parte de control, alimentación, protección y drivers de control.



Figura 52 Tablero de control y todas sus partes.
Fuente: Propia Autoría

En la parte externa del tablero, justamente en la puerta, se instaló los dispositivos de accionamiento y luces piloto que sirvieron como mecanismos de información, observados en la Figura 53 donde se puede visualizar un selector para la puesta en marcha, indicado por la luz verde y un paro de emergencia general indicado por la luz de color rojo, además cuenta con un sistema de protección de todo el sistema.

También, en el tablero se puede apreciar un interruptor que acciona el encendido y apagado de luces led que iluminan el área de trabajo.



Figura 53 Parte externa del tablero de control
Fuente: Propia Autoría

Ensamble de dispositivos electrónicos en el bastidor

En la parte de la mesa de trabajo se instaló un módulo diodo láser, finales de carrera, motores paso a paso nema 23, luces led que iluminan el área de trabajo y dos ventiladores axiales que conforman el sistema de extracción de humos de acuerdo al diagrama de conexión establecido anteriormente.

Para delimitar el área de trabajo fue necesario instalar dispositivos de accionamiento mecánico, (finales de carrera) cuya función permitió establecer un perímetro dentro de la mesa de trabajo.

Tabla 23 Componentes electrónicos del bastidor

Componente	Funcionalidad
Final de Carrera	Es un interruptor de posición que permiten finalizar un recorrido de un elemento móvil si este lo amerita.
Motor paso a paso Nema 23	Permite el recorrido del diodo láser en un plano cartesiano en las cuadrantes X y Y.
Modulo láser Sculpfun S9	Láser es un dispositivo cuya función se genera por accionamiento de los átomos o moléculas para emitir un haz de luz amplificado de gran magnitud que permite el grabado y corte sobre varias superficies.
Ventilador centrífugo 12 VDC	Ventilador centrífugo, la función que cumple en el prototipo es la extracción de humo y a la vez la refrigera el sistema.
Ventilador axial 12v	Su función disipar el calor por medio de aspas.

Para el sistema de extracción de humo se utilizó dos motores axiales de 12v conectados en paralelo vistos en la Figura 54 con una dimensión de 8 cm por 8 cm, los mismos que se colocaron en la parte superior del área de trabajo.

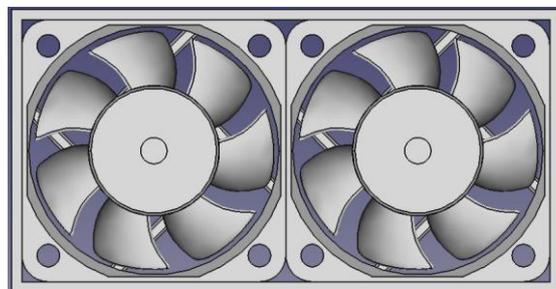


Figura 54 Ventiladores axiales para extracción de humos
Autoría: Propia

Para la instalación del módulo láser Sculpfun S9 fue necesario implementar dos ventiladores centrífugos de 12 V con el fin de obtener un sistema de enfriamiento y un sistema de extracción de humos, tal como se puede apreciar en la Figura 55, para seguido montarlo en la base del eje X.

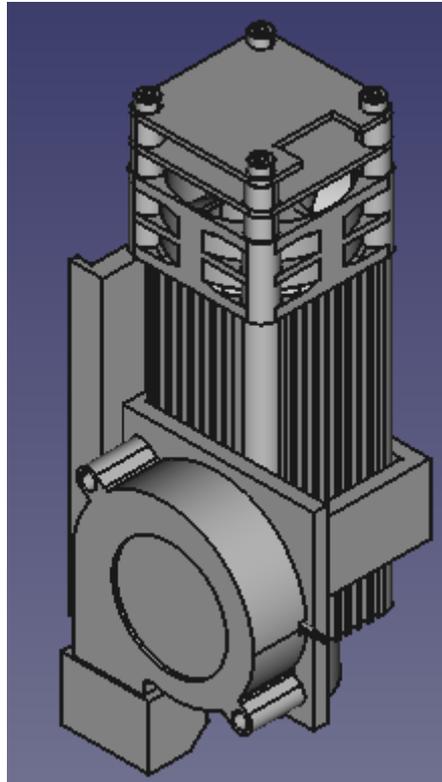


Figura 55 Modulo laser Sculpfun S9
Autoría: Propia

Para el montaje de los motores paso a paso nema 23, fue necesario diseñar un modelo para poder establecer la posición correcta en que tienen que ir las cremalleras en función del eje del piñón, tal como se muestra en la Figura 56.

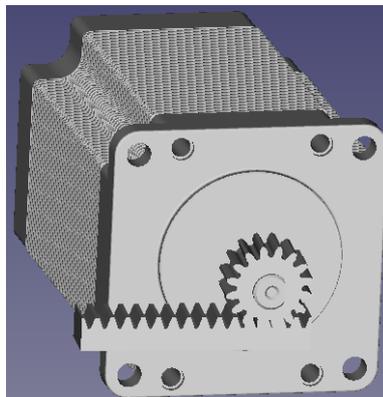


Figura 56 Montaje de motor paso a paso, piñón y cremalleras
Autoría: Propia

3.1.3 Implementación: Etapa Software

Para la controladora AKZ250 se realizó la instalación del software de control Mach3, para la configuración de este programa de computador fue necesario acudir a su manual de

usuario para establecer parámetros y configuraciones necesarias para su correcto uso, dando como resultado un adecuado manejo de la máquina de control numérico computarizado (CNC).

Parámetros de Fabrica para el Arranque.

1. La Figura 57 describe el entorno principal del software Mach3, que permitió seleccionar la opción Plasma recomendado por el fabricante para trabajar con saltos de línea, o a su vez se puede crear un perfil de manejo bajo los parámetros que se requieran, una vez abierta la ventana se pudo apreciar la interfaz de control para la máquina CNC. Aquí se logró establecer parámetros de funcionamiento tales como; potencia del láser, características de los actuadores y la configuración de los dispositivos de accionamiento para delimitar el área de trabajo.

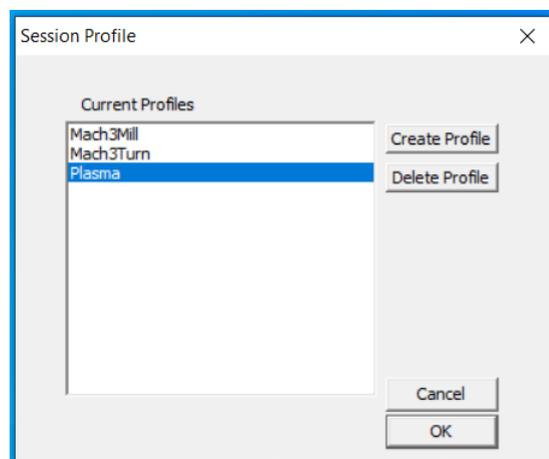


Figura 57 Perfil de sesión de usuario.
Fuente: Autoría propia

2. Las señales de entradas y salidas del controlador se las configuró en el menú Config/Port & Pins, para eso primeramente se seleccionó un puerto de operación, así como también la velocidad del sistema y el modo de manejo de la salida de pinouts, mostrado en la Figura 58

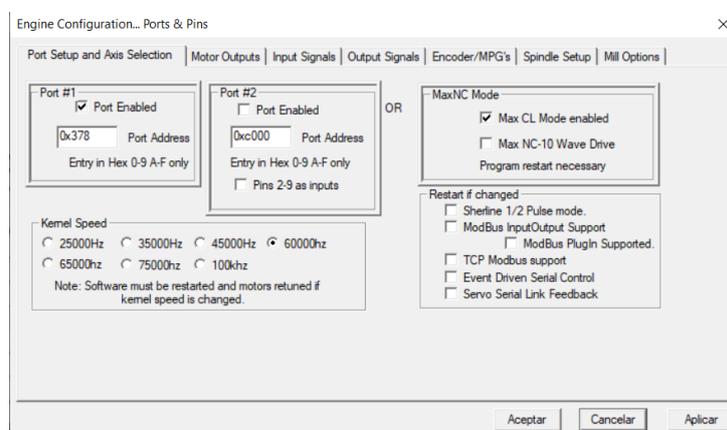


Figura 58 Definición de entradas y salidas (Ports and Pins).
Fuente: Autoría propia

3. En la Figura 59 se muestra la configuración de pines correspondientes a los finales de carrera que se conectó para establecer los límites físicos de la máquina y la posición inicial Home:

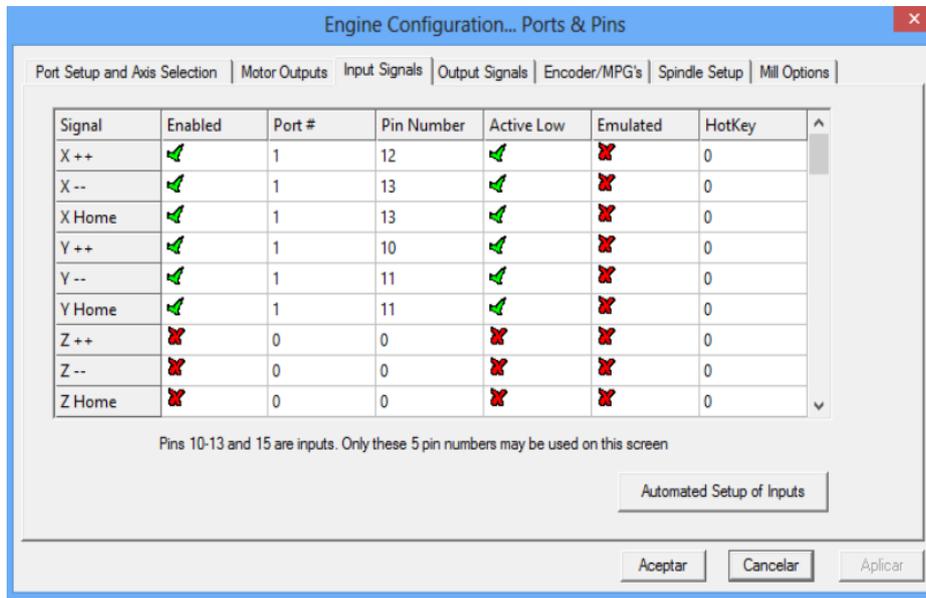


Figura 59 Configuración de señales de entrada.
Fuente: Autoría propia

4. Se estableció la configuración de la señal de salida para el control de los motores en la pestaña Motor Outputs del menú Config. Se muestra la configuración en la Figura 60.

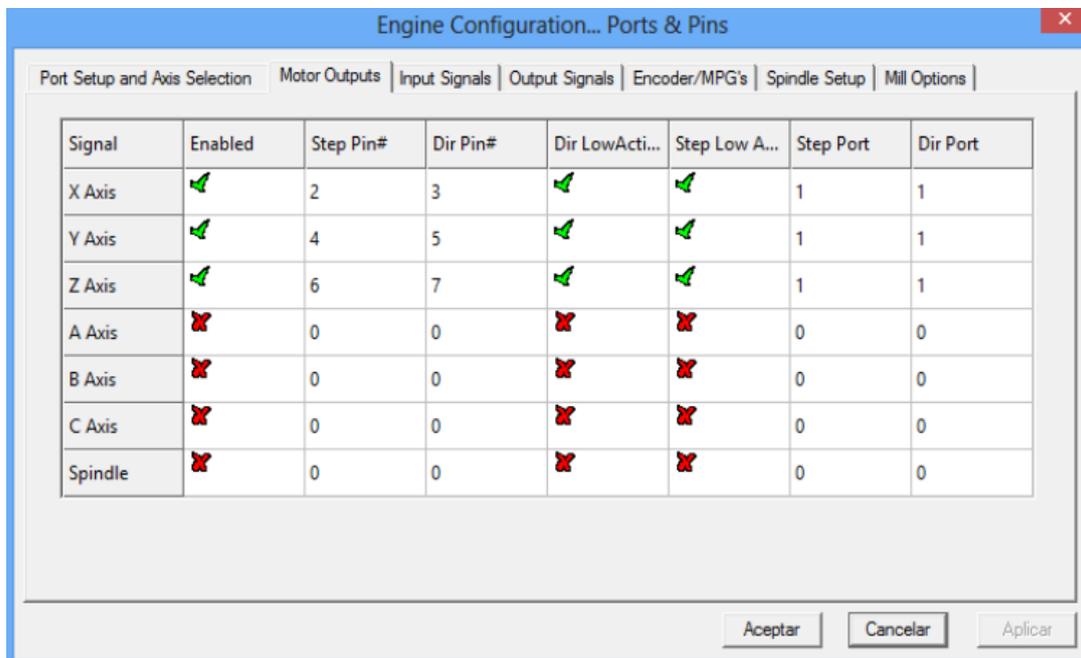


Figura 60 Configuración de Motor Outputs
Fuente: Autoría propia

5. En la pestaña Output Signals se establece la salida que servirá para el control de la señal moduladora de pulso que permitirá habilitar el módulo láser, tal como se muestra en la Figura 61:

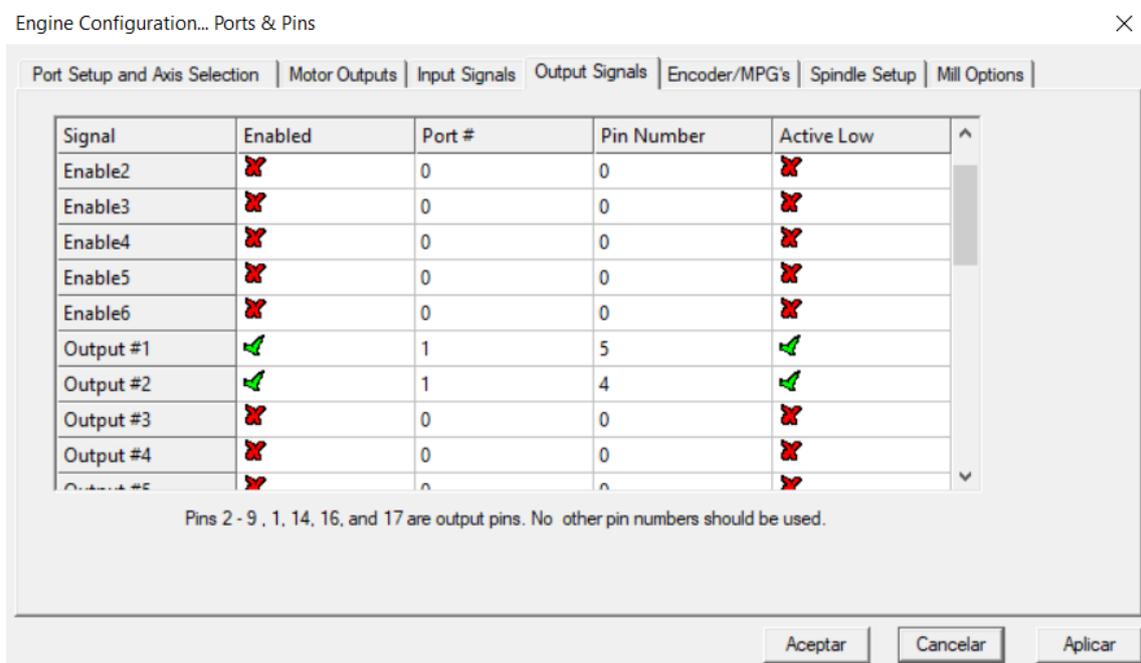


Figura 61 Configuración de señales de salida
Fuente: Autoría propia

6. En el menú Config/Motor Tuning se configura los parámetros de avance del motor y del piñón-cremallera obtenidos del datasheet, para esto se estableció una velocidad de desplazamiento, los pasos por milímetros y aceleración, se muestra esta configuración en la Figura 62.

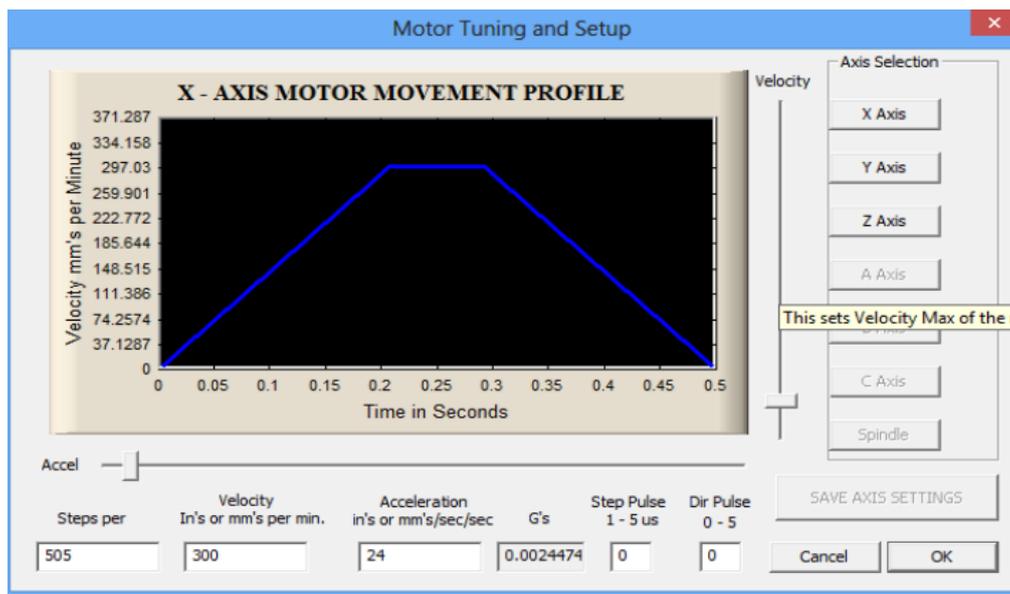


Figura 62 Configuración de Motor Signals
Fuente: Autoría propia

7. En el menú Config/Homming & Limits se establece los límites del espacio de trabajo de la herramienta, como se muestra en la Figura 63.

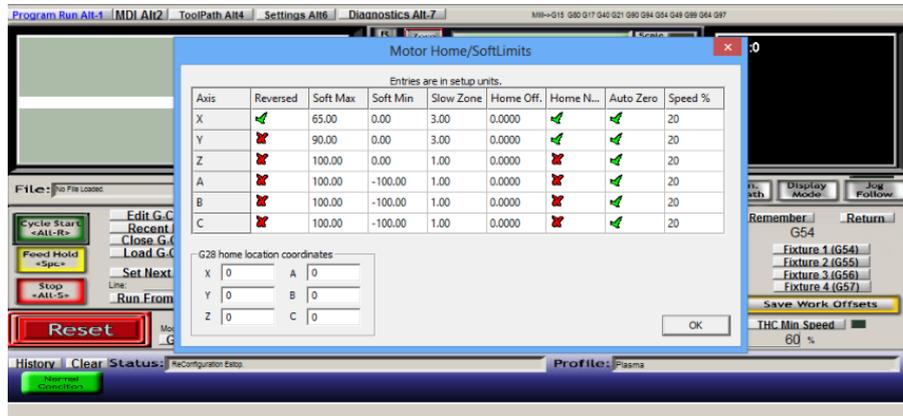


Figura 63 Definición de posición de Home y Limits
Fuente: Autoría propia

Una vez que se han definido los parámetros de máquina, se logró importar un código previamente generado, es importante guardar el archivo generado en Archivo de texto (.txt), donde luego de procesar una imagen y convertir a código entendible para la máquina CNC, como se muestra en la Figura 64.

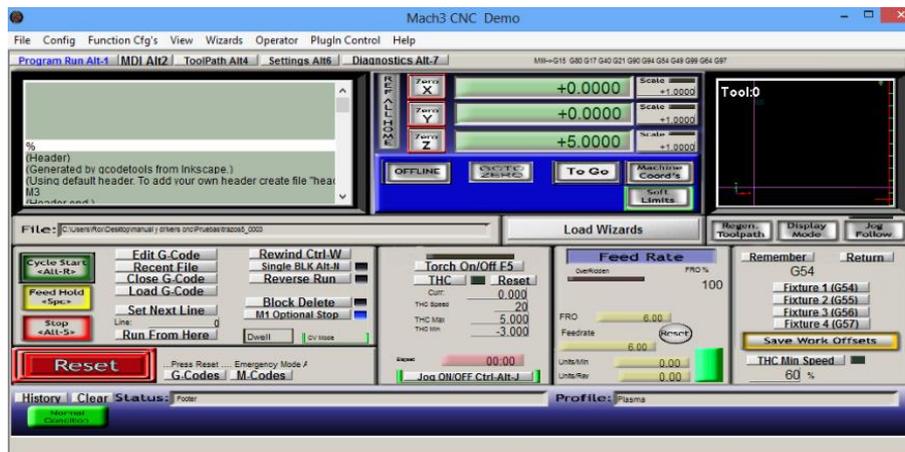


Figura 64 Carga de código G en software Mach3
Fuente: Autoría propia

3.2 Procesado de imágenes para corte

Se utilizó el programa Inkscape para vectorizar las imágenes para el corte. Se empleó este programa por ser software libre y por su completa compatibilidad con el post – procesador Mach3 que maneja los controladores que mueven los motores y accionan el láser. Mediante Inkscape, es posible realizar el diseño desde su propio entorno de trabajo o se puede adquirir la imagen desde un archivo externo y procesarla para generar un código G que sea compatible con la máquina CNC. Cabe mencionar que se utilizó un plug-in llamado lasertools, con el fin establecer un manejo adecuado del módulo láser.

Vectorizar imágenes en Inkscape

Es importante vectorizar cualquier tipo de imagen para generar el código G que es compatible con el sistema de control numérico (CNC), permitiendo ampliar y reducir imágenes sin perder la resolución y calidad original, además permite visualizar los puntos vectorizados de la imagen.

1. Adquisición de imagen

Se abre la imagen requerida en Inkscape, con las opciones predeterminadas, tal como se muestra en la Figura 65.

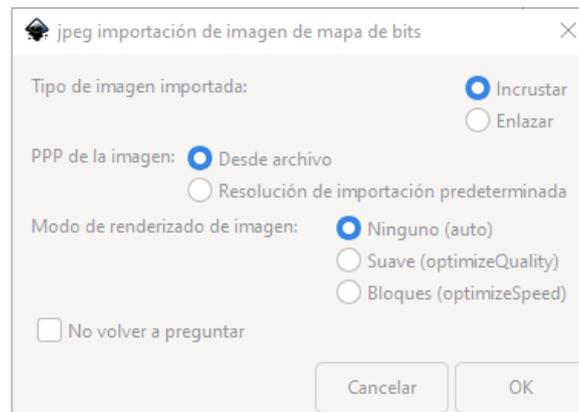


Figura 65 Importación de imagen en Inkscape
Fuente: Autoría propia

2. Definición de espacio de trabajo y unidades

Mediante el menú de propiedades de imagen, se puede ajustar el espacio de trabajo a un formato estándar en el cual se debe asegurar que sus unidades sean milímetros. Se muestra esta operación en la Figura 66.

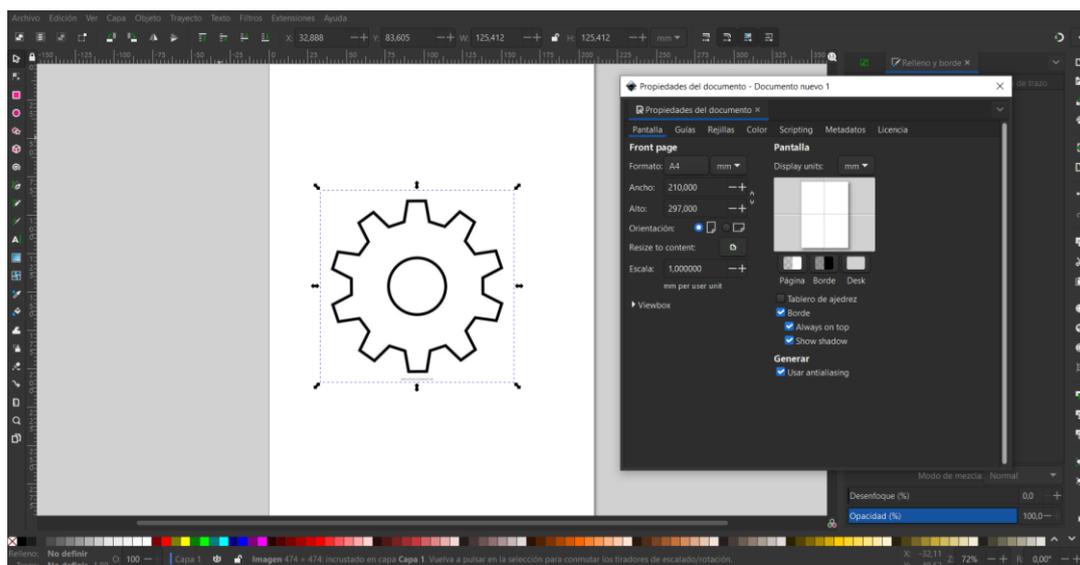


Figura 66 Definición de área de trabajo y unidades

Fuente: Autoría propia

3. Conversión de imagen a vectores

Una vez importada la imagen al entorno de trabajo de Inkscape se procede a la vectorización de la misma, dando clic derecho en la opción de vectorizar mapa de bits, luego se elimina la imagen que no está vectorizada, dando como resultado las imágenes de la Figura 67.

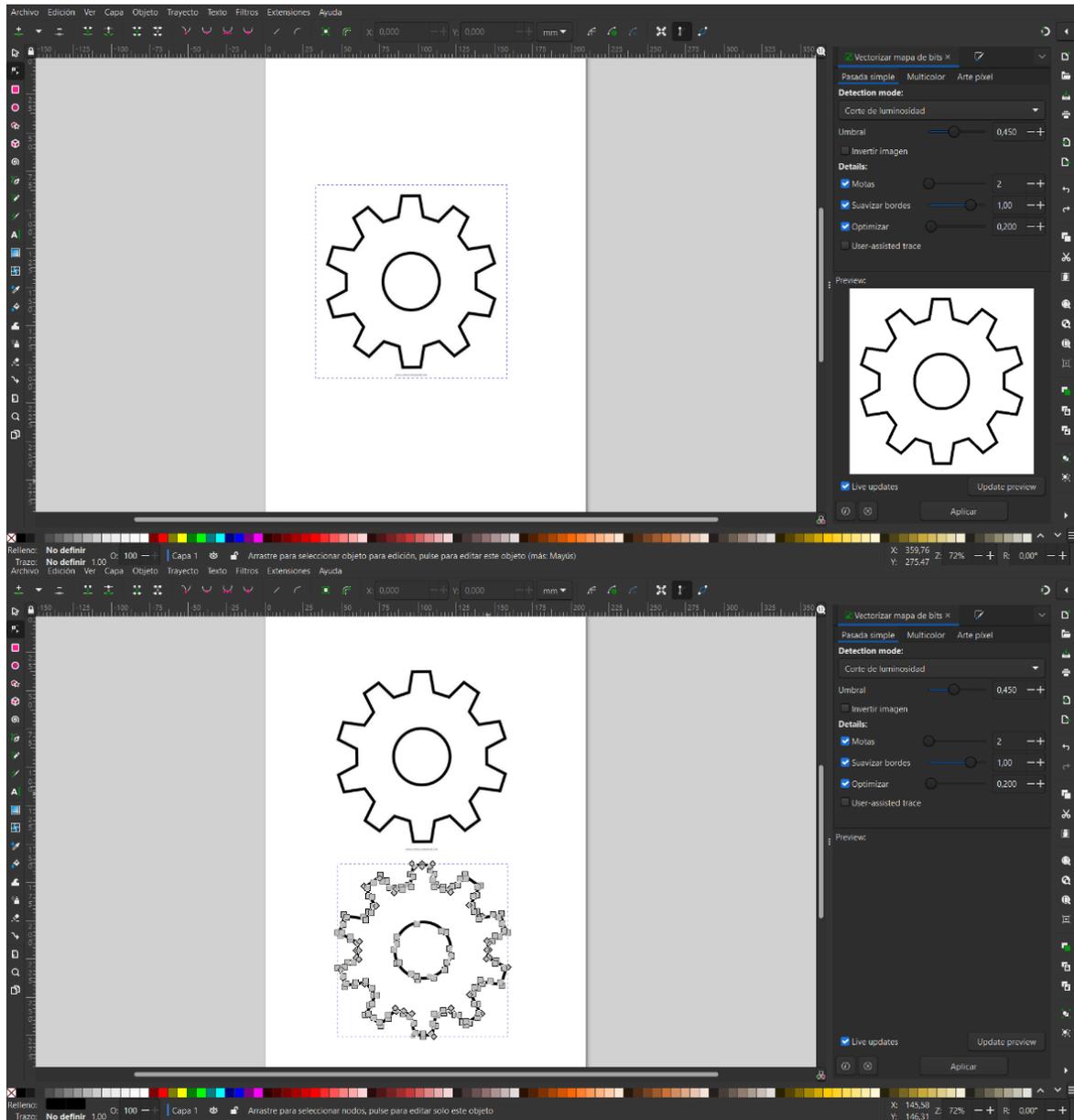


Figura 67 Imagen en formato JPG e imagen vectorizada
Fuente: Autoría propia

4. Configuración de parámetros para la generación de código G

En la Figura 68 se aprecia la opción Extensiones ubicada en la barra de menú de la parte superior donde se desplaza una lista de opciones en la cual se encuentra la de lasertools,

esta opción permite generar un código G de cualquier tipo de imagen para que la máquina CNC pueda ejecutar acciones de cortado y grabado láser.

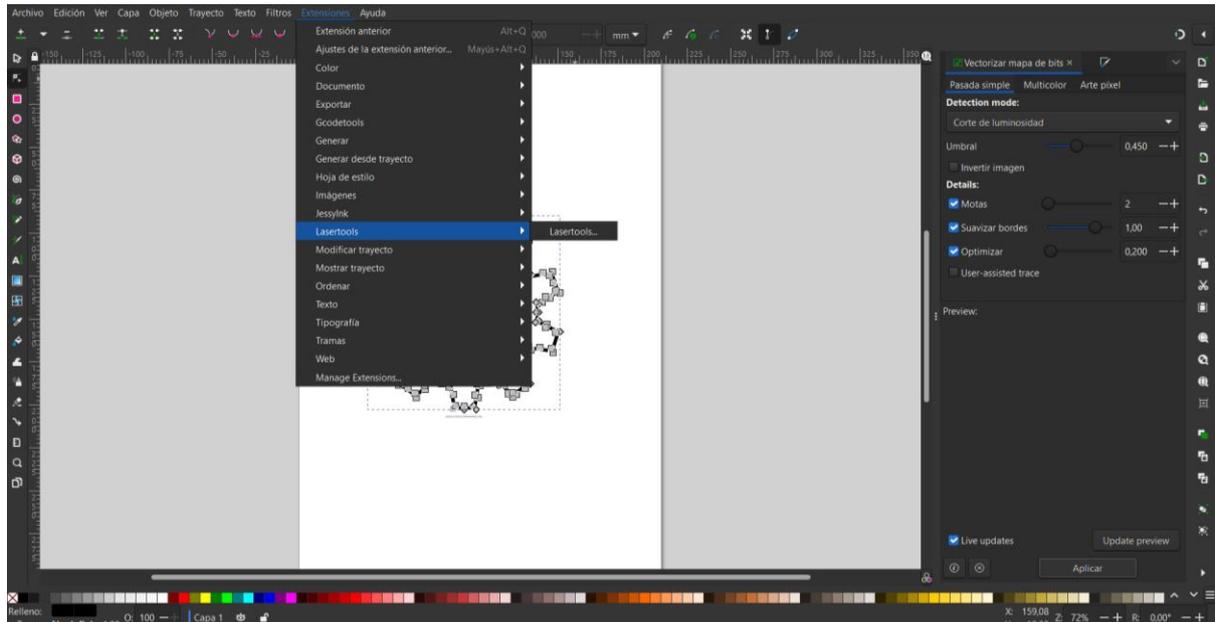


Figura 68 Opción para generación de código G
Fuente: Autoría propia

5. Configuración de Lasertools

Ya seleccionada la opción de lasertools como podemos ver en la Figura 69, fue necesario configurar algunos parámetros importantes tales como la de los perímetros de láser, rellenos, número de pasadas, nombre del archivo, carpeta de destino para guardar el archivo, entre otros.

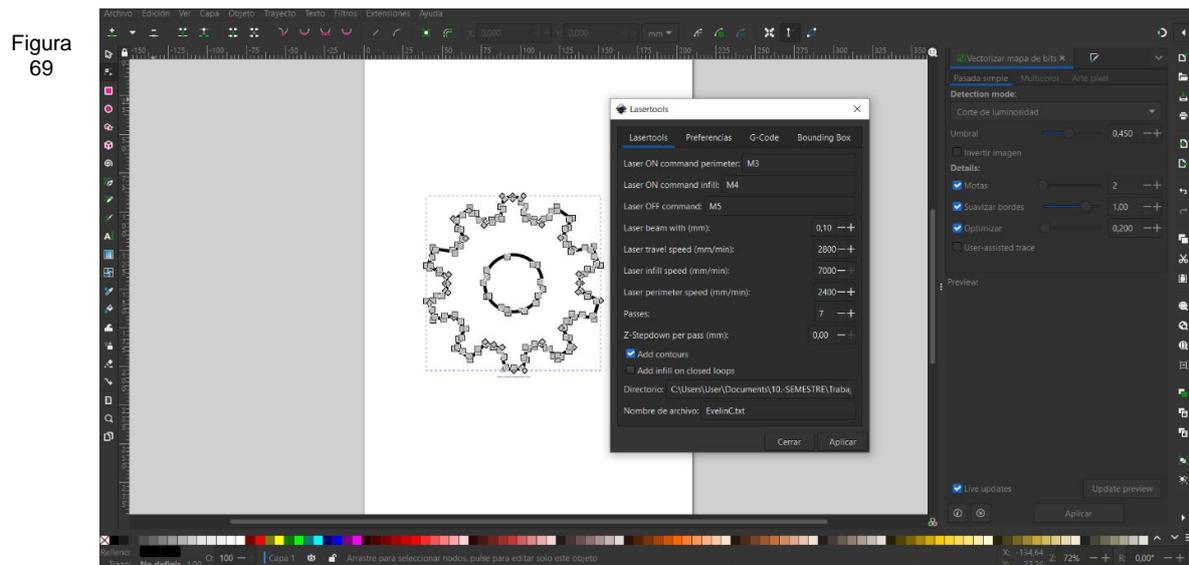
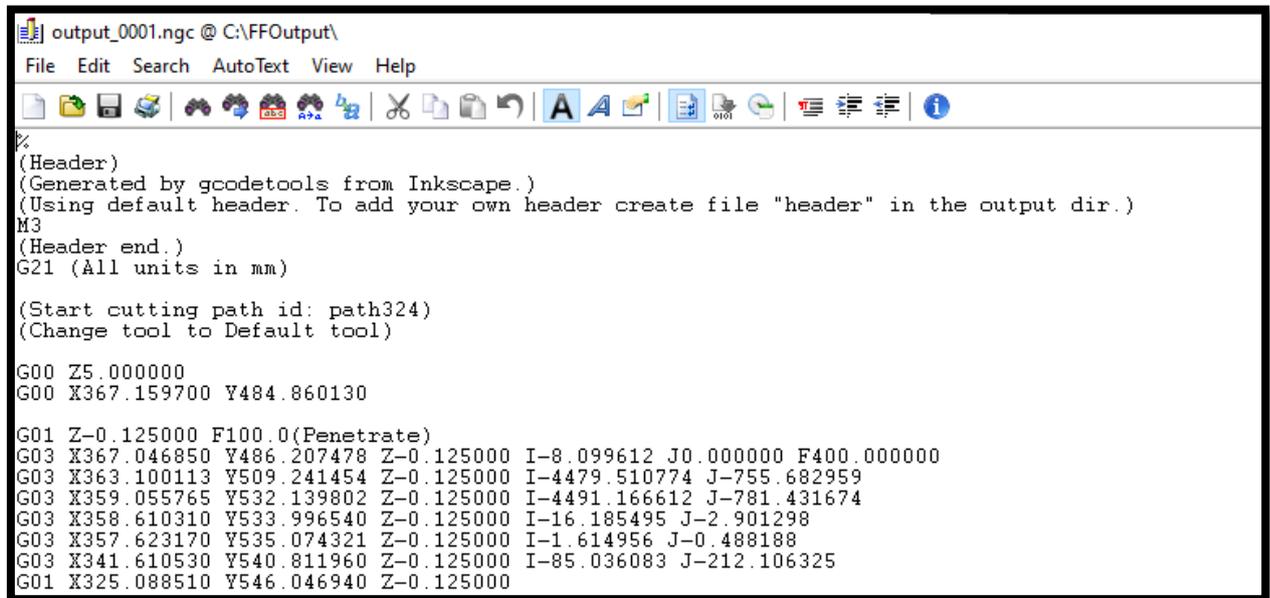


Figura 69

Configuración de Lasertools
Fuente: Autoría propia

6. Generación de código G

Una vez generado el código G en formato .txt, (Figura 70) compatible para el software Mach3 es necesario regular la potencia del láser de acuerdo a las necesidades del usuario mediante el PWM de la interfaz gráfica del programa.



```
output_0001.ngc @ C:\FFOutput\  
File Edit Search AutoText View Help  
%  
(Header)  
(Generated by goodetools from Inkscape.)  
(Using default header. To add your own header create file "header" in the output dir.)  
M3  
(Header end.)  
G21 (All units in mm)  
  
(Start cutting path id: path324)  
(Change tool to Default tool)  
  
G00 Z5.000000  
G00 X367.159700 Y484.860130  
  
G01 Z-0.125000 F100.0(Penetrare)  
G03 X367.046850 Y486.207478 Z-0.125000 I-8.099612 J0.000000 F400.000000  
G03 X363.100113 Y509.241454 Z-0.125000 I-4479.510774 J-755.682959  
G03 X359.055765 Y532.139802 Z-0.125000 I-4491.166612 J-781.431674  
G03 X358.610310 Y533.996540 Z-0.125000 I-16.185495 J-2.901298  
G03 X357.623170 Y535.074321 Z-0.125000 I-1.614956 J-0.488188  
G03 X341.610530 Y540.811960 Z-0.125000 I-85.036083 J-212.106325  
G01 X325.088510 Y546.046940 Z-0.125000
```

Figura 70 Código G generado
Fuente: Autoría propia

La implementación de la máquina CNC requiere de un trabajo coordinado, ya que permite integrar los sistemas mecánicos, electrónicos, control, pero la disponibilidad de materiales y componentes puede resultar una limitante en cuanto a los tiempos de ejecución. Se debe garantizar un buen armado de las piezas de manera que no haya movimientos o vibraciones que afecten al desplazamiento en los ejes X e Y, alterando los cortes y obteniendo resultados obsoletos.

3.3 Validación

Se procedió a realizar pruebas de funcionamiento de la máquina de control numérico computarizado para corte y grado láser en materias primas tales como MDF de 6 mm y acrílico de 3 mm estableciendo parámetros tanto de avance, numero de pasadas y potencia del láser.

3.3.1 Pruebas y Resultados

Las pruebas realizadas permitieron obtener resultados de corte y grabado láser en MDF de 6 mm y acrílico de 3 mm, de espesor que se describen más adelante:

Grabado MDF

Para el grabado en MDF, se realizó diez tipos de pruebas regulando el avance de los motores paso a paso en los ejes X-Y, también la intensidad del láser por medio de la

modulación por ancho de pulso (PWM), estos parámetros fueron ajustados desde la interfaz de control Mach3 y la señal PWM fue vista por medio de un osciloscopio y un multímetro detallados a continuación:

Tabla 24 Pruebas de grabados en MDF

Detalle	Parámetros de avance [mm/s]	PWM	Número de pasadas
CASO 1	480	0	1
CASO 2	600	100	1
CASO 3	650	200	1
CASO 4	680	300	1
CASO 5	680	400	1
CASO 6	680	500	1
CASO 7	690	600	1
CASO 8	690	700	1
CASO 9	700	800	1
CASO 10	710	900	1
CASO 11	720	1000	1

En la Figura 71 se puede observar los resultados obtenidos del grabado de contornos en MDF, estas pruebas se las realizó con el fin de establecer parámetros adecuados para el grabado, los resultados obtenidos permitieron ajustar las configuraciones de la señal PWM que regula la intensidad del láser y el avance de los motores paso a paso.

Para el relleno de imágenes fue de gran utilidad conocer los casos del grabado de contornos, ya que la señal PWM oscilan desde 0% al 100% de intensidad que genera el láser, toda esta información se la vio por medio de un osciloscopio y un multímetro para mayor veracidad. Por

otra parte, también se conoció los parámetros de avance de los motores paso a paso de los ejes X-Y, los mismos que fueron seleccionados en función de la intensidad del láser.

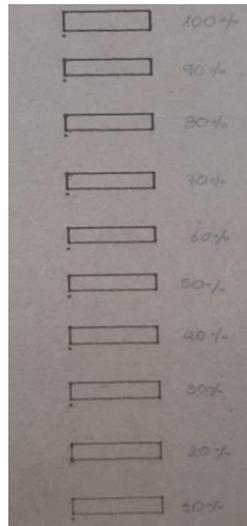


Figura 71 Grabado en MDF
Autoría: Propia

Caso 1:

Para el primer caso de la prueba realizada se pudo constatar en el osciloscopio y el multímetro muestran un voltaje insignificante, por lo que no muestra ninguna señal PWM como se aprecia en la Figura 72. En este caso no se hizo ninguna prueba, ya que el módulo láser tampoco encendía.



Figura 72 Caso 1 pruebas de grabado en función de la señal PWM
Autoría: Propia

Caso 2:

Para el caso 2 como se aprecia en la Figura 73, el osciloscopio nos muestra un ciclo útil del 10% con un voltaje de 0.722 V por lo que para este caso las pruebas realizadas ya se pudo evidenciar un grabado con un PWM de 100 observados en la Figura 71.

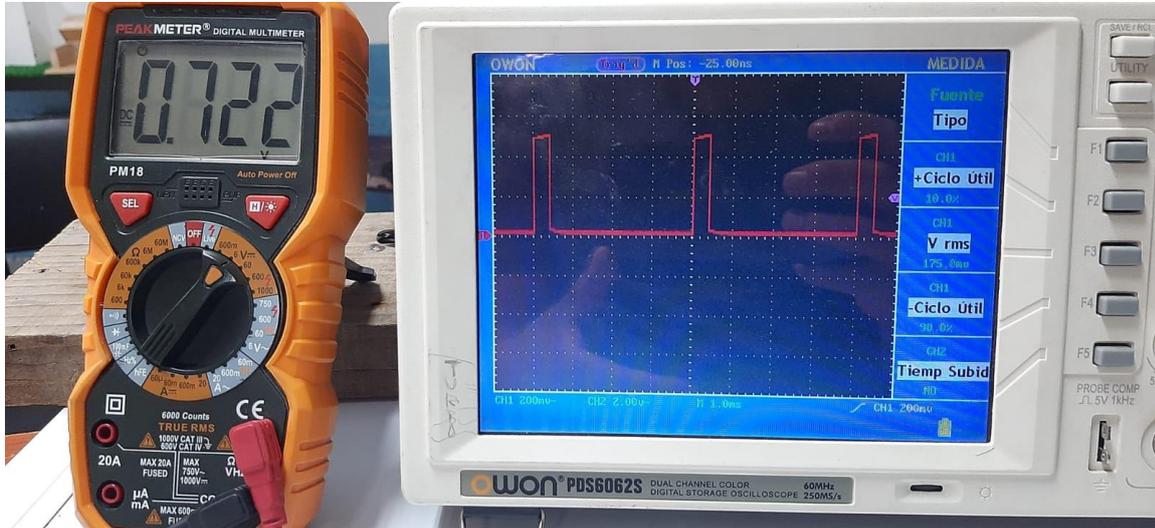


Figura 73 Caso 2 pruebas de grabado en función de la señal PWM
Fuente: Autoría propia

Caso 3:

Aquí ya se pudo constatar que el MDF ya presento un color más oscuro porque el ciclo útil aumento al 20% con un voltaje de 1.196 voltios vistos en la Figura 74, donde la señal PWM lo toma con un valor de 200.

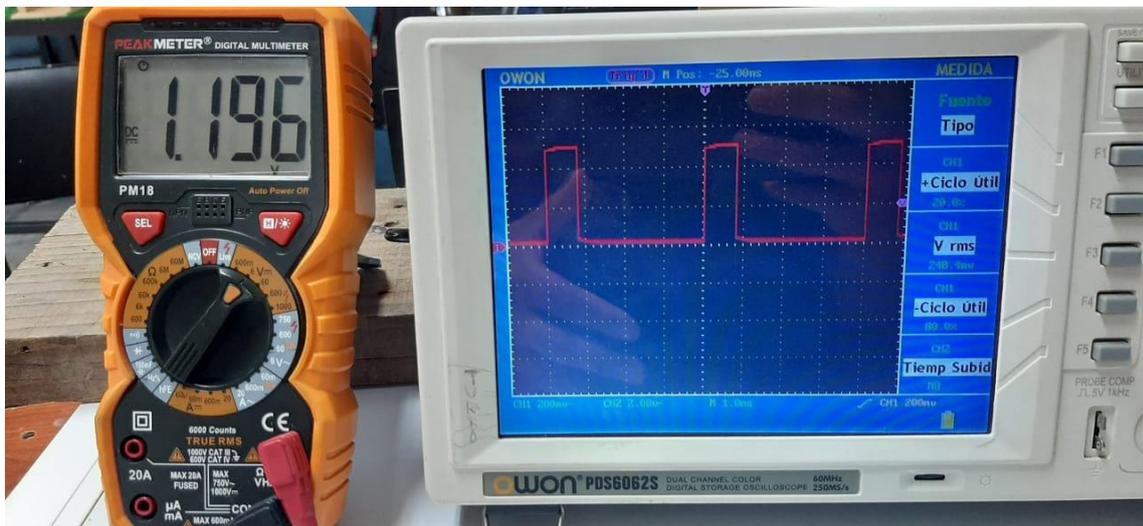


Figura 74 Caso 3 pruebas de grabado en función de la señal PWM
Autoría: Propia

Caso 4:

En esta prueba también se pudo evidenciar que la forma del ciclo de trabajo aumenta gradualmente mostrado en la Figura 75, que el ciclo útil aumento un 30% con un voltaje de 1.67 V.

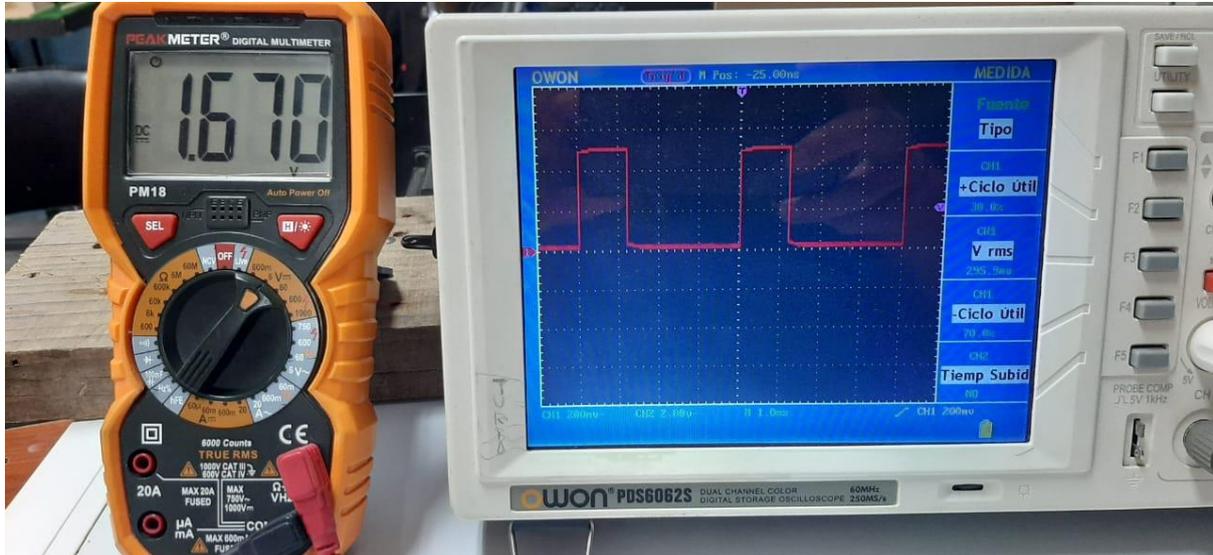


Figura 75 Caso 4 pruebas de grabado en función de la señal PWM
Fuente: Autoría propia

Caso 5:

En el caso 5 el ciclo útil aumento a un 40% con un voltaje de 2.14 V apreciado en la Figura 76.

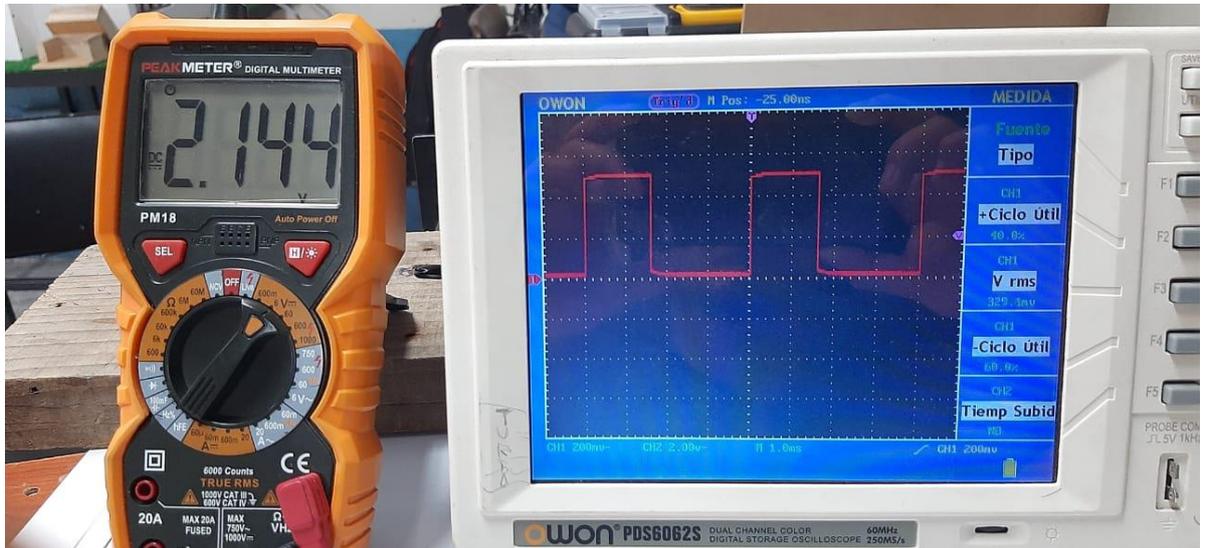


Figura 76 Caso 5 pruebas de grabado en función de la señal PWM
Fuente: Autoría propia

Caso 6:

En el caso 6 se pudo ver en la Figura 77, la señal del PWM llega a operar al 50% con un voltaje de 2.14 V, esto quiere decir que el ciclo útil positivo se encuentra operando a la mitad y la otra mitad no opera.

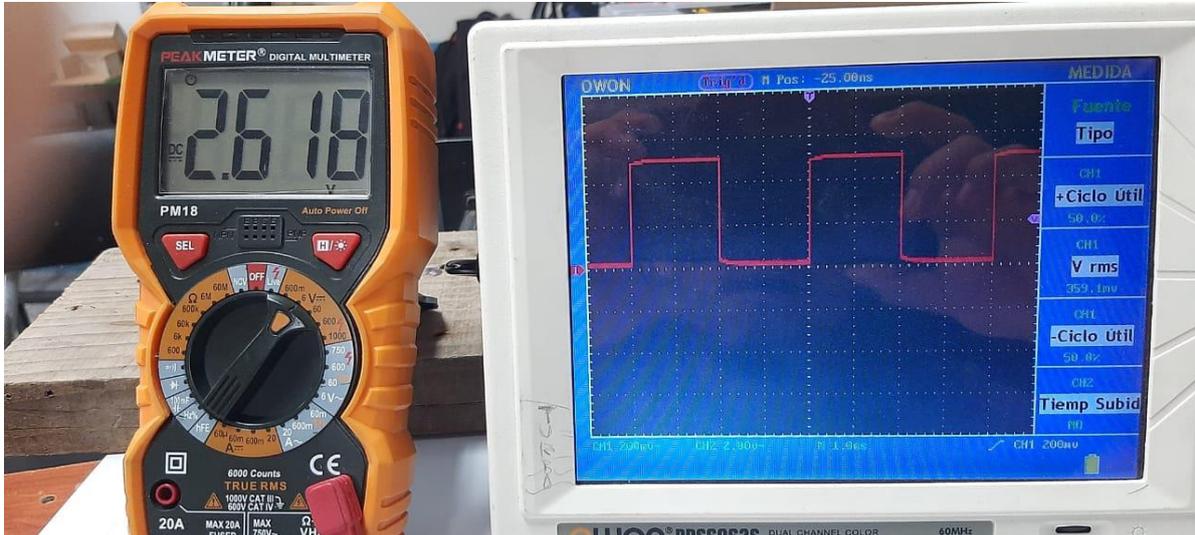


Figura 77 Caso 6 pruebas de grabado en función de la señal PWM
Fuente: Autoría propia

Caso 7:

A media que aumento el ciclo útil a 60% con un voltaje de 3.09 V (Figura 78), fue necesario aumentar la velocidad de desplazamiento para evitar que el MDF empiece a carbonizarse especialmente en las esquinas.

Para esto se optó por aumentar la velocidad de desplazamiento a 690 mm/s basado en pruebas anteriormente realizadas.

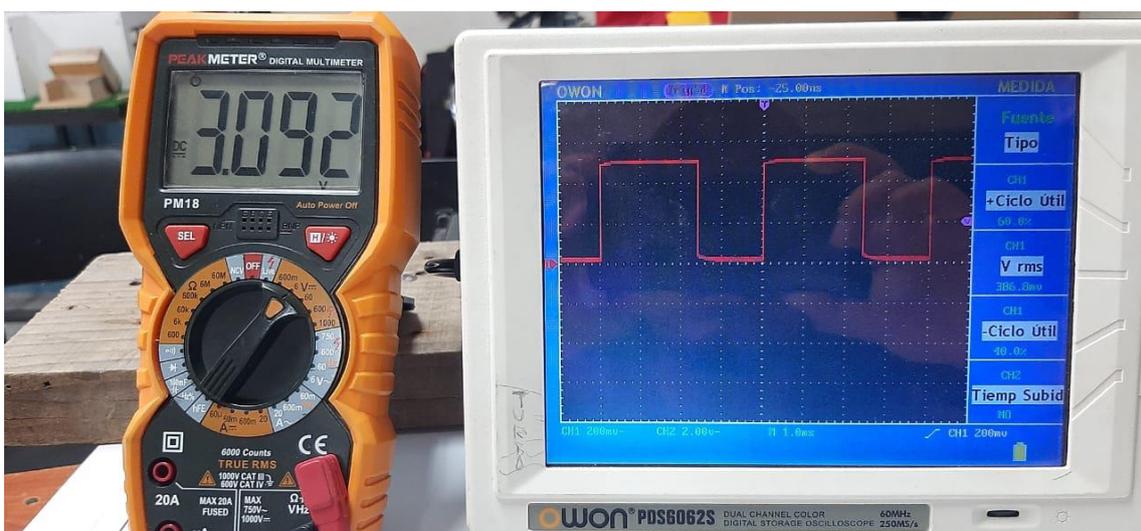


Figura 78 Caso 7 pruebas de grabado en función de la señal PWM
Fuente: Autoría propia

Caso 8:

El caso 8 en relación con el caso 7 no es necesario cambiar la velocidad de avance debido a que los resultados obtenidos son similares, pero, su ciclo útil aumento a 70% con un voltaje de 3.56 V, visto en la Figura 79.

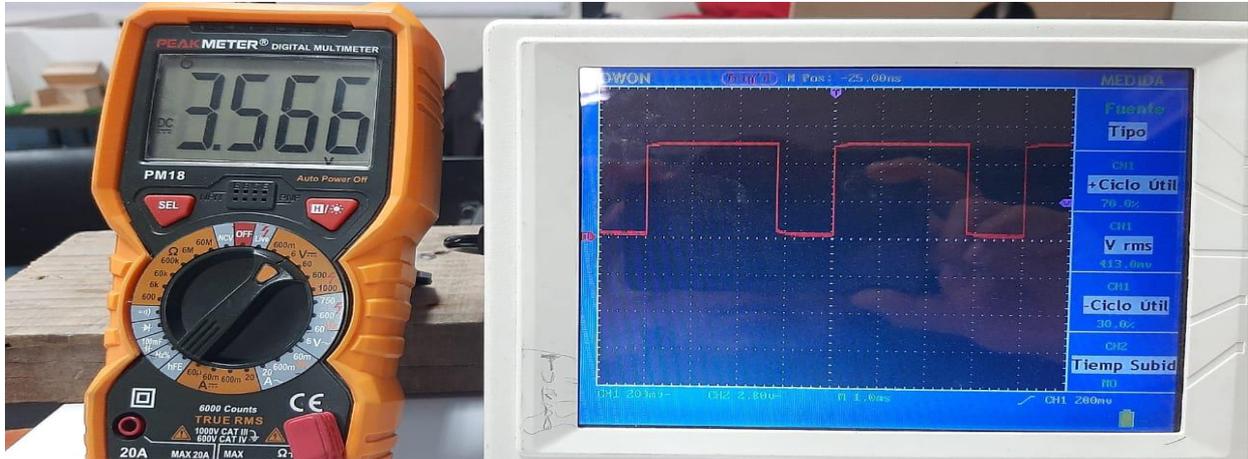


Figura 79 Caso 8 pruebas de grabado en función de la señal PWM
Fuente: Autoría propia

Caso 9:

Aquí es necesario aumentar la velocidad de avance de los motores, con un valor pequeño, ya que su operación se encuentra al 80% con un voltaje de 4 V lo que hace que la intensidad del láser carbonice mayormente al MDF, para este caso se aumentó la velocidad a 700 mm/s.

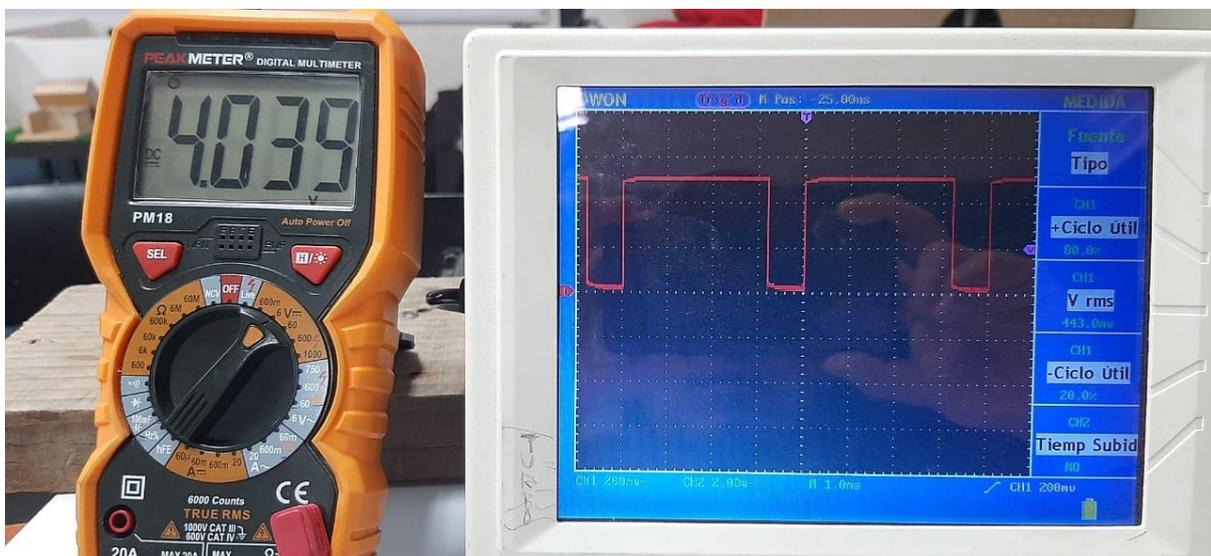


Figura 80 Caso 9 pruebas de grabado en función de la señal PWM
Fuente: Autoría propia

Caso 10:

En la Figura 81 se pudo apreciar como el ciclo útil positivo aumento a un 90% con un voltaje de 4.51 V dejando al ciclo útil negativo a 10%, para este caso la velocidad se aumenta a 710 mm/s.

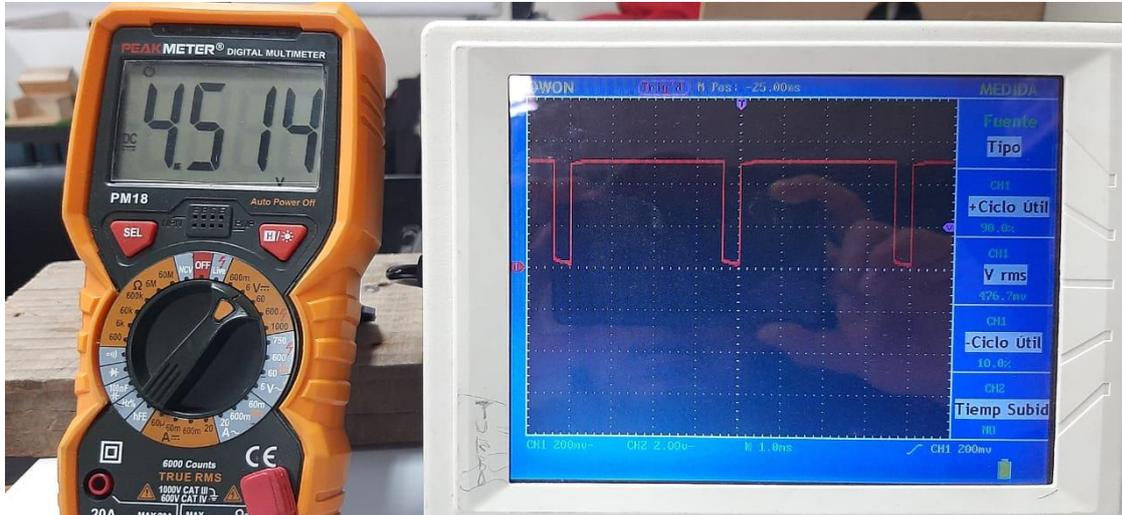


Figura 81 Caso 10 pruebas de grabado en función de la señal PWM
Fuente: Autoría propia

Caso 11:

Para este último caso, en la Figura 82 se pudo apreciar que el ciclo de trabajo se mantiene constante al llegar a los 5v, porque la señal PWM está operando a 1000, que sería el 100% del ciclo útil, por lo que ya no presenta un ciclo útil negativo. Es necesario aumentar la velocidad para los parámetros de grabado porque se consideraría que está configurada para corte, el desplazamiento aumenta a 720 mm/s.

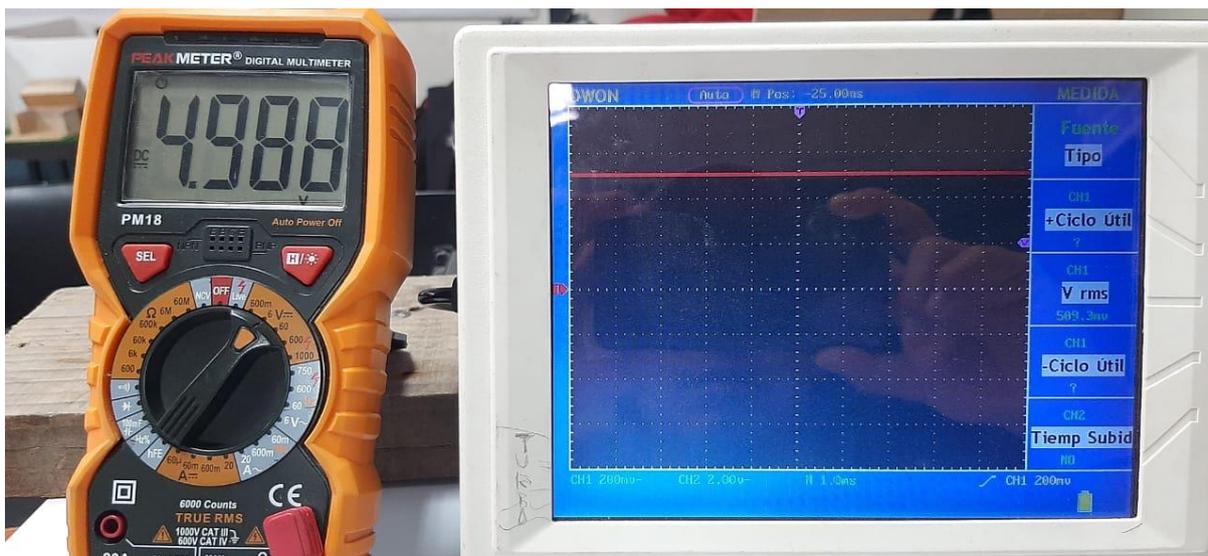


Figura 82 Caso 11 pruebas de grabado en función de la señal PWM
Fuente: Autoría propia

Grabado final con señal PWM

Al momento de conocer los tipos de señales PWM en función a la velocidad de avance se logró establecer parámetros de relleno para grabado de imágenes y letras con una intensidad de 10% con un de desplazamiento de 600 mm/s apreciada en la Figura 83.



Figura 83 Grabado de imagen con señal PWM
Fuente: Autoría propia

De igual forma se estableció otro parámetro para el grabado en letras ajustando un avance de 650 mm/s con una señal PWM del 20% obteniendo un resultado favorable que lo podemos apreciar en la Figura 84



Figura 84 Grabado de letras con señal PWM
Fuente: Autoría propia

Grabado en acrílico

Con respecto al grabado de acrílico negro de 3mm de espesor, se realizó 4 pruebas modificando algunos parámetros que se muestran a continuación:

Tabla 25 Pruebas de grabados en acrílico

Detalle	Parámetros de avance [mm/s]	PWM	Número de pasadas	Color Acrílico
CASO 1	600	100	1	Negro
CASO 2	620	150	1	Negro
CASO 3	630	400	1	Negro
CASO 4	630	800	1	Negro

Caso 1:

Al establecer una señal PWM al 10% con un avance de 600 mm/s, se obtuvo un grabado como se muestra en la Figura 85, donde se observó un mejor aspecto del acabado en acrílico negro de 3mm.

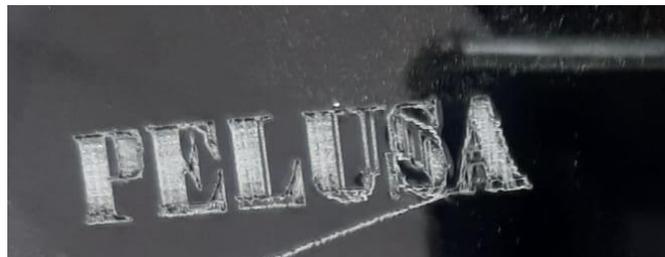


Figura 85 Resultada del grabado en acrílico con los parámetros del caso 1.
Fuente: Autoría propia

Caso 2:

Al aumentar la señal PWM a 150, que sería un 15% con una velocidad de avance de 620 mm/s se obtuvo un grabado un poco menos visible que el caso 1, como se ilustra en la Figura 86.

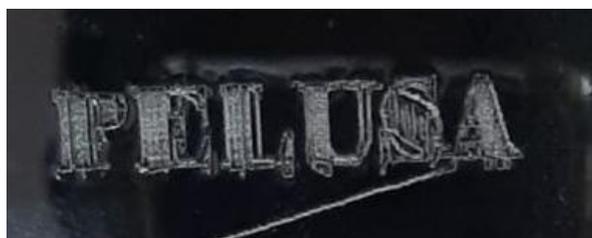


Figura 86 Resultada del grabado en acrílico con los parámetros del caso 2.
Fuente: Autoría propia

Caso 3:

Para este caso se realizó un grabado en acrílico transparente de 3 mm de espesor, con una velocidad de avance de 600 mm/s y una señal PWM del 40% (Figura 87), obteniendo un

resultado poco favorable, ya que este tipo de material dispersa el haz de luz emitido sobre el material y no permite definir correctamente el grabado

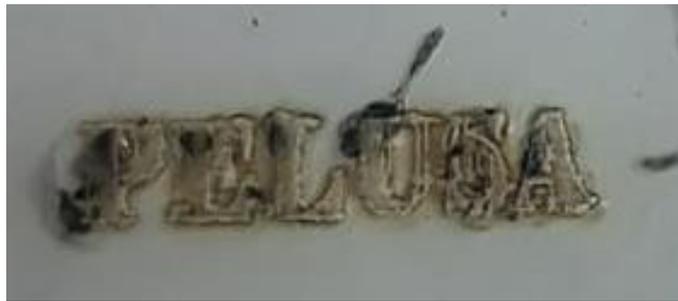


Figura 87 Resultada del grabado en acrílico con los parámetros del caso 3.
Fuente: Autoría propia

Caso 4:

Para el caso 4 fue importante aumentar el desplazamiento a 630 mm/s porque la señal PWM está operando al 80% para realizar los contornos en acrílico, se consideró estos parámetros porque permite marcar a una profundidad visible (Figura 88).

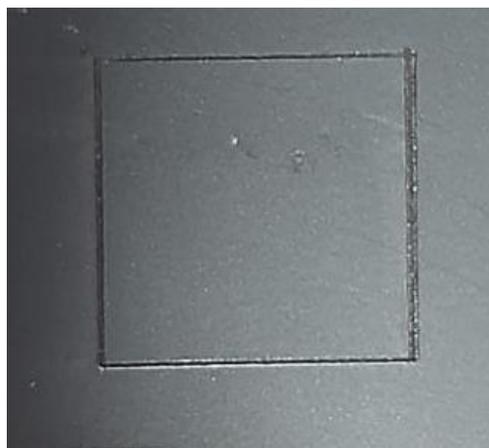


Figura 88 Resultada del grabado en acrílico con los parámetros del caso 4.
Fuente: Autoría propia

Corte MDF (6mm)

Para los ensayos de corte en MDF de 6 mm de espesor se lo realizo en 2 tipos de pruebas con diferentes parámetros, y números de pasadas. cómo se lo observa en la Tabla 26.

Tabla 26 Pruebas de cortes en MDF

Detalle	Parámetros de avance [mm/s]	PWM	Número de pasadas
CASO 1	320	850	26
CASO 2	330	1000	22

Caso 1:

El corte se realizó de manera MDF de 6 mm, para esto se estableció un avance de 320 mm/s, con una señal PWM de 85%, esta prueba nos arrojó resultados favorables, ya que en

los filos no se presentó exceso de carbonización generando un corte más uniforme como se puede ver en la Figura 89.



Figura 89 Resultada del corte en MDF con los parámetros del caso 1.
Fuente: Autoría propia

Caso 2:

Se pudo obtener el corte con un menor número de pasadas, en menor tiempo. Para esto se definió un avance de 330 mm/s con una señal PWM del 100% (Figura 90).



Figura 90. Resultada del corte en MDF con los parámetros del caso 2.
Fuente: Autoría propia

Corte en acrílico

El corte en acrílico, se realizó 2 pruebas modificando algunos parámetros como podemos ver en la Tabla 27.

Tabla 27 Pruebas de grabados en acrílico

Detalle	Parámetros de avance [mm/s]	PWM	Número de pasadas
CASO 1	380	850	9 a 13
CASO 2	390	950	10 a 12

Caso 1:

En el corte del acrílico negro de 3 mm se tomó un punto en consideración antes realizar el corte, la calidad del material influye en el número de pasadas, en este caso se desconoce las características que presentan cada uno de estos materiales, ya que son productos de importación china sin marca registrada. Las pasadas oscilan dependiendo del tipo del material

que van desde 9 a 13 pasadas con un avance de 380 mm/s y con una intensidad del 85% como se ilustra en la Figura 91.



Figura 91 Resultada del corte en acrílico con los parámetros del caso 1.
Fuente: Autoría propia

Caso 2:

En este caso el avance del cabezal láser se desplazó a 390 mm/s con una señal PWM del 95%, pero el número de pasadas también influye dependiendo de las características del acrílico color negro de 3 mm. Para cortes de este tipo de material no es necesario emplear una señal PWM del 100%, ya que tiende a quemarse las partes con separaciones mínimas, y si aumentamos la velocidad tendremos un acabado no tan favorable porque hay partes que demandan de precisión y no las ejecuta correctamente como se aprecia en la Figura 92.



Figura 92 Resultada del corte en acrílico con los parámetros del caso 2.
Fuente: Autoría propia

3.3.2 Análisis de resultados

Con los resultados presentes queda claro que se puede lograr los grabados en las superficies con un avance que varía entre 480 mm/s - 720 mm/s dependiendo del voltaje de la señal PWM, estos parámetros son regulables aun funcionando la máquina dependiendo si

se quiere un acabado más claro u oscuro, además si se desea una mayor profundidad de grabado se puede disminuir el avance a 480 mm/s y realizar una mayor cantidad de pasadas, ya que cada pasada puede quemar un aproximado de medio milímetro.

No obstante, para realizar cortes en madera MDF con un espesor de 6 mm se debe usar velocidades bajas que varíen entre 320 mm/s - 330 mm/s esta configuración se aplica en función de la señal PWM, obtenidos los parámetros anteriores se define el número de pasadas en el material a cortar, para este caso se aplicó de 22 a 26 pasadas

Para el grabado en el acrílico de color negro se obtuvo un mejor resultado con un avance de 600 mm/ hasta 630 mm/s con una señal PWM que oscila desde el 10% hasta 80% en una sola pasada. Para acrílico transparente estableció un avance óptimo en función de la señal PWM, pero este tipo de material dispersa el haz de luz emitido sobre el material y no permite definir correctamente el grabado

El corte en acrílico negro de 3 mm fue uno de los materiales más flexibles, ya que no se necesitó de muchas repeticiones para poder realizar dicha actividad en tiempos reducidos. Por otro lado, para el corte en acrílico transparente no se obtuvo un resultado favorable porque el haz de luz traspasa el material sin cortarlo, solo lo graba, en este caso es necesario acondicionar la máquina y al material para recrear el corte en acrílico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La descripción de las diferentes tecnologías de control numérico por computador ayudó a conocer el principio de funcionamiento y componentes principales que conforman una máquina CNC, centrándose principalmente en la arquitectura de diseño, características de los componentes y dispositivos de avance.
- En base a los estudios realizados se logró diseñar un prototipo de máquina de control numérico de tamaño A0, que cumple con los requerimientos técnicos en función de la arquitectura de diseño, la disponibilidad de los materiales en el mercado y facilidad de ensamblaje, con el fin de garantizar la seguridad al usuario al momento de efectuar un trabajo.
- Ya establecida la máquina de control numérico computarizado se procedió a realizar pruebas de funcionamiento de corte y grabado laser en MDF de 6 mm y en acrílico de 3 mm, dando como resultados acabados convenientes de acuerdo a los parámetros establecidos por el usuario.

4.2 Recomendaciones

- Al describir las tecnologías de control numérico computarizado es necesario también conocer sistema de comunicación inalámbrica con el fin de poder interactuar la parte de control software con periféricos de acción inalámbrica.
- La arquitectura de diseño nos permite establecer una dimensión adaptable de la máquina de control numérico computarizado en función a los requerimientos técnicos establecidos tamaño A0, pero es necesario revisar minuciosamente el área de trabajo con el fin tener libertad para el acceso del material dentro del área de trabajo.
- Es necesario presentar más seguridad al momento de montar los sistemas de transmisión ya que la el piñón y cremallera necesitan un alineamiento más preciso para poder tener un mejor recorrido.

BIBLIOGRAFÍA

- AADECA. (Marzo de 2017). *Servomotores: Control, Precisión y Velocidad*. Obtenido de https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/aa4_micro_servomotores.pdf
- Alibaba. (14 de Enero de 2022). *alibaba.com*. Obtenido de alibaba.com: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Chinese-small-gantry-style-step-motor-62198474663.html>
- Aliexpress. (30 de abril de 2022). *Aliexpress.com*. Obtenido de Aliexpress.com: <https://es.aliexpress.com/item/32840573650.html?gatewayAdapt=glo2esp>
- ALL3DP. (14 de Julio de 2022). *all3dp.com*. Obtenido de all3dp.com: <https://all3dp.com/es/2/mejor-programa-cnc-gratuito/>
- ALL3DP. (28 de febrero de 2022). *Craftcould*. Obtenido de <https://all3dp.com/es/2/mejor-programa-cnc-gratuito/>
- Armas Guayasamín, J. A., & Chávez Guitierrez, G. V. (2021). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CORTADORA LASER CNC PARA EL GRABADO Y CORTE DE MADERA (MDF) DE UN ESPESOR 4mm PARA LA EMPRESA SERVIHARDMETAL. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Binti , N., Farooqi, A., Alsultan, O., & Yusoff, N. (2017). Design and Development of CNC Robotic Machine Integrate-able with. *Elsevier*, 184, 145-155.
- Cabrera , A., & Cedillo, J. (2019). Repotenciacion de una CNC de corte laser y diseño de un sistema de producción. Sangolqui.
- Carletti, E. (2017). *Robots Didácticos*. Obtenido de <https://robots-argentina.com.ar/didactica/motores-paso-a-paso-caracteristicas-basicas/#:~:text=El%20torque%20de%20detención%20hace,de%20un%20mecanismo%20de%20freno.>
- CASIOPEA. (9 de Julio de 2018). *wiki.ead.pucv.cl*. Obtenido de [wiki.ead.pucv.cl: https://wiki.ead.pucv.cl/Introducci%C3%B3n_al_control_num%C3%A9rico_computarizado_\(CNC\)](https://wiki.ead.pucv.cl/Introducci%C3%B3n_al_control_num%C3%A9rico_computarizado_(CNC))
- Castaño Giraldo, S. A. (2021). *Motores Paso a Paso Arduino*. Obtenido de <https://controlautomaticoeducacion.com/arduino/motor-paso-a-paso-arduino/>
- Centro de Láeres Pulsados. (2017). *¿QUÉ TIPOS DE LÁSERES HAY?* Obtenido de <https://www.clpu.es/divulgacion/bits/que-tipos-de-laseres-hay>
- CIDETER. (18 de Agosto de 2022). *cideter.org.ar*. Obtenido de [cideter.org.ar: https://cideter.org.ar/programacion-de-tornos-cnc-avanzado/](https://cideter.org.ar/programacion-de-tornos-cnc-avanzado/)
- CLPU. (2013). *www.clpu.es*. Obtenido de [www.clpu.es: https://www.clpu.es/divulgacion/bits/que-tipos-de-laseres-hay](https://www.clpu.es/divulgacion/bits/que-tipos-de-laseres-hay)

- CNCDIY. (9 de Abril de 2017). *Introducción a la tecnología CNC*. Obtenido de <https://cecma.com.ar/wp-content/uploads/2019/04/introduccion-a-la-programacion-cnc-modulo-i.pdf>.
- controlautomaticoeducacion. (14 de abril de 2019). *controlautomaticoeducacion.com/*. Obtenido de controlautomaticoeducacion.com/: <https://controlautomaticoeducacion.com/arduino/motor-paso-a-paso-arduino/>
- Cruz N., P. J. (2017). "DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA CNC DE CORTE POR LASER PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD DE LOS TRABAJOS EN ACRILICO HASTA 5mm DE ESPESOR". *Repositorio Bibliografico*. Universidad Tecnica de cotopaxi, Latacunga-Ecuador.
- De Maquinas y Herramientas. (15 de marzo de 2022). *www.demaquinasyherramientas.com*. Obtenido de www.demaquinasyherramientas.com: <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc>.
- Diarioelectronicohoy. (16 de Octubre de 2020). *www.diarioelectronicohoy.com*. Obtenido de www.diarioelectronicohoy.com: <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/como-construi-mi-cnc-parte1>
- DIPAC. (2022). *Dipac productos de acero*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/categoria-producto/ejes/aisi-1018-transmision/>
- DIPAC. (28 de noviembre de 2022). *dipacmanta.com*. Obtenido de dipacmanta.com: <https://dipacmanta.com/producto/ejes/aisi-304-inoxidable/ejes-aisi-304-inoxidable/>
- Flores, V., Chavez, J., Cuadrado, D., & Pilco, D. (2020). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CNC LÁSER PARA GRABADO EN MADERA. *Revista TECH CARLOS CISNEROS*, 69-77.
- Gavilema, C. (2016). CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO CNC DE GRABADO LASER PARA OPTIMIZAR EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN GRÁFICA EN MADERA Y CUERO EN EL LABORATORIO DE ROBÓTICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA COTOPAXI. (*Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi*). Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3604/1/T-UTC-000082.pdf>
- Hispavila. (16 de octubre de 2020). *hispavila.com*. Obtenido de hispavila.com: <https://www.hispavila.com/como-construi-mi-cnc-parte1/>
- Hurtado, J., & Vidal, J. (2021). Diseño de un Sistema Dual Para la Cortadora Laser DGL-6060 Con Impresion 3D. (*Titulo de pregrado, Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca*). Obtenido de <file:///C:/Users/User/Downloads/UPS-CT009413.pdf>
- Ibarra, H. (julio de 2018). *El camino hacia la luz láser*. Mexico.
- IKO. (2019). *Guia lineal de rodillos*. Recuperado el 15 de mayo de 2022, de <https://www.ikont.co.jp/sp/product/chocado/chc30.html>
- IKO. (Diciembre de 2021).

- Inkscape. (5 de diciembre de 2022). *inkscape.org*. Obtenido de [inkscape.org](https://inkscape.org/es/):
<https://inkscape.org/es/>
- INSELEC. (11 de Marzo de 2022). *inselec.com*. Obtenido de [inselec.com](https://inselec.com.ec/store/41-gabinetes):
<https://inselec.com.ec/store/41-gabinetes>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (29 de marzo de 2019). *Metrología*. Obtenido de <http://inenmetrologia.blogspot.com/2019/03/temperatura-en-los-rayos-laser.html>
- Jimenez, H., Plancarte, B., Ortega, A., & Nuñez, R. (2022). Construcción de una máquina CNC de corte y grabado por láser. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 5401-5411. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5
- Lara, J., & Muso, E. (2018). Diseño e implementación de un robot tipo cartesiano para corte por plasma. (*Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de ingeniero mecatrónico*). Obtenido de <file:///C:/Users/User/Downloads/T-ESPE-057611.pdf>
- Laumayer. (15 de enero de 2022). *laumayer.com*. Obtenido de [laumayer.com](https://laumayer.com/novedades-y-publicaciones/diciembre/generalidades-finales-carrera-principales-usos/):
<https://laumayer.com/novedades-y-publicaciones/diciembre/generalidades-finales-carrera-principales-usos/>
- Lawmayer. (14 de Diciembre de 2020). *Lawmayer Colombia Corporativo S.A.* Obtenido de <https://laumayer.com/novedades-y-publicaciones/diciembre/generalidades-finales-carrera-principales-usos/>
- Modern Machine Shop. (1 de Julio de 2022). *mms-mexico.com*. Obtenido de [mms-mexico.com](https://www.mms-mexico.com/columnas/cuales-son-las-ventajas-de-las-maquinas-cnc): <https://www.mms-mexico.com/columnas/cuales-son-las-ventajas-de-las-maquinas-cnc>
- Mott. (2017). Límite de Flexión de Vigas. En M. Robert, *Resistencia de Materiales* (pág. 459).
- Mott, R. (2009). *Resistencia de Materiales*. México: Pearson Educación .
- Overby, A. (2017). *CNC Machining Handbook: Building, Programming, and Implementation*. McGraw-Hill.
- Padilla, R. (2017). *Diseño y Construcción de una cortadora laser para papel con interfaz grafica*. (Tesis de Pregrado, Universidad Tecnica del Norte). Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7221/1/04%20MEC%20176%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Perez, R., Seca, M. V., & Perez, L. (2022). *Metodología de la investigación científica*. Maipue.
- Peters, J. J. (2018). *Introducción al control numérico computarizado (CNC)*. Obtenido de [https://wiki.ead.pucv.cl/Introducción_al_control_numérico_computarizado_\(CNC\)](https://wiki.ead.pucv.cl/Introducción_al_control_numérico_computarizado_(CNC))
- Ponce V., L. (2017). Solid State Lasers (SSL) and their Applications. *FIRST ICO-ICTP-TWAS Central American Workshop in Lasers, Laser*.

- Prensa, N. d. (02 de Septiembre de 2020). *3DCadPortal*. Obtenido de <https://www.3dcadportal.com/notas-de-prensa/cimco-machine-simulation-simulacion-en-maquinas-herramientas-cnc>
- Promacero. (14 de agosto de 2022). *www.promacero.mx*. Obtenido de [www.promacero.mx](http://www.promacero.mx/barra_solid_1018): http://www.promacero.mx/barra_solid_1018
- Promoco. (2020). *DataSheet.es*. Obtenido de <http://www.datasheet.es/PDF/929527/57BYGH115-003-pdf.html>
- SAMIK. (9 de agosto de 2019). *samickco*. Obtenido de [samickco](http://www.samickco.ru): www.samickco.ru
- Serviaceroespeciales. (2021). *Hoja tecnica AISI1018*. Serviacero.
- Shobot. (2019). Obtenido de <https://shobot.co/products/1470189> <https://uelectronics.com/producto/ruedas-delrin-tipo-v-y-dual-v-para-impresora-3d-cnc-o-v-slot>
- Shobot. (12 de agosto de 2022). *shobot.co*. Obtenido de shobot.co: <https://shobot.co/search?q=rodamientos&options%5Bprefix%5D=last>
- Sou, L., Wenjiang, W., Ai, G., Zhe, W., & Tao, H. (2017). Design and Implementation of MII Bus Based CNC System of Domestic-processor. *10th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, 311-314. doi:10.1109/ICICTA.2017.76
- Strength, C. (s.f). *HLTNC*. Obtenido de https://es.aliexpress.com/item/1005004226463617.html?spm=a2g0o.productlist.main.3.384b1c6cGr6lXS&algo_pvid=e42c49a1-8dc7-4dbf-9968-bee18a5f827f&algo_exp_id=e42c49a1-8dc7-4dbf-9968-bee18a5f827f-1&pdp_npi=3%40dis%21USD%21167.0%21116.9%21%21%21%21%21%40211be
- TME. (08 de Septiembre de 2020). *Motor paso a paso*. Obtenido de <https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/41861/Motor-paso-a-paso-tipos-y-ejemplos-del-uso-de-motores-paso-a-paso/#:~:text=Motor%20paso%20a%20paso%20de%20reluctancia%20variable&text=En%20este%20tipo%20de%20motor,atra%C3%ADdo%20por%20el%20campo%20ma>
- TME. (12 de diciembre de 2021). *www.tme.eu*. Obtenido de www.tme.eu: <https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/41861/Motor-paso-a-paso-tipos-y-ejemplos-del-uso-de-motores-paso-a-paso/#:~:text=Motor%20paso%20a%20paso%20de%20reluctancia%20variable&text=En%20este%20tipo%20de%20motor,atra%C3%ADdo%20por%20el%20campo%20ma>
- UBUY. (17 de Enero de 2020). *Power Transmisor Productor*. Obtenido de <https://www.ubuy.ec/es/product/JNFDEVIO-ten-high-linear-rail-cnc-parts-sbr20-20mm-1520mm-59-84inch-fully-supported-linear-rail-2pcs-sbr20uu>

- UBUY. (4 de Febrero de 2022). *www.ubuy.ec/*. Obtenido de *www.ubuy.ec/*:
<https://www.ubuy.ec/es/product/JNFDEVIO-ten-high-linear-rail-cnc-parts-sbr20-20mm-1520mm-59-84inch-fully-supported-linear-rail-2pcs-sbr20uu>
- UPNA. (2015). *Manual de prácticas*. Navarra: UPNA.
- VAZBROS. (s.f). Obtenido de <https://www.vazbros.com/materiales/acero-aisi-sae-1018-cold-rolled/>
- Vectric. (3 de Mayo de 2022). *vectric.com*. Obtenido de *vectric.com*:
<https://www.vectric.com/products/aspire>
- Villaseñor Salvatierra, J. R., Chávez Bracamontes, R., & Bracamontes del Toro, H. (2019). **DESARROLLO DE PROTOTIPO ESTANDARIZADO EN CÓDIGO ABIERTO PARA MARCA Y CORTE DE MATERIALES MEDIANTE TECNOLOGÍA LÁSER**. Celaya, México.
- Vivar, A. (2019). Diseño de un módulo de circuitos electrónicos programables como herramienta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de inteligencia artificial de la carrera de ingeniería en computación y redes. (*Proyecto de investigación previo a la obtención del título de: Ingeniera en computación y redes*). Obtenido de <file:///C:/Users/User/Downloads/UNESUM-ECU-REDES-2019-42.pdf>
- Williams, G. (2013). *CNC Robotics: Build Your Own Workshop Bot*. McGraw-Hill.
- Zikodrive. (2018). *www.zikodrive.com*. Obtenido de *www.zikodrive.com*:
<https://www.zikodrive.com/es/uFAQs/nema-motor-marco-tamanos-media/>

Anexos

Anexo 1. Dimensiones de la de la máquina CNC

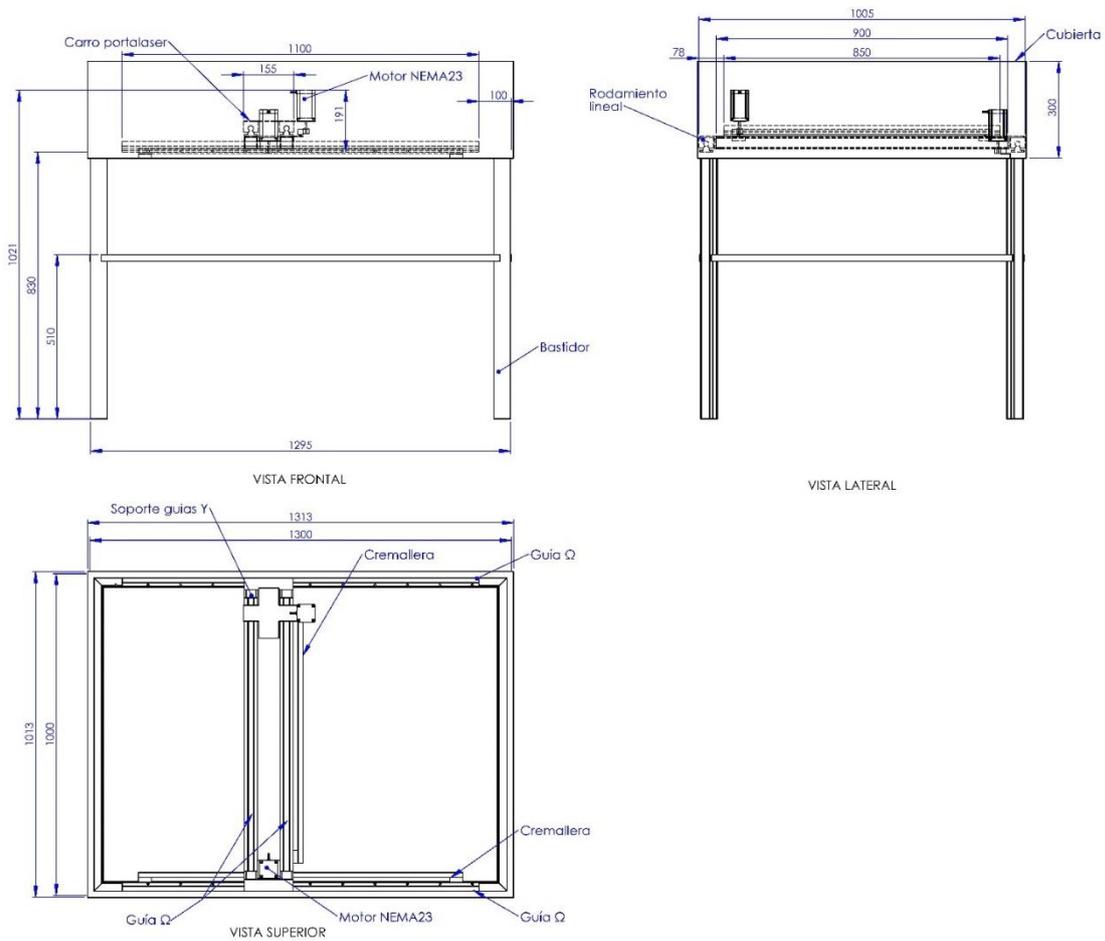


Figura 93 Dimensiones de la maquina CNC
Fuente: Autoría propia

Anexo 2. Construcción de la maquina



Figura 94 Construcción de la base de la mesa de trabajo
Fuente: Autoría propia



Figura 95 Construcción del área de trabajo del bastidor
Fuente: Autoría propia



Figura 96 Lijado del bastidor
Fuente: Autoría propia



Figura 97 Pintado del bastidor
Fuente: Autoría Propia



Figura 98 Preparación del sistema de transmisión para los ejes
Fuente: Autoría propia



Figura 99 Perforación para el montaje de guías lineales
Fuente: Autoría propia



Figura 100 Montaje de guías lineales
Fuente: Autoría propia



Figura 101 Montaje del carro móvil sobre las guías del eje Y
Fuente: Autoría propia



Figura 102 Montaje de las cremalleras en mesa de trabajo
Fuente: Autoría propia

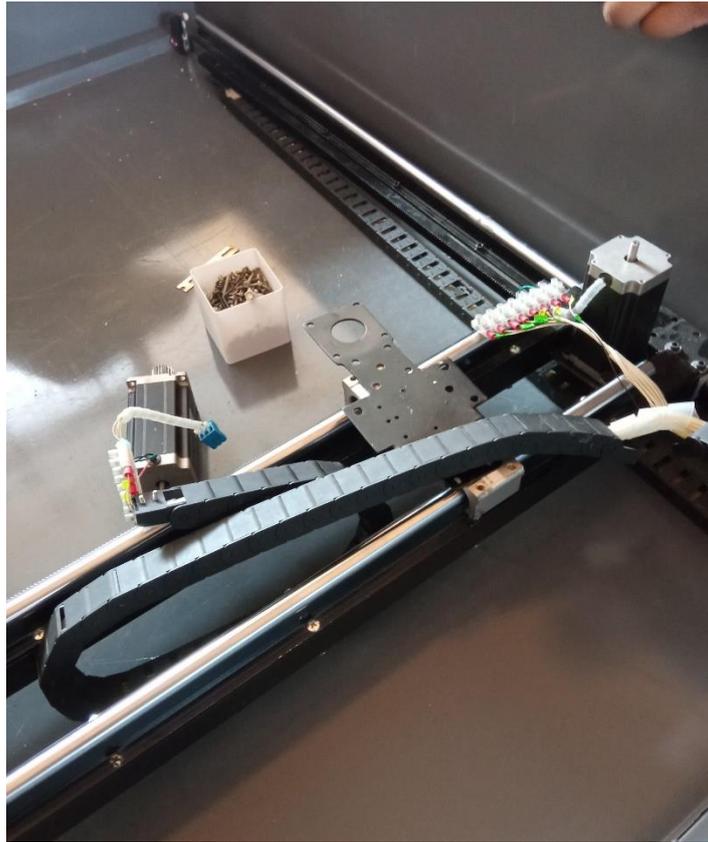


Figura 103 Montaje de los motores sobre los ejes X y Y
Fuente: autoría propia



Figura 104 Montaje del sistema eléctrico
Fuente: Autoría propia



Figura 105 Cableado del sistema CNC
Fuente: Autoría propia



Figura 106 Montaje de la cubierta de la maquina CNC
Fuente: Autoría propia

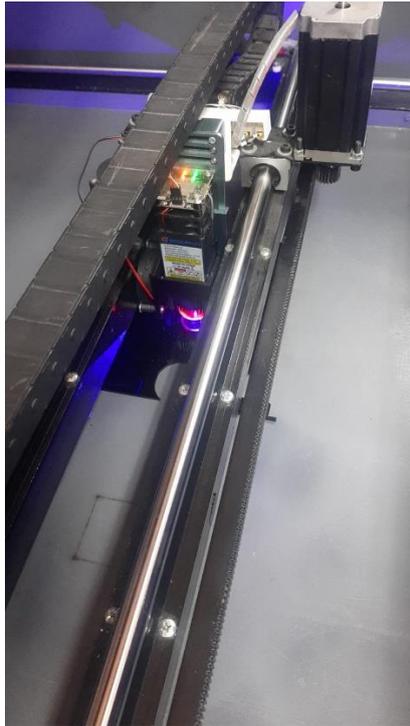


Figura 107 Calibración y Ajustes de la maquina CNC
Fuente: Autoría propia

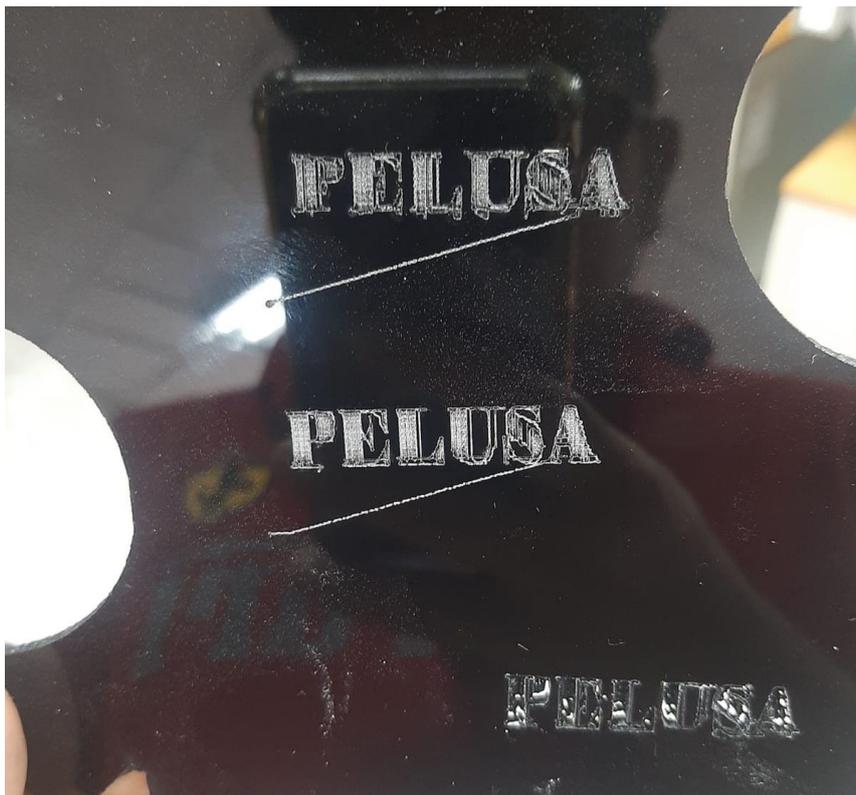


Figura 108 Pruebas de grabado en acrílico color negro
Fuente: Autoría propia



Figura 109 Pruebas de grabado de imágenes en material MDF
Fuente: Autoría propia

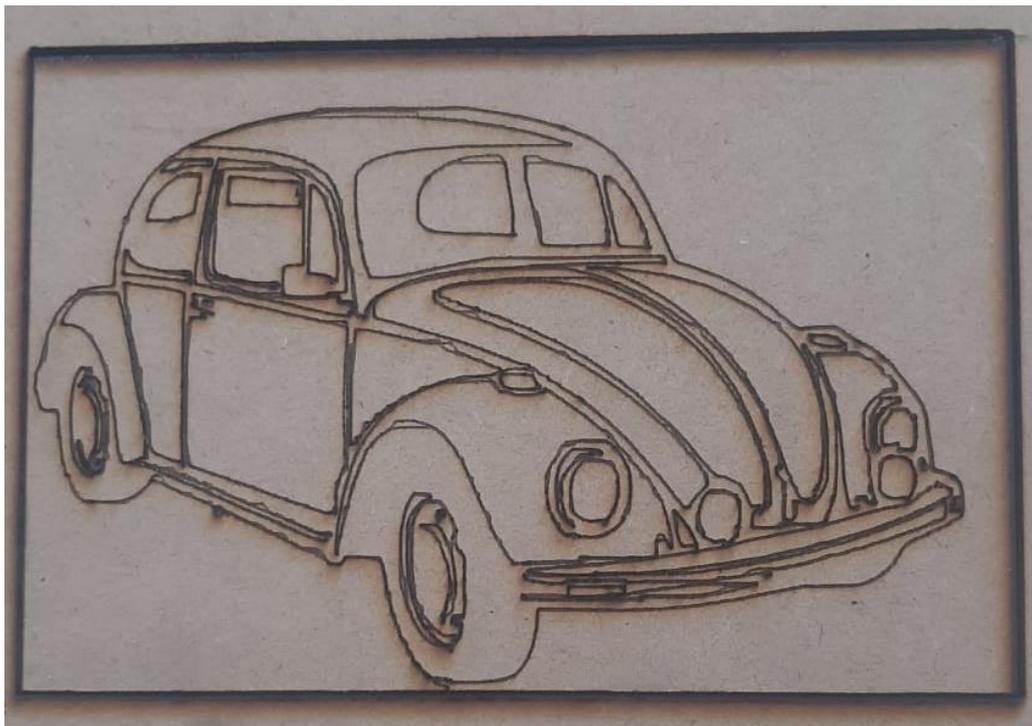


Figura 110 Pruebas de grabado de contorno en MDF
Fuente: Autoría propia

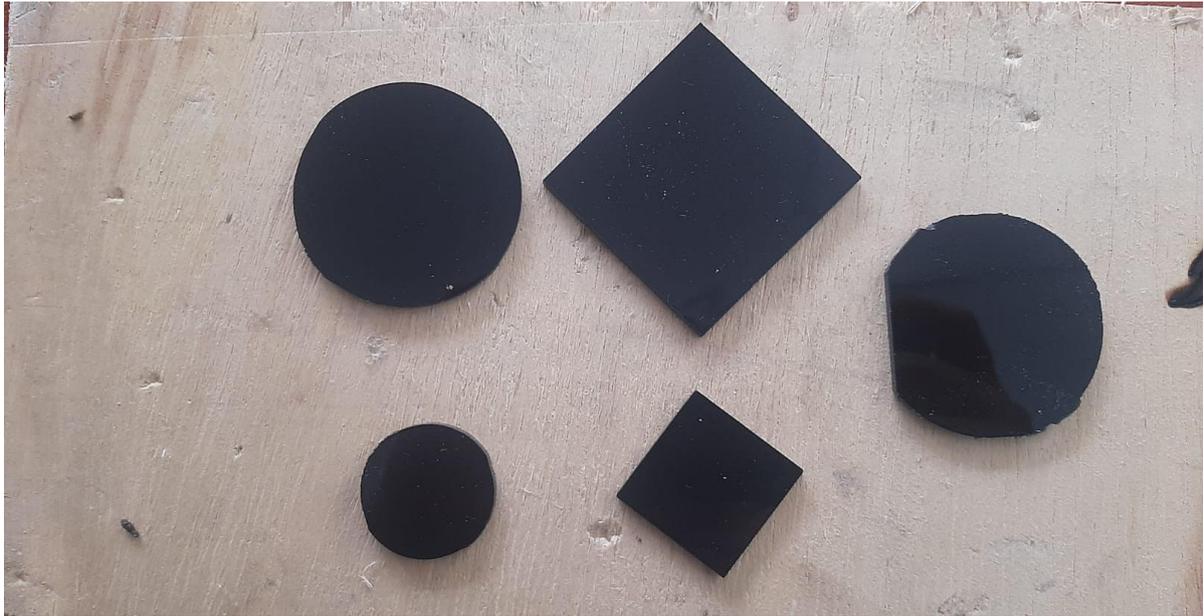


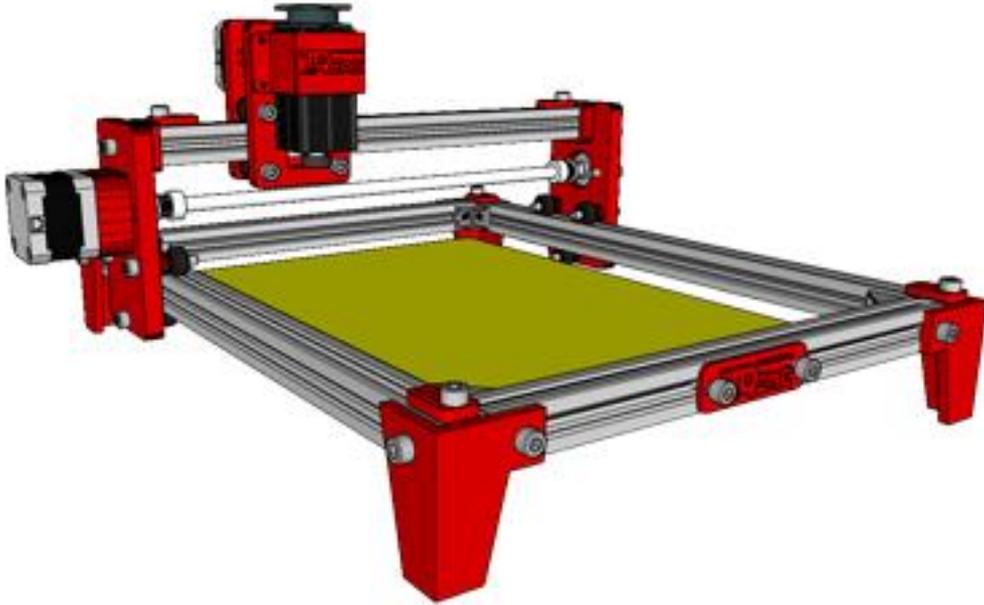
Figura 111 Pruebas de corte en acrílico negro de 3mm de espesor
Fuente: Autoría propia



Figura 112 Pruebas de corte en MDF de 6mm de espesor
Fuente: Autoría propia

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

MANUAL DE USUARIO



Maquina De Control Numérico

Computarizado (CNC)

Autoría: Luis Fernando Ruiz Guerrero

Contenido

Introducción	112
1. Guía para el uso de la maquina	112
1.2. Condiciones iniciales antes de usar la máquina	112
1.3. Requisitos del operario.....	112
1.4. Requisitos para la utilización	113
1.5. Riesgos	113
1.6. Usos.....	113
1.7. Características Técnicas de la maquina.....	114
1.8. Descripción de los comandos de control.....	114
1.9. Función de los elementos del tablero de control	115
1.10. Preparación de la maquina antes de correr el programa	115
1.11. Procedimiento para la utilización de la maquina CNC	116
1.12. Pasos para la instalación del software Inkscape	116
1.13. Generación de códigos G en Inkscape.....	117
1.14. Tabla de parámetros recomendados	122
1.14.1. Grabado MDF	122
1.14.2. Grabado en acrílico	122
1.14.3. Corte MDF (6mm)	123
1.14.4. Corte en acrílico.....	123
1.15. Operación del software de control Mach3.....	124
2. Seguridad	127
2.1. Clasificación de un sistema láser	127
2.2. Riesgos presentes según el tipo del láser	128
2.3. Equipos de protección personal antes de la operación de la maquina	129
2.4. Riesgos generados por situaciones externas.....	129
3. Solución de fallas que podrían suscitarse.....	130

3.1. Soluciones ante situaciones externas de la maquina CNC.....	130
3.2. Falla de conexión de la máquina.....	130
3.3. Falla de encendido del laser	131

MANUAL DE USUARIO

Introducción

Este manual de usuario, facilitará de guía para la operación adecuada de la máquina de control numérico de corte y grabado láser tamaño A0, permitiendo conocer las partes principales que conforman este sistema, así como también la ejecución de trabajos mediante código G.

1. Guía para el uso de la maquina

La guía para el uso de la máquina de control numérico computarizado de corte y grabado laser, servirá a los estudiantes del laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Carrera de Electricidad, como un instrumento de apoyo, para el manejo correcto. Con esto se pretende prevenir operaciones indebidas que pongan en riesgo la integridad tanto de las personas como de la máquina.

1.2. Condiciones iniciales antes de usar la máquina

- Verificar que las conexiones eléctricas se encuentren sin ninguna anomalía.
- Activar las protecciones para energizar todo el sistema.
- Compruebe siempre que la tensión de alimentación se encuentre entre los 110 y 120v CA.
- Evite una puesta en marcha fortuita del aparato. Cerciórese de que el aparato esté en posición de apagado antes de conectarlo a la toma de corriente.
- El material que se va a utilizar para corte o grabado laser no debe presentar humedad.
- Para la puesta en marcha de la máquina, es obligatorio utilizar las gafas de protección láser de hasta 450nm.de longitud de onda.

1.3. Requisitos del operario

- Personas mayores de 18 años.
- No mujeres embarazadas, ni personas con problemas cardiacos.
- Autorización para su uso, dentro del laboratorio.
- Uso obligatorio de protección visual.
- Mantener distancia mayor a un metro aproximadamente.
- Espacio ventilado.

1.4. Requisitos para la utilización

- No manipular las guías de los ejes de traslación X, Y mientras la máquina esté en funcionamiento.
- La máquina y todo el sistema que lo conforma, deben estar conectados a la toma de tierra.
- El personal autorizado debe controlar la máquina y desconectarla en caso de notar situaciones anormales.
- Mantenga limpio y bien iluminado el área de trabajo.
- Trabajar sobre una base firme que mantenga el equilibrio en todo momento. Esto le permitirá obtener unos acabados uniformes en la materia prima que se esté realizando trabajos.
- La máquina debe estar en un lugar seco, lejos del polvo, vibraciones o campos electromagnéticos fuertes.
- La temperatura ambiente debe oscilar entre los 5 y 30 grados centígrados.
- Nunca dejar desatendida la máquina mientras trabaja.

1.5. Riesgos

- Dentro de la máquina se genera radiación láser invisible, capaz de provocar daños irreversibles en vista o piel, ya sea por contacto directo o indirecto del haz láser (reflejos o rebotes).
- En caso de usar la máquina con las puertas abiertas, deben utilizarse en lugares ventilados que permita la evacuación de los gases generados, evitando el contacto con dichos gases.
- Riesgo de incendio. Disponer en proximidad un extintor de Co2.

1.6. Usos

- Su uso principal es en el corte y gradado en materias primas como; el MDF hasta 6mm y el acrílico hasta 3 mm.
- Aplicable también para el área Artesanal en materiales como: madera trípex, Balsa, cartón corrugado, cartoncillo, fomix, etc.
- Industria de la confección textil en materiales como: Cuero, tela jean, material sintético, entre otros.

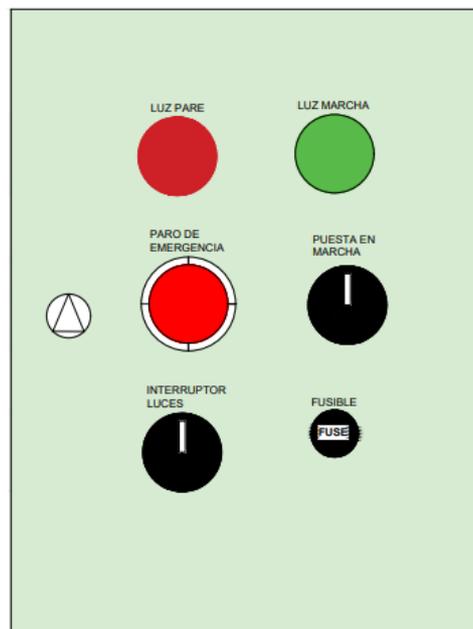
1.7. Características Técnicas de la maquina

Área de trabajo	841mm*1190mm
Tamaño de la maquina	1020mm*1300mm*400mm
Color de la maquina	Almendra
Espesor de Corte	MDF 5mm, Acrílico 3mm
Tipo de laser	Diodo laser sculpfun s9
Longitud de onda del laser	450 nm +5
Potencia del laser	90W
Software de control	March3
Ejes deslizantes	Eje Y y Eje X
Tipo de mecanismo para el movimiento	Piñón y cremallera
Alimentación	120V Ac monofásico
Software de diseño	Inkscape, CIMCO Edit 8
Tipo de lenguaje	Código G
Tipo de control	Manual
Delimitación del área de trabajo	Finales de carrera
Uso de protección visual	Obligatoria

1.8. Descripción de los comandos de control

Para el tablero de control se seleccionó un tablero galvanizado de 30 cm x 40 cm x 20cm marca BEAUCOUP, con varios accesos que aumenta la capacidad de entrada de cables y una junta de goma de sellado, con un alto grado de protección para exteriores.

El sistema para el control de la maquina consta de algunos comandos que permiten ejecutar las acciones de manejo. En la figura se puede apreciar los elementos de que conforman la parte de control.



1.9. Función de los elementos del tablero de control

Cada uno de los elementos dentro del tablero desempeña una función específica, que se detalla en la siguiente tabla.

Elemento	Función
Luz Pare	Su función es informar sobre el paro del sistema, accionado por el paro de emergencia
Luz Marcha	Informa la puesta en marcha de la máquina.
Paro de Emergencia	Este dispositivo de accionamiento permite, suspender la operación del sistema, en caso de presentar algún fallo, o mala operación de la máquina.
Selector puesto en Marcha	Nos permite poner en funcionamiento el sistema, el cual se encontraba en reposo.
Interruptor Luces	Permite encender o apagar las luces que iluminan el área de trabajo, según los requerimientos del operario.
Fusible	Se encarga de proteger la integridad de cada uno de los elementos que conforman el sistema de control numérico.

1.10. Preparación de la maquina antes de correr el programa

Antes de cargar el código G al software de control Mach3 es necesario poner a punto el funcionamiento de la máquina CNC para esto se debe realizar algunas acciones necesarias para su funcionamiento:

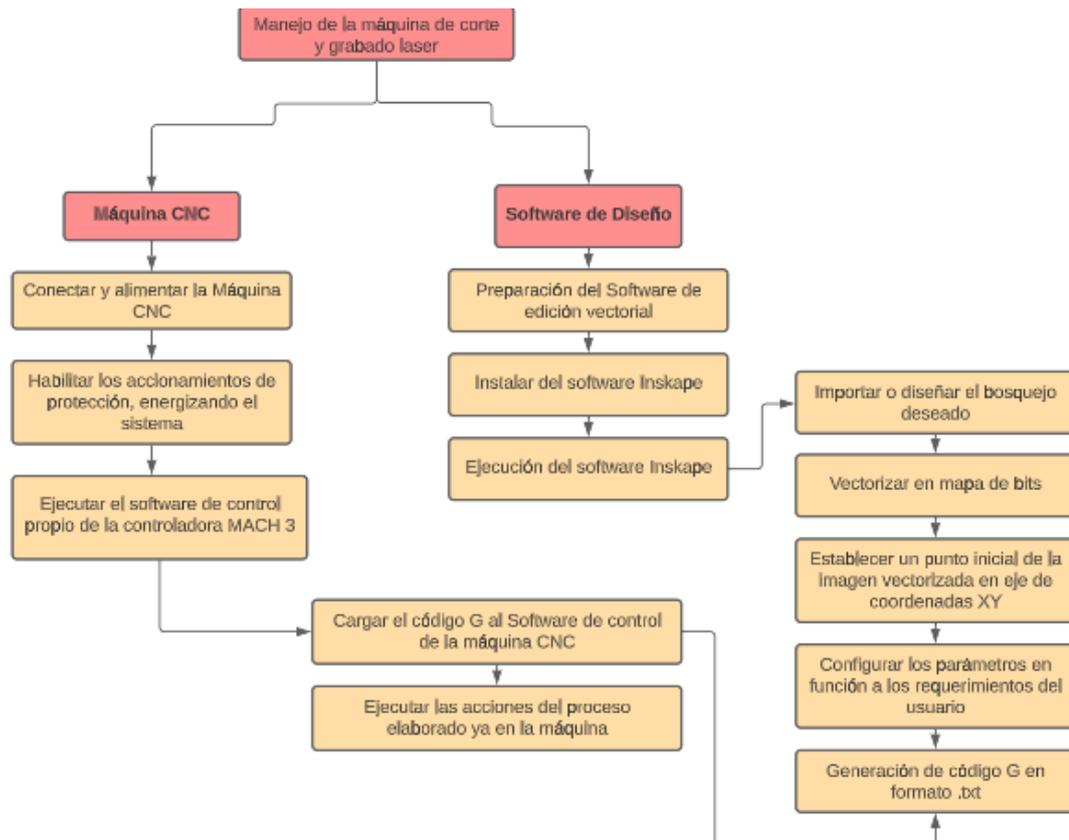
- Conectar la maquina a la fuente de energía eléctrica.
- Conectar la entrada del puerto USB hacia la computadora para ejecutar la parte de control.
- Abrir el software Mach3 para la transmisión de datos con la controladora.
- Activar las protecciones para alimentar el sistema electrónico de la máquina de control numérico computarizado.

- Finalmente se enciende el sistema por medio de un selector para poner puesta marcha de la máquina.



Es muy importante despejar objetos que pueden estar presentes dentro del área de trabajo al momento de entrar en funcionamiento peor aún entrar en contacto con la piel ya que rápidamente puede presentar afectaciones de mayor magnitud.

1.11. Procedimiento para la utilización de la maquina CNC



1.12. Pasos para la instalación del software Inkscape

1. De la página de Inkscape de Academic Software descargamos la versión 1.2.1 para posteriormente ejecutar en el ordenador.
2. Se abre el archivo de instalación en formato (.exe) en la carpeta de descargas.
3. Ejecutar el instalador y aceptamos los acuerdos de la licencia.
4. Se presentan opciones a seleccionar sobre añadir Inkscape a la ruta del sistema (System PATH), para posteriormente proseguir con la instalación.
5. Establecer la ubicación predeterminada o dependiendo si se establece otra ruta de destino.

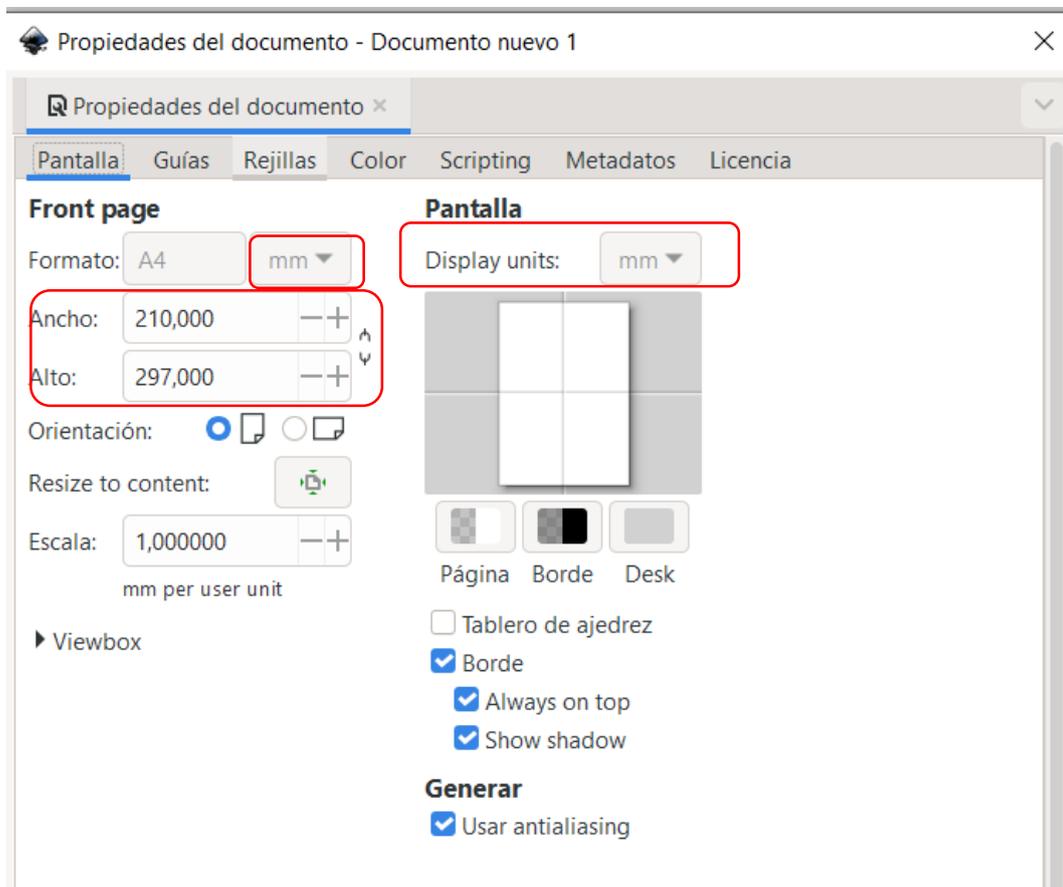
6. Elegir una carpeta del Menú Inicio para accesos directos en Inkscape, en este caso se sugiere seleccionar la que esta seleccionada por defecto.
7. En este paso es necesario escoger los componentes que se desean instalar para su manejo.
8. Aquí se finaliza la instalación para posteriormente ejecutarlo como administrador.

1.13. Generación de códigos G en Inkscape

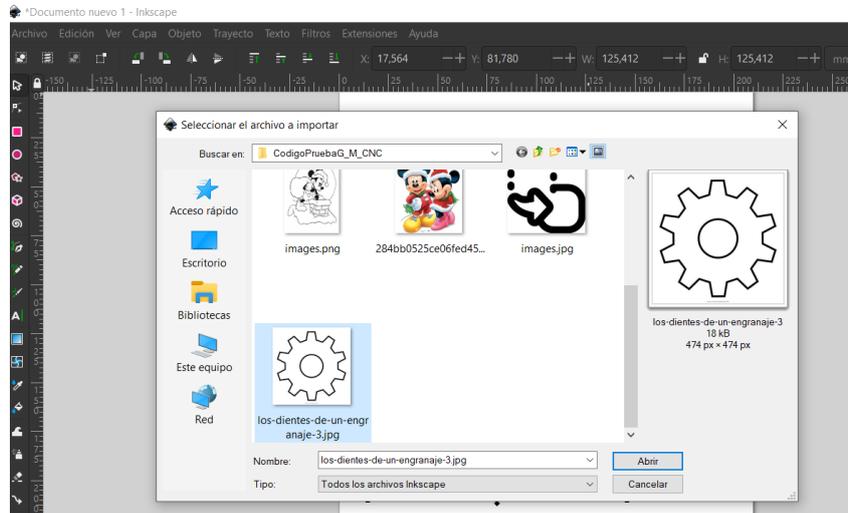
Para la generación de código G que se emplea en una máquina de control numérico computarizado láser por medio del software Inkscape fue necesario habilitar la función de lasertools dedicado especialmente para CNC láser.

Este código se genera en función de una imagen, para esto se debe aplicar varios pasos que observados a continuación:

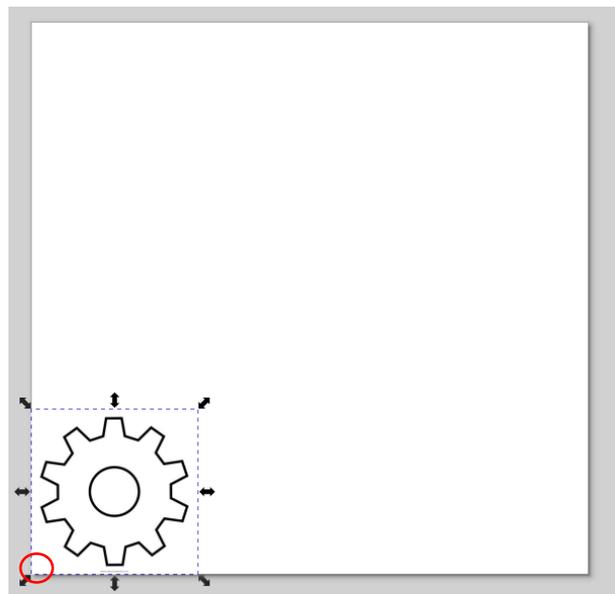
- a) Se ejecuta el programa Inkscape donde muestra la hoja de trabajo que se la puede establecer a un tamaño requerido y las unidades con las que se va a trabajar, para eso nos dirigimos a la barra de menú la opción archivo y seleccionamos en propiedades del documento y se configura la página de trabajo con los siguientes parámetros.



- b) Una vez definida el área de trabajo con sus unidades respectivas volvemos a la barra de menús “Archivo” e importamos una imagen en formato fotográfico JPG. De la misma forma se puede establecer el tamaño de la imagen a las necesidades del usuario.

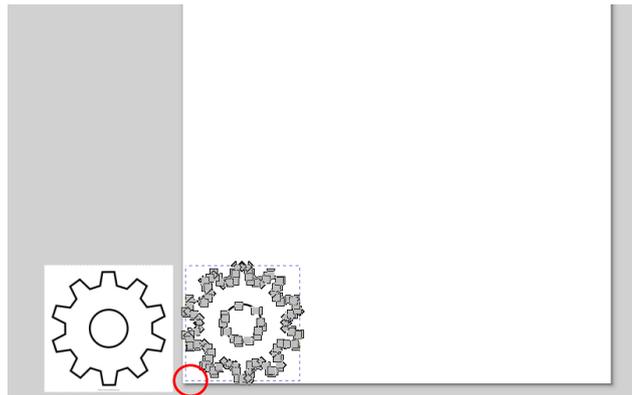


- c) La esquina inferior izquierda, define el punto cero de que representa el origen de la imagen, hay que tener en cuenta que la máquina cuenta con un área de trabajo tamaño 841 mm * 1189mm formato A0. Esto nos permite realizar cortes o grabados que demandan de tamaños grandes, para este ejemplo se estableció la medida de una imagen de 60 mm x 60 mm. El círculo rojo indica el origen de la máquina.

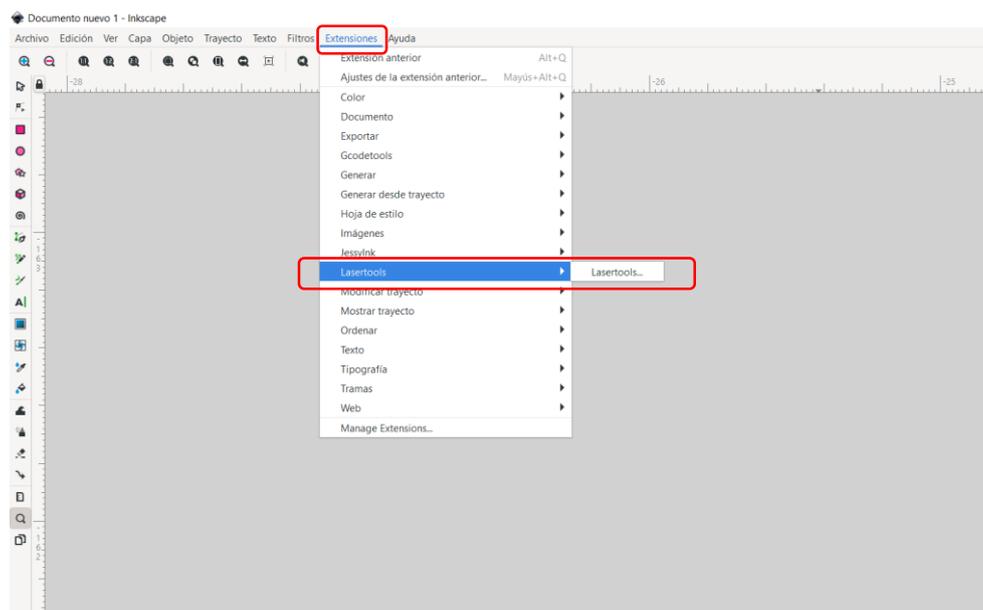


Si se ubica en cualquier otro lugar, se debe considerar las coordenadas del punto inicial donde se ubica el grafico.

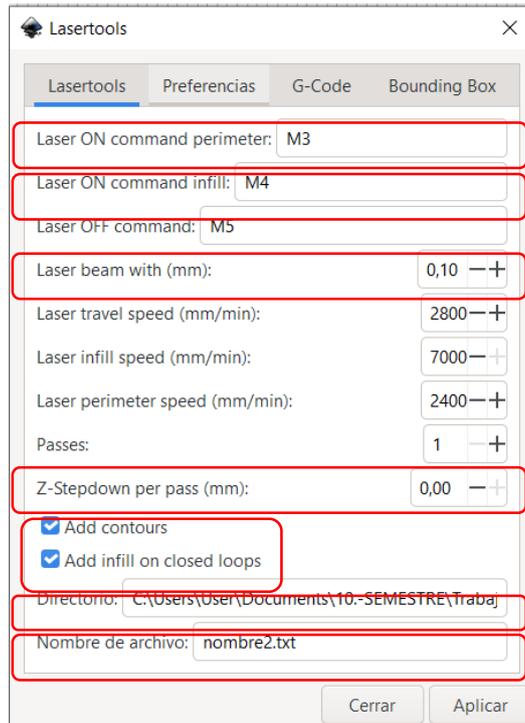
- d) Seleccionada la imagen nos dirigimos a la opción “Trayecto” de la barra de menús, marcando la opción vectorizar mapa de bits, esto hará que la imagen se convierta en vector. Una vez aplicada la opción anterior eliminamos la imagen que no está vectorizada, para saber cuál es la imagen y cuál es el vector se recomienda realizar doble clic en uno de las dos imágenes la que muestre que se marca en diferentes puntos es vector, además es importante haber definido el punto inicial de trabajo tal como se aprecia en la siguiente figura.



- e) Una vez ya vectorizada la imagen nos dirigimos a la barra de menús en opción trayectos donde se desplazan una lista de opciones en la cual se encuentra la de lasertools, esta opción permite generar un código G de cualquier imagen en formato de fotografía JPG o formato de vector SVG para que la máquina CNC pueda ejecutar acciones de cortado y grabado láser.



- f) Ya seleccionada la opción de lasertools fue necesario configurar algunos parámetros importantes tales como:
- Los perímetros del láser, esta función permite establecer el sentido de movimiento del cabezal.
 - Parámetros de relleno, de igual manera nos permite establecer un sentido de giro y a su vez la función M4 permite reducir gradualmente la intensidad del láser.
 - Número de pasadas, esta función nos permite establecer el número de repeticiones que se defina de acuerdo al tipo de material.
 - Añadir contornos, nos permite activar los contornos que presente la imagen a convertir en código G.
 - Agregar relleno en bucles cerrados, esta función permite establecer el relleno de la imagen a convertir a código G.
 - Nombre del archivo, es importante poder establecer un nombre al archivo generado con el fin de poder identificar el archivo en el explorador de archivos.
 - Carpeta de destino para guardar el archivo, nos permite seleccionar una carpeta de destino en el explorador de archivos, permitiendo tener un orden de búsqueda del código G generado en formato .txt.
 - Es importante tener en cuenta que los parámetros de avance no son de gran importancia, ya que esta medida se establece directamente en el software de control Mach3



- g) Una vez generado el código G se almacena en un archivo en formato txt, compatible para el software Mach3 es necesario regular la potencia del láser de acuerdo a las necesidades del usuario mediante la señal PWM de la interfaz gráfica del programa o también en la opción “Activate laser and set power .to 0 (CUSTOM)”, en el archivo de texto.

```

Engranaje_0334.txt: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
;Inkscape Lasertools G-code
;https://github.com/ChrisWag91/Inkscape-Lasertools-Plugin

%o001
G90
G21
M03 S1 ;Activate laser and set power to 0 (CUSTOM)

; START perimeter strategy
G01 F2400.0
M5
G00 X25.19 Y1.54 F2800.0
M3 F2800.0
G01 X25.16 Y1.69 F2400.0
G01 X24.99 Y2.68 F2400.0
G01 X24.82 Y3.66 F2400.0
G01 X24.65 Y4.65 F2400.0
G01 X24.48 Y5.63 F2400.0
G01 X24.3 Y6.62 F2400.0
G01 X24.11 Y7.76 F2400.0
G01 X23.53 Y8.08 F2400.0
G01 X23.22 Y8.19 F2400.0
G01 X21.95 Y8.62 F2400.0
G01 X21.86 Y8.65 F2400.0
G01 X20.91 Y8.95 F2400.0
G01 X19.86 Y9.28 F2400.0
G01 X19.76 Y9.19 F2400.0
G01 X18.33 Y7.79 F2400.0
G01 X17.51 Y7.0 F2400.0
G01 X17.38 Y6.88 F2400.0
G01 X16.65 Y6.19 F2400.0
G01 X15.92 Y5.51 F2400.0
G01 X15.06 Y4.71 F2400.0

```

1.14. Tabla de parámetros recomendados

Una vez generado el código G para cargar en el software de control Mach3 se establecieron parámetros de avance e intensidad de la señal PWM para corte y grabado láser con el fin de obtener resultados favorables que se explican a continuación:

1.14.1. Grabado MDF

Para el grabado en MDF, se realizó diez tipos de pruebas regulando el avance de los motores paso a paso en los ejes X-Y, también la intensidad del láser por medio de la modulación por ancho de pulso (PWM), estos parámetros fueron ajustados desde la interfaz de control Mach3 y la señal PWM fue vista por medio de un osciloscopio y un multímetro detallados a continuación:

Detalle	Parámetros de avance [mm/s]	PWM	Número de pasadas
CASO 1	600	100	1
CASO 2	650	200	1
CASO 3	680	300	1
CASO 4	680	400	1
CASO 5	680	500	1
CASO 6	690	600	1
CASO 7	690	700	1
CASO 8	700	800	1
CASO 9	710	900	1
CASO 10	720	1000	1

1.14.2. Grabado en acrílico

Con respecto al grabado de acrílico negro de 3mm de espesor, se realizó 4 pruebas modificando algunos parámetros que se muestran a continuación:

Detalle	Parámetros de avance [mm/s]	PWM	Número de pasadas	Color Acrílico
CASO 1	600	100	1	Negro
CASO 2	620	150	1	Negro
CASO 3	630	400	1	Negro
CASO 4	630	800	1	Negro

1.14.3. Corte MDF (6mm)

Para los ensayos de corte en MDF de 6 mm de espesor se lo realizo en 2 tipos de pruebas con diferentes parámetros, y números de pasadas. cómo se lo observa en la tabla.

Detalle	Parámetros de avance [mm/s]	PWM	Número de pasadas
CASO 1	320	850	26
CASO 2	330	1000	22

1.14.4. Corte en acrílico

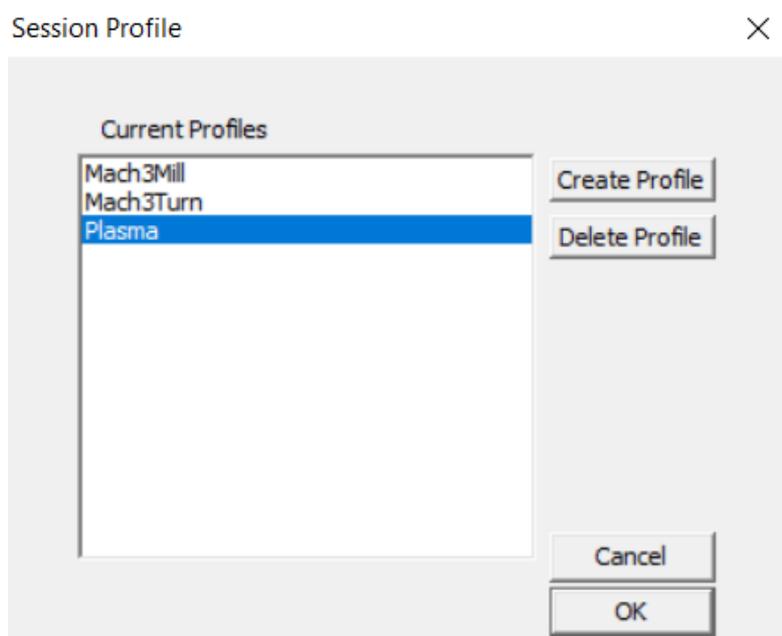
El corte en acrílico, se realizó 2 pruebas modificando algunos parámetros como podemos ver en la tabla siguiente:

Detalle	Parámetros de avance [mm/s]	PWM	Número de pasadas
CASO 1	380	850	9 a 13
CASO 2	390	950	10 a 12

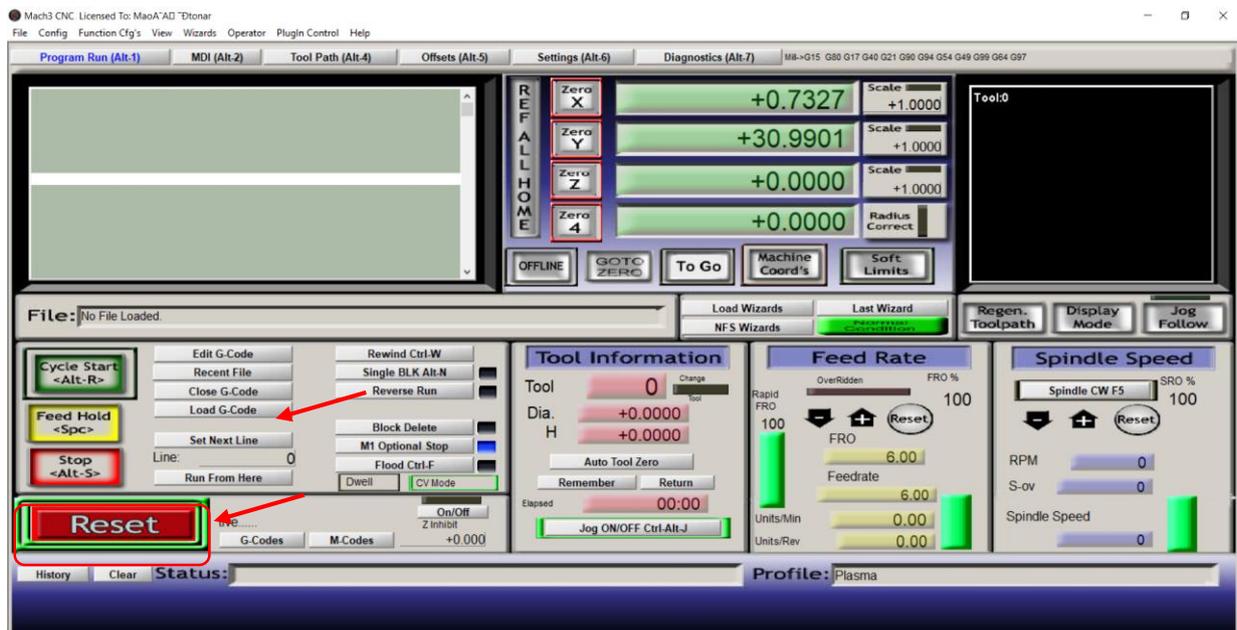
1.15. Operación del software de control Mach3

Una vez realizado el código G se procede a cargar al software de control Mach3 siguiendo los siguientes pasos:

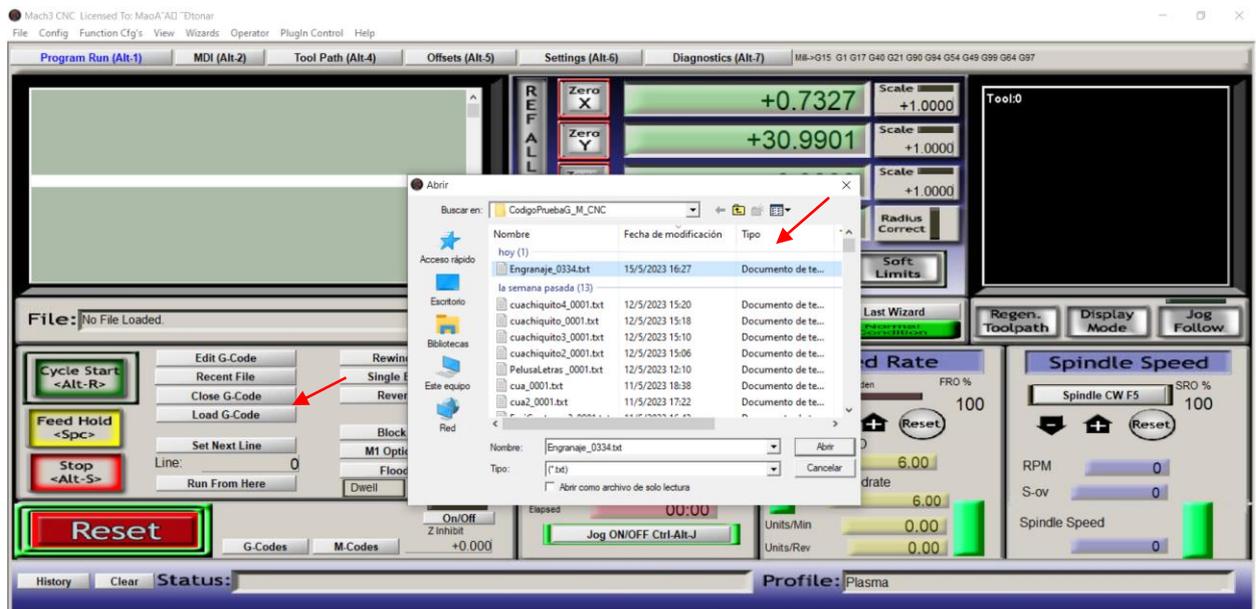
Para la operación de la maquina primero se selecciona un perfil actual para el caso de una CNC laser se selecciona la opción “Plasma” recomendado por el fabricante.



Ya en la interfaz gráfica pulsamos el botón Reset para posteriormente cargar el código G en formato txt.



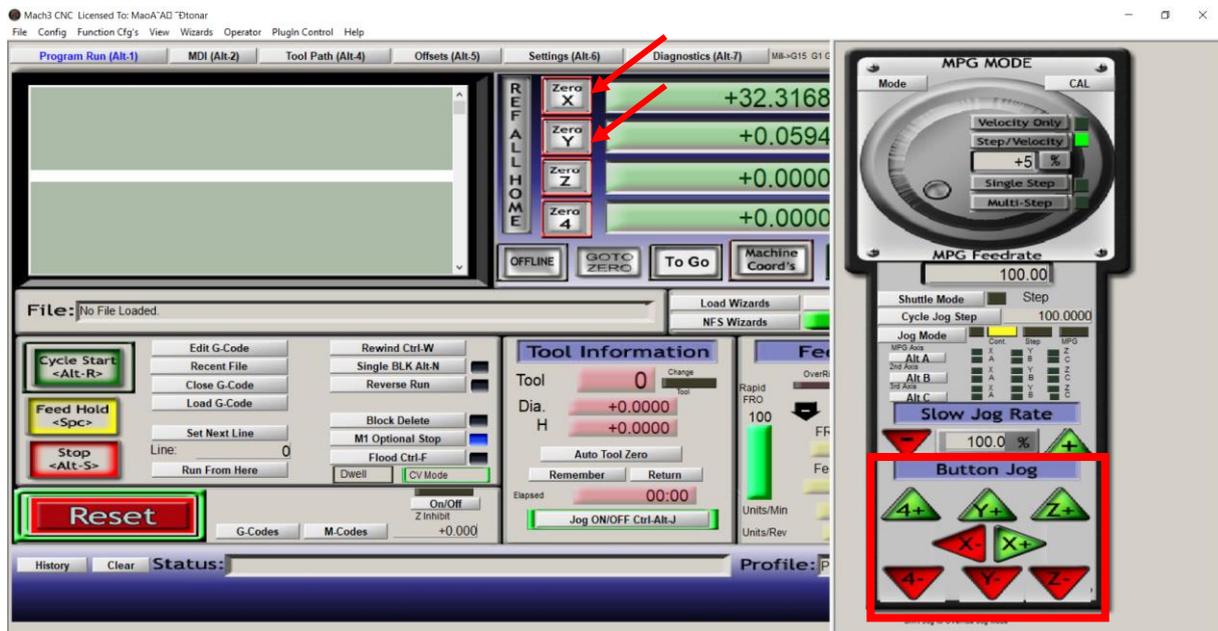
Se procede a cargar el código G en la opción “Load G-Code” el cual nos dirige al explorador de archivos donde se selecciona la carpeta del archivo que se va a cargar.



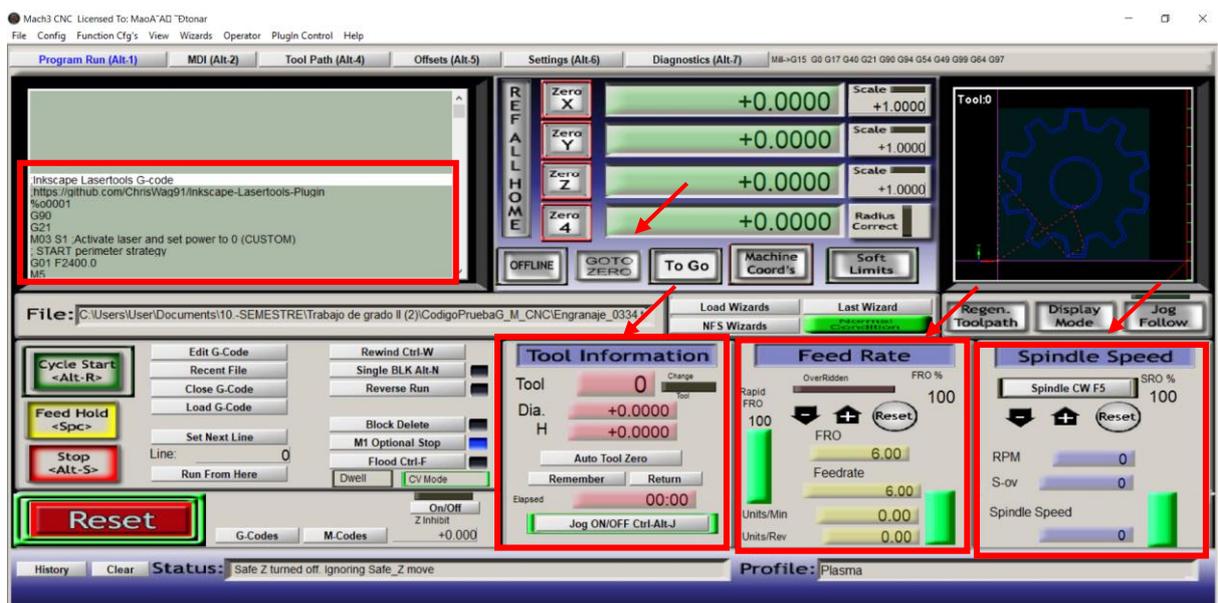
Ya cargado el código G se procede a establecer un punto cero en el plano cartesiano del espacio de la maquina en el software Mach3.

Se puede iniciar desde el punto cero físicos de la maquina o se puede establecer por software un punto cero acordes a las necesidades de trabajo. Para poder establecer un punto inicial de trabajo en la maquina pulsamos la tecla “Tab” en la función Button Jog ajustable con las teclas de movimiento del teclado, el cual nos permite mover el cabezal del láser en cualquier posición

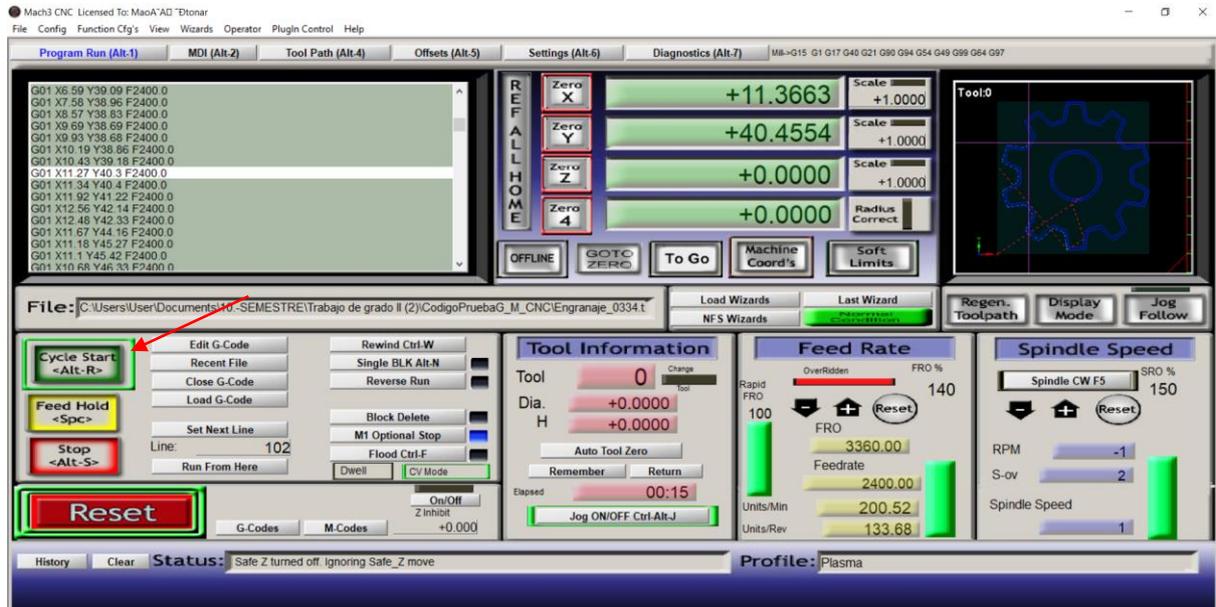
en el área de trabajo, ya señalado el punto de partida ponemos en cero los cuadrantes X-Y en la parte superior de la interfaz llamado Zero X y Zero Y



Ya subido el código en el software de control Mach3, se pueden modificar los parámetros de avance en la opción "Feed Rate" así como la intensidad de láser por medio del control de la señal PWM "Spindle Speed" y la parte del "Tool information" nos informa el tiempo que ha transcurrido el trabajo de la máquina.



Para poner en marcha la máquina se procede a seleccionar la opción “Cycle Start” en la interfaz gráfica de control, permitiendo la ejecución del código que se observa en la parte superior izquierda del software donde se ejecutan las líneas de código.



Finalmente, ya terminada la operación se procede a retirar la pieza requerida, para esto es necesario verificar que la máquina no se encuentre operando con el fin de no tener contacto con ninguna parte de la máquina.

2. Seguridad

La seguridad cumple un papel fundamental salvaguardando la integridad física de las personas al momento de encontrarse realizando operaciones en una máquina por lo que es necesario tomar en cuenta algunos puntos importantes.

3.4 2.1. Clasificación de un sistema láser

Esta clasificación para un láser permite conocer la alta peligrosidad que supone la utilización de un dispositivo de estas características.

Para definir estas clases se toman en cuenta tres factores que son:

- Longitud de onda
- Tiempo de exposición
- Potencia / energía del haz

Clase 1	Estos presentan seguridad en cualquier condición de uso, incluyendo aparatos ópticos en visión directa.
Clase 1M	Pueden llegar a emitir una longitud de onda de 302,5 nm y 4000 nm, presentan seguridad cuando el uso es razonable, pero para instrumentos ópticos que presenten un contacto directo puede ser de gran peligrosidad.
Clase 2	La clase 2 emiten radiación visible en longitudes de onda que comprende entre 400 y 700 nm, la protección ocular se consigue normalmente por las respuestas de generación bajas que puede emitir.
Clase 2M	Emiten radiación visible con una longitud de onda de 400 y 700 nm. La protección ocular depende de las respuestas de generación bajas, pero la visión del haz puede ser peligrosa si se usan instrumentos ópticos.
Clase 3R	Su longitud de onda es de 302,5 y 106 nm, su visión directa con el haz es altamente peligrosa.
Clase 3B	Esta clase al encontrarse en visión directa del haz siempre será peligrosa. La reflexión difusa es normalmente segura.
Clase 4	Estos láseres también pueden producir reflexiones difusas peligrosas, generando ya afectaciones graves a la piel, así como la generación de incendios, para esto se debe utilizar con mucha precaución.

Es de suma importancia conocer la clase de láser al que se estará expuesto antes de realizar cualquier tipo de trabajo.

Para estos es aconsejable revisar las especificaciones técnicas del láser con el fin de poder adquirir información necesaria salvaguardando la integridad de la persona que va a operar dicho artefacto.

El láser utilizado en esta tesis es de clase 4

2.2. Riesgos presentes según el tipo del láser

Clase 1	No generan daño alguno
---------	------------------------

Clase 2	Pueden llegar a causar daños oculares por observación directa del haz de luz en tiempos superiores a 0.25 segundos o daños crónicos si supera los 15 minutos.
Clase 3A	Afectan directamente a la retina del ojo llegando a ser crónico si superan los 0.25 segundos para lo cual se solicita extrema precaución.
Clase 3B	Pueden causar daños crónicos si se entra en contacto directo con el haz laser.
Clase 4	Pueden producir daños oculares agudos si se está en contacto directo, indirecto o por reflexión, con el haz laser.

2.3. Equipos de protección personal antes de la operación de la maquina

	<p>Uso de guantes</p> <p>Se debe manipular el área de trabajo con guantes que presenten características térmicas a una distancia mínima de 40 cm entre la maquina y el operador.</p>
 <p>RADIACIONES LASER USO OBLIGATORIO DE GAFAS DE PROTECCIÓN</p>	<p>Uso de gafas de seguridad</p> <p>Son gafas especiales que protegen de la exposición directa del haz de luz con una longitud de onda de 190 nm a 540 nm</p>

2.4. Riesgos generados por situaciones externas

Este tipo de riesgos se pueden suscitar por la inexperiencia o caso omiso a los requerimientos solicitados por el fabricante de la máquina de control numérico, pudiendo provocar afectaciones sobre la integridad de las personas que se encuentran manipulando dicho aparato, para esto se detalla algunas situaciones desfavorables que pueden suceder durante la operatividad del sistema de control numérico.

- No limpiar el área de trabajo puede generar atascos en el desplazamiento de los motores paso a paso generando recalentamiento, estas situaciones pueden influir en que el operario al percatarse de este problema recurra a tratar de quitar el objeto involucrado y se produzca arrollamiento de alguna extremidad superior, en este caso las manos.

- Regar líquidos que afecten al sistema eléctrico y de control presentar un daño general del sistema, en este caso también puede repercutir con la integridad del operario por querer dar solución apresurada a la máquina.
- Al momento de querer exponer algún tipo de material inflamable en el área de trabajo, lo que podría producir un incendio o una explosión, la cual podría provocar quemaduras sobre la persona a cargo de la máquina CNC láser.

3. Solución de fallas que podrían suscitarse

Estas fallas se podrían generar por factores externos o por mala operación de la maquina para esto es necesario poder identificarlas y poder corregirlas.

3.6 3.1. Soluciones ante situaciones externas de la maquina CNC

- Al provocarse un atasco de la máquina por algún objeto presente en el área de trabajo es necesario presionar el paro de emergencia, permitiendo suspender la operación del equipo y así poder deslizar los ejes para despejar la superficie y así poder continuar con la operación.
- Al presentarse riego de líquidos que pueden afectar directamente a la parte eléctrica de la máquina CNC, es obligatorio accionar la protección presente en el tablero de control y desconectar la alimentación eléctrica para posteriormente limpiar las partes afectadas con alcohol isopropílico y un cepillo de cerdas suaves.
- Si se presenta la inflamación de algún material o a su vez se produce una llama en el área de trabajo por la exposición al módulo láser, es necesario realizar un paro de emergencia y accionar la protección de corte de energía del sistema para poder mitigar la llama con un extintor con compuesto PSQ (polvo químico seco).

3.2. Falla de conexión de la máquina

Esta falla se genera principalmente por no ejecutar los pasos establecidos anteriormente para la puesta en marcha la máquina, para esto se definen pasos que ayuden a solventar este inconveniente.

1. Al revisar que no presenta conexión la máquina CNC con el computador es necesario apagar el interruptor de puesta en marcha del sistema ubicado en el tablero de control.

2. Se procede a cerrar Mach3 sin guardar el código previamente subido.
3. Se ejecuta el software de control Mach3 nuevamente.
4. Seleccionamos la opción de conexión entre la computadora y el programa.
5. Nuevamente, se enciende el interruptor de puesta en marcha de la máquina.
6. Por último, se carga el código G y se verifica si la maquina se encuentra operando satisfactoriamente.

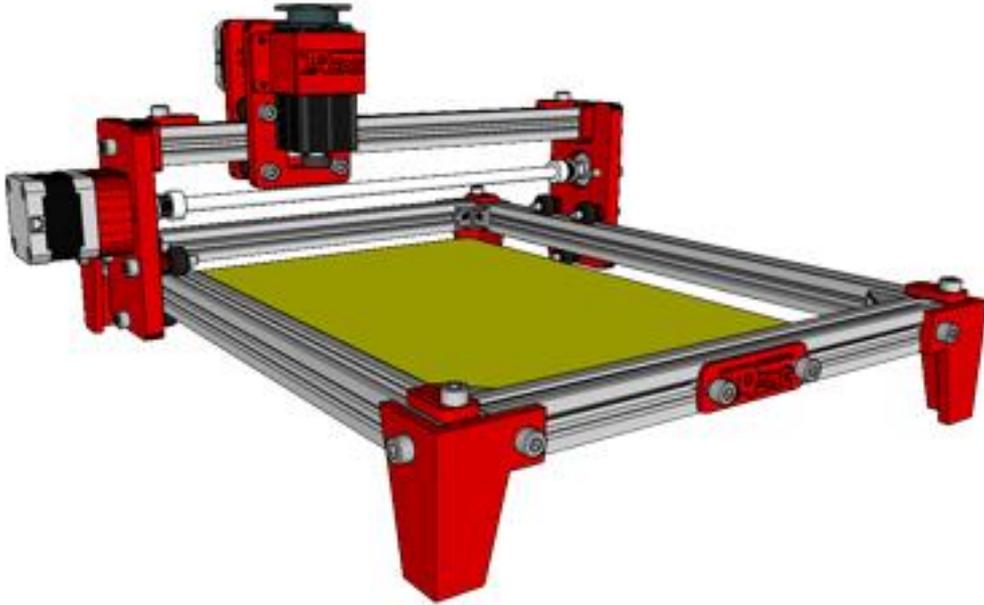
3.3. Falla de encendido del laser

Es necesario conocer esta falla que podría presentarse en el encendido del módulo láser. Para esto se determinó algunos aspectos importantes a considerar con el fin de poder dar solución a estos inconvenientes que pueden suscitarse.

- Es necesario establecer una señal PWM en el código G la cual se puede parametrizar desde el documento en formato txt. o también desde la parte de control Spindle Speed.
- Al momento de ejecutar un código en el software de control Mach3 es necesario verificar que el pulsador “spindle CW F5”, en la interfaz de trabajo este accionada.
- Esta función se refleja al momento que el código se está ejecutando en Mach3.
- Al revisar que no se enciende es necesario pulsar el botón Splindle CW F5 porque lamentablemente en ocasiones este parámetro fundamental no se acciona.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

MANUAL TÉCNICO



Máquina De Control Numérico Computarizado (CNC)

Autoría: Luis Fernando Ruiz Guerrero

Contenido

Introducción	134
1. Características Técnicas de la maquina	134
2. Características de los elementos que conforman el sistema CNC láser	134
3. Conexión de la máquina de control numérico computarizado	138
3.1. Esquema de conexión de los Finales de carrera	138
3.2. Esquema de conexión de las luces led y sistema de extracción de humo	139
3.3. Esquema de conexión del modulo laser	140
3.4. Esquema de conexión de los motores paso a paso	141
3.5. Esquema de conexión para el control de la maquina	142
4. Mantenimiento Preventivo	143
4.1. Limpieza de la maquina	143
4.2. Plan de Mantenimiento.....	143
4.3. Mantenimiento Sistema Eléctrico	143
4.4. Mantenimiento Sistema Mecánico	143
4.5. Mantenimiento Sistema de control.....	144
4.6. El lenguaje de programación G & M	144
4.7. Códigos Generales.....	144
4.8. Códigos Misceláneos.....	145
5. Falla de conexión de la máquina	146
5.1. Falla de encendido del laser	147

Introducción

Para la máquina de control numérico de corte y grabado laser tamaño A0 se establece un manual de mantenimiento cuya función es poder alargar la vida útil de cada uno de los componentes que conforma el sistema y garantizar un correcto funcionamiento de la máquina. Para poder realizar un mantenimiento adecuado hay que conocer las características principales de cada uno de los elementos que conforman la maquina en caso de que sea necesario reemplazar algún elemento.

Este manual faculta conocimiento necesario para poder realizar mantenimientos preventivos y mantenimientos correctivos evitando paros prolongados de la maquina CNC.

1. Características Técnicas de la maquina

Área de trabajo	841mm*1190mm
Tamaño de la maquina	1020mm*1300mm*400mm
Color de la maquina	Almendra
Espesor de Corte	MDF 5mm, Acrílico 3mm
Tipo de laser	Diodo laser sculpfun s9
Longitud de onda del laser	450 nm +5
Potencia del laser	90W
Software de control	March3
Ejes deslizantes	Eje Y y Eje X
Tipo de mecanismo para el movimiento	Piñón y cremallera
Alimentación	120V Ac monofásico
Software de diseño	Inkscape, CIMCO Edit 8
Tipo de lenguaje	Código G
Tipo de control	Manual
Delimitación del área de trabajo	Finales de carrera
Uso de protección visual	Obligatoria

2. Características de los elementos que conforman el sistema CNC láser

Para la ejecución de la máquina de control numérico por computador de corte y grabado láser es necesario conocer las partes que la conforma, así como las especificaciones de cada uno de los elementos que desempeñan una acción importante para su funcionamiento.

Motores paso a paso nema 23

Modelo: 57BYGH115-003B

Voltaje: 4.8 V

Corriente: 3 A/ fase

Angulo de paso: $1.8 \pm 5 \%$

Pasos por revolución: 200

N.º de conductores: 4

N.º de fases: 2

Par de sujeción: 30 Kg.cm

Longitud del motor: 112 mm

Peso 1.55 Kg

Driver DM542MA

Modelo: DQ542MA

Voltaje: 18 a 50 VDC

Corrientes: 4.2 A

Dimensiones: 118 mm*95 mm*38 mm

Peso: 300 g

Temperatura de trabajo: -10°C a 70°C

Controladora AKZ250

Estrada USB

Frecuencia de pulso por paso: 200Khz

N.º de entradas: 16

N.º de optoacopladores: 10 optoacopladores de alta velocidad con 10MHz, 24 optoacopladores generales para aislar todas las señales de entrada/salida,

N.º de salidas: 8

Modulo laser

Modelo: Sculpfun S9

Voltaje de entrada: 12 V

Corriente: 3 A

Longitud de onda: 455 ± 5% nm

Tipo de enfoque: Enfoque fijo

Temperatura de funcionamiento: -20°C a 70°C

Placa del circuito: Placa de modulación PWM

Potencia de salida del láser: 5.5 – 6 W (Energía lumínica)

Potencia de efecto: laser Co2 de 90 W

Enfoque: 0.06mm ultrafino

Dimensiones: 255 mm*192 mm *145 mm

Fuente de voltaje 1

Modelo: S-120-12

Voltaje de entrada: 110/220 VAC

Frecuencia: 50/60 Hz

Voltaje de salida: 12 V

Corriente de salida 10 A

Potencia de salida: 120 W

Dimensiones: 199 mm * 98 mm * 38 mm

Peso: 0.95 Kg

Fuente de voltaje 2

Modelo: S-120-12

Voltaje de entrada: 110/220 VAC

Frecuencia: 50/60 Hz

Voltaje de salida: 12 V

Corriente de salida 8 A

Potencia de salida: 120 W

Dimensiones: 199 mm * 98 mm * 38 mm

Peso: 0.95 Kg

Guías lineales

Modelo: SBR16

Longitud: 1000 mm

Diámetro de la guía: 16mm

Perfil: Tipo omega

Peso: 2.03 kg

Dimensión: 45 *45 mm

Transmisión por Piñón y cremallera

Numero de dientes del piñón: 20

Longitud de la cremallera: 1000 mm

Dimensión de la cremallera: 15 mm * 15mm

Finales de carrera

Marca: Honeywell micro SWITCH

Voltaje: 240 V

Corriente: 15 A

Temperatura de operación: 185 °F

Dimensiones: 177 mm * 24.13 mm

Tipo de actuador: Palanca alargada

Controladora

Marca: AKZ250

Frecuencia máxima de pulso paso es de 200KHz,

No se requiere fuente de alimentación externa

Posee 10 optoacopladores de alta velocidad con 10MHz, 24 optoacopladores generales para aislar todas las señales de entrada/salida

Totalmente compatible con la limitación del software Mach3 y las funciones de retroceso.

Compatible con la serie Windows

Número de salida del eje: 3 o 4 ejes (optoacopladores de alta velocidad)

Frecuencia de salida del eje: 200KHz

Entradas digitales: PNP-5V *16 (aislamiento de optoacoplador)

Entradas analógicas: 0-3.3V * 2 (no aislado)

Entradas MPG: PNP-5V *1 (aislamiento de optoacoplador)

Entrada de medición de velocidad: 1 (aislamiento de optoacoplador): PNP-5V / NPN-5V

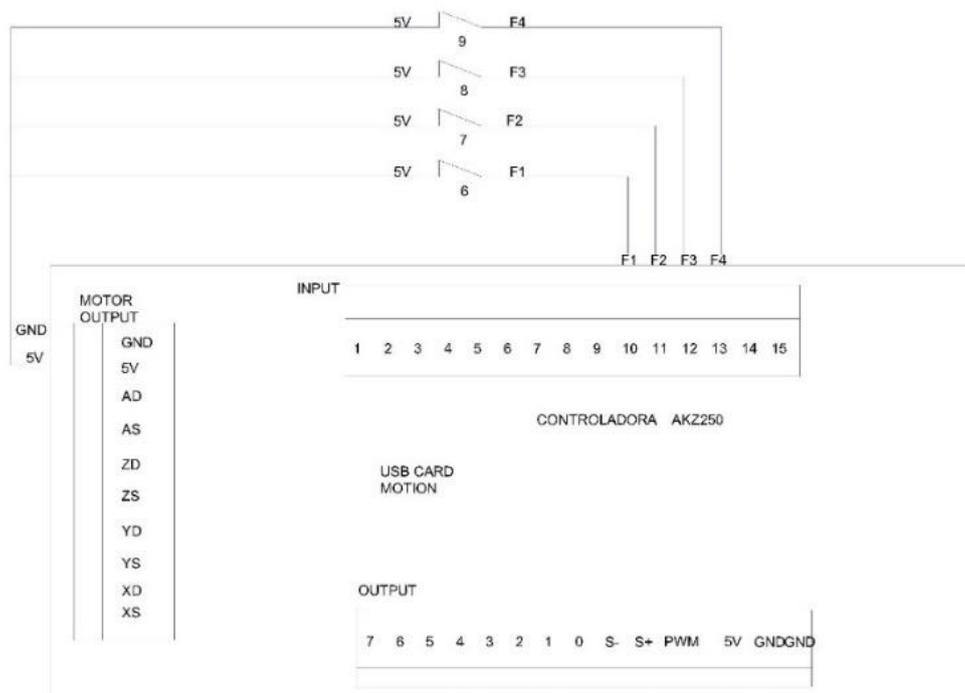
Salidas digitales: Salida de colector abierto 500mA *8 (aislamiento de optoacoplador)

Salida analógica: Salida de colector abierto PWM 13mA * 1 (aislamiento de optoacoplador)

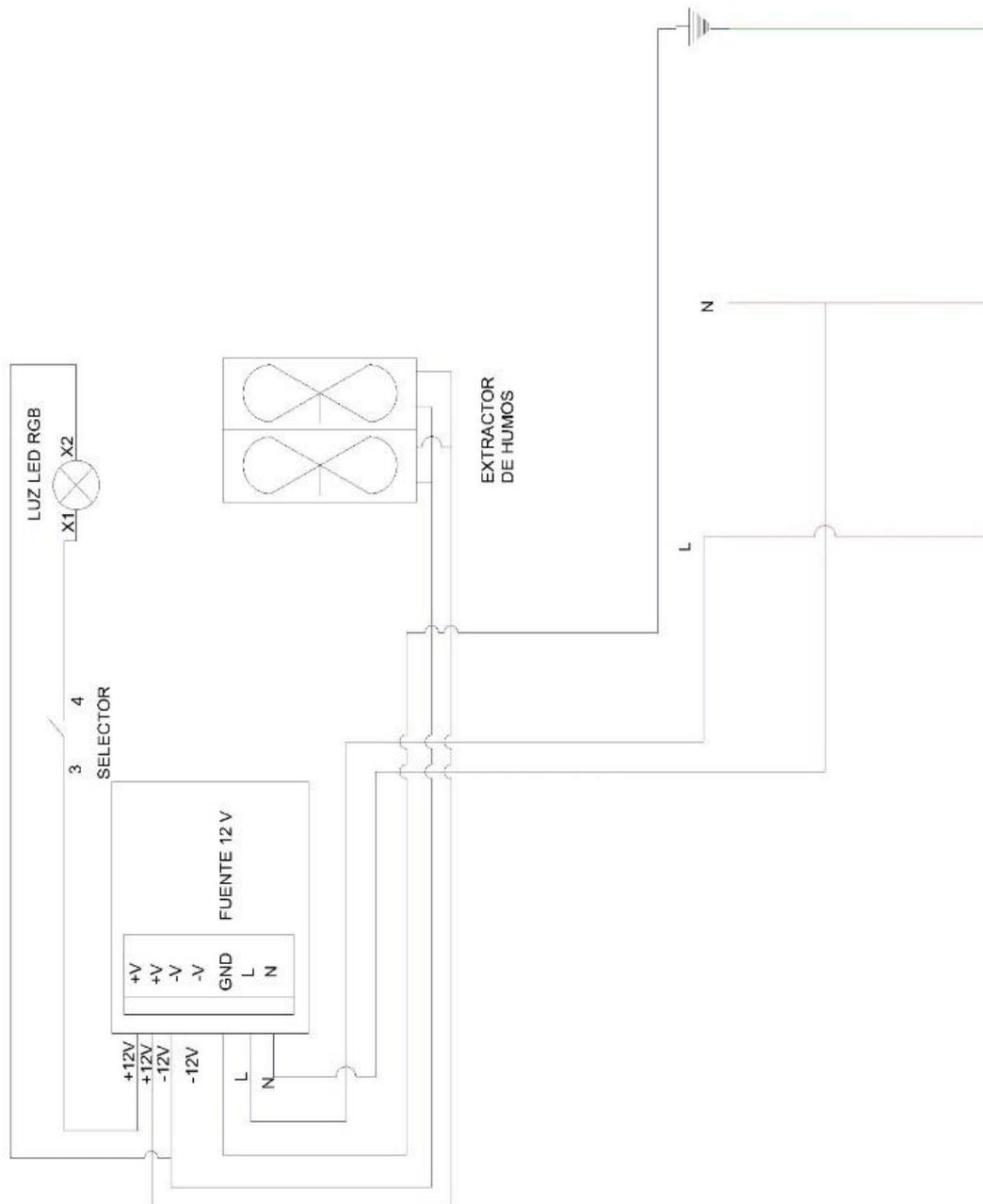
3. Conexión de la máquina de control numérico computarizado

Se muestra las diferentes partes que se conectaron para establecer todo es sistema de control numérico que se indica a continuación.

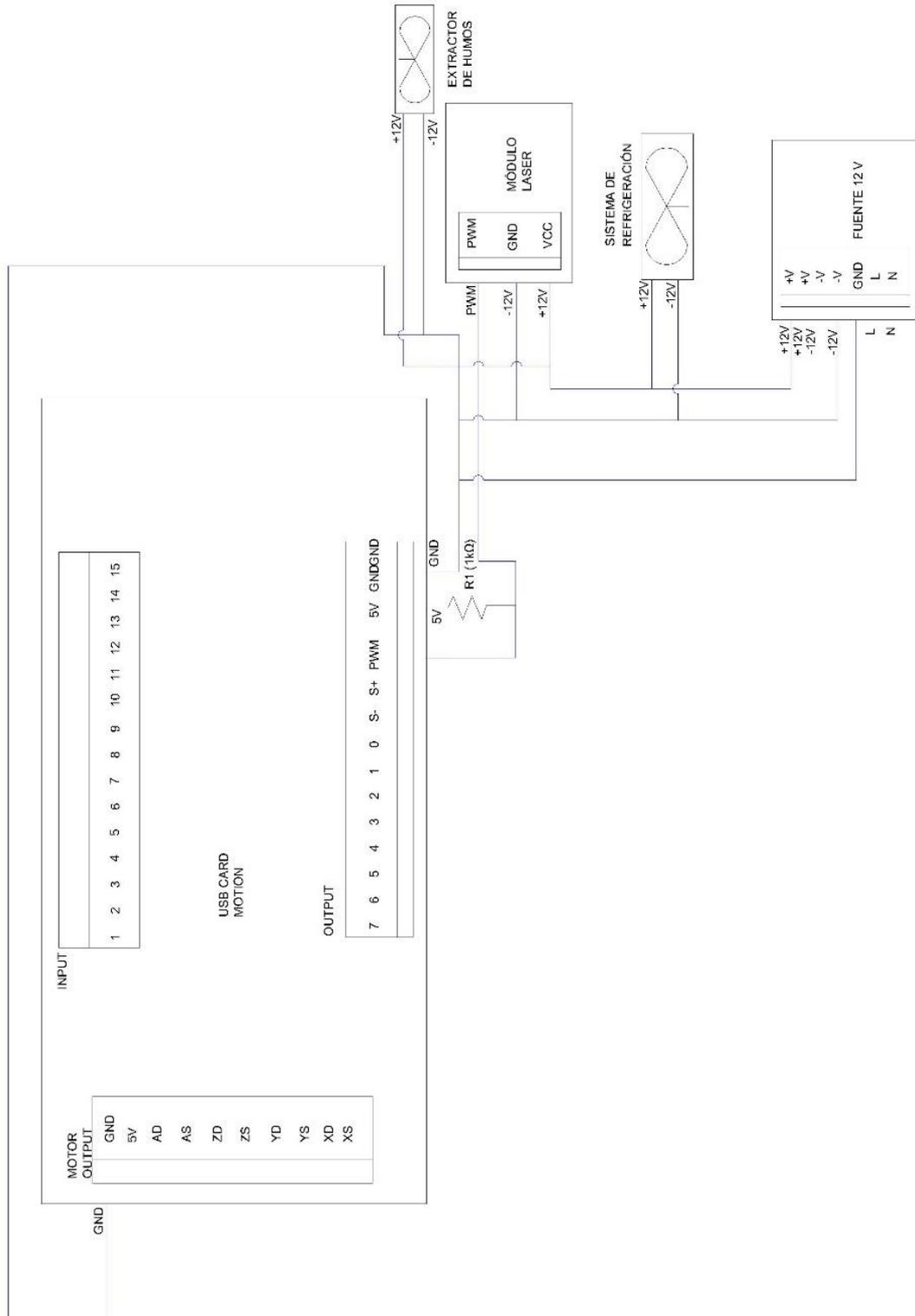
3.1. Esquema de conexión de los Finales de carrera



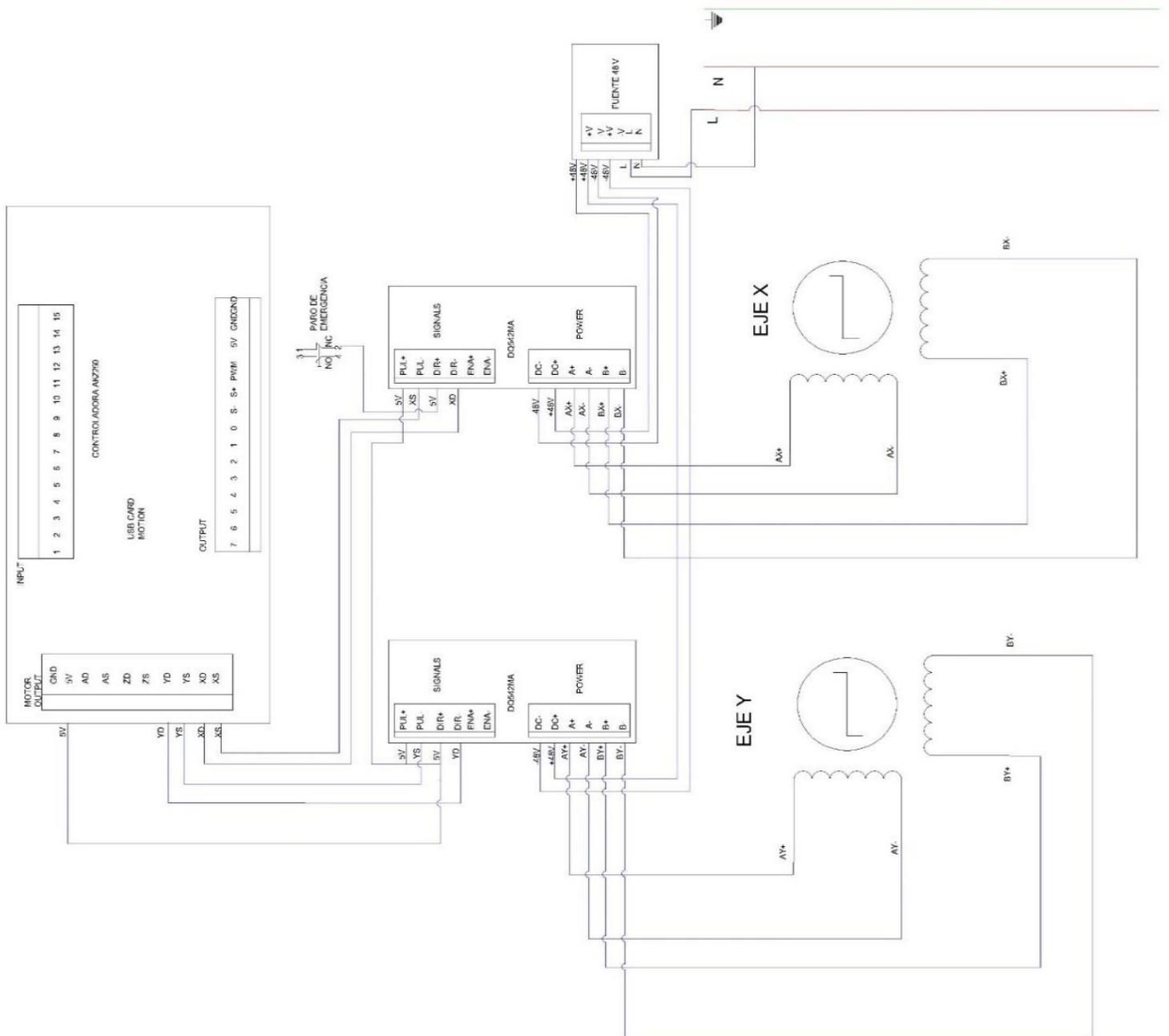
3.2. Esquema de conexión de las luces led y sistema de extracción de humo



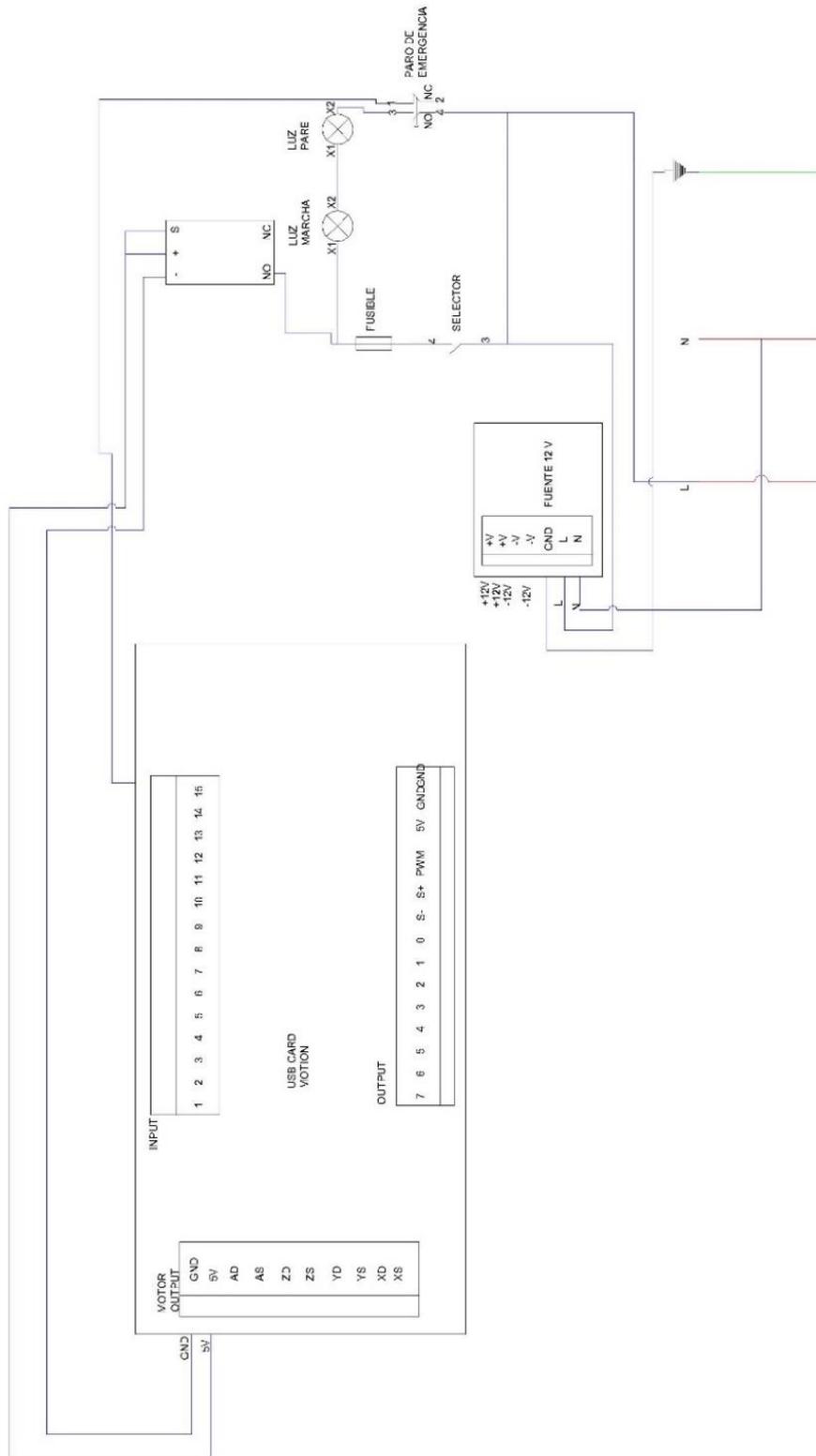
3.3. Esquema de conexión del módulo laser



3.4. Esquema de conexión de los motores paso a paso



3.5. Esquema de conexión para el control de la maquina



4. Mantenimiento Preventivo

Para la máquina CNC láser se hace necesario establecer un mantenimiento preventivo con el fin de alargar la vida útil del equipo, permitiendo conseguir una alta operatividad en un mayor tiempo mediante el ajuste o reemplazo de elementos que puedan presentar mayor desgaste.

Estas rutinas de mantenimiento se deben realizar de acuerdo al tipo de elementos del sistema, pero en este caso se analizan algunos aspectos.

4.1.Limpieza de la maquina

La máquina CNC láser necesita una limpieza exhaustiva del área de trabajo con el fin de evitar inestabilidad del material en la base del bastidor que puede ser producido por residuos desprendidos en la operación de la máquina, para esto es necesario emplear una franela húmeda para su respectiva limpieza. Esta actividad se debe realizar antes del uso del equipo.

4.2.Plan de Mantenimiento

Es necesario identificar las tareas de mantenimiento que se deben realizarse en la máquina, tanto para el sistema eléctrico, sistema mecánico y sistema de control.

4.3.Mantenimiento Sistema Eléctrico

Este sistema está conformado por un aislamiento espiral de 9 mm de diámetro en la parte interna y externa del bastidor, se establece un mantenimiento semestral verificando los siguientes parámetros:

- Estado del aislamiento del sistema electrónico.
- Revisión de la conexión de los terminales.
- Verificación de los dispositivos de control y accionamiento.
- Reajuste del sistema eléctrico que comprende las partes móviles del sistema.
- Medición de consumo de corriente de todo el sistema.
- Limpieza del lente del módulo laser.

4.4.Mantenimiento Sistema Mecánico

Para el sistema mecánico es recomendable realizar un mantenimiento semestral con el fin de poder preservar las partes móviles y de transmisión de la máquina.

- Lubricar las guías lineales.

- Engrasar el piñón y cremallera para la transmisión.
- Reajustar las bases de las guías y las bases móviles de la máquina.
- Verificar si presentan rigidez de deslizamiento los ejes lineales SBR16UU
- Calibrar el sistema de transmisión del eje X y Eje Y.
- Recalibrar la distancia del láser.

4.5.Mantenimiento Sistema de control

El mantenimiento del sistema de control nos permite conocer verificar si los sensores que delimitan el área de trabajo se encuentran trabajando, así como también diagnostica si están operando los periféricos de entradas y salidas.

- Verificar si están actuando los finales de carrera.
- Diagnosticar si el paro de emergencia esta accionando.
- Ejecutar líneas de código de acción que permitan verificar el desplazamiento de los motores, así como la intensidad del módulo laser.

4.6.El lenguaje de programación G & M

El nombre G & M viene del hecho de que el programa está constituido por instrucciones Generales y Misceláneas.

Si bien en el mundo existen aún diferentes dialectos de programación con códigos G&M, se dio un gran paso adelante a través de la estandarización que promovió la ISO.

A pesar de tratarse de un lenguaje de programación muy rudimentario para los gustos actuales, lo robusto de su comportamiento y los millones de líneas de programación que hacen funcionar máquinas de CNC en todas las latitudes del planeta aseguran su vigencia en los años por venir.

4.7.Códigos Generales

G00: Posicionamiento rápido (sin maquinar)

G01: Interpolación lineal (maquinando)

G02: Interpolación circular (horaria)

G03: Interpolación circular (anti horaria)

G04: Compás de espera

G15: Programación en coordenadas polares

G20: Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas)

G21: Comienzo de uso de unidades métricas

G28: Volver al home de la máquina

G40: Cancelar compensación de radio de curvatura de herramienta

G41: Compensación de radio de herramienta a la izquierda

G42: Compensación de radio de herramienta a la derecha

G50: Cambio de escala

G68: Rotación de coordenadas

G73: Ciclos encajonados

G74: Perforado con ciclo de giro antihorario para descargar virutas

G76: Alisado fino

G80: Cancelar ciclo encajonado

G90: Coordenadas absolutas

G91: Coordenadas relativas

G92: Desplazamiento del área de trabajo

G94: Velocidad de corte expresada en avance por minuto

G95: Velocidad de corte expresada en avance por revolución

G98: Retorno al nivel inicial

4.8.Códigos Misceláneos

M00: Parada

M01: Parada opcional

M02: Reset del programa

M03: Hacer girar el husillo en sentido horario

M04: Hacer girar el husillo en sentido antihorario

M05: Frenar el husillo

M06: Cambiar de herramienta

M08: Abrir el paso del refrigerante

M09: Cerrar el paso de los refrigerantes

M30: Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio

4.9.Mantenimiento Correctivo

Se establecen algunos puntos importantes en cuanto puede existir la presencia de un caso fortuito en la máquina en este caso se establecen posibles fallas operativas.

- Falla en la ejecución del programa
- Falla de activación del módulo laser
- Reemplazo de rodamiento por mal desplazamiento.

5. Falla de conexión de la máquina

Esta falla se genera principalmente por no ejecutar los pasos establecidos anteriormente para la puesta en marcha la máquina, para esto se definen pasos que ayuden a solventar este inconveniente.

7. Al revisar que no presenta conexión la máquina CNC con el computador es necesario apagar el interruptor de puesta en marcha del sistema ubicado en el tablero de control.
8. Se procede a cerrar Mach3 sin guardar el código previamente subido.
9. Se ejecuta el software de control Mach3 nuevamente.
10. Seleccionamos la opción de conexión entre la computadora y el programa.
11. Nuevamente, se enciende el interruptor de puesta en marcha de la máquina.
12. Por último, se carga el código G y se verifica si la maquina se encuentra operando satisfactoriamente.

5.1.Falla de encendido del laser

Es necesario conocer esta falla que podría presentarse en el encendido del módulo láser. Para esto se determinó algunos aspectos importantes a considerar con el fin de poder dar solución a estos inconvenientes que pueden suscitarse.

- Es necesario establecer una señal PWM en el código G la cual se puede parametrizar desde el documento en formato txt. o también desde la parte de control Spindle Speed.
- Al momento de ejecutar un código en el software de control Mach3 es necesario verificar que el pulsador “spindle CW F5”, en la interfaz de trabajo este accionada.
- Esta función se refleja al momento que el código se está ejecutando en Mach3.
- Al revisar que no se enciende es necesario pulsar el botón Splindle CW F5 porque lamentablemente en ocasiones este parámetro fundamental no se acciona.