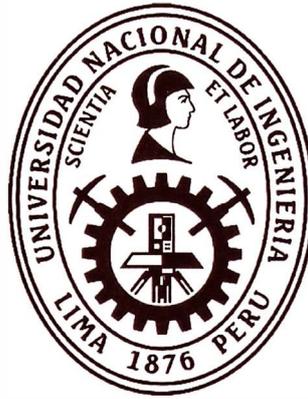


Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Mecánica



TESIS

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO
COMPUTARIZADO (CNC) LÁSER PARA AUMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD EN EL CORTE DE LONA QUE CUBRE LAS
ESTRUCTURAS DE MOTOTAXIS**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista

Elaborado por

Raissa Shecella Cordero Cordova

 [0009-0000-2137-937X](https://orcid.org/0009-0000-2137-937X)

Asesor

Dr. Ing. Hugo Eliseo Gamarra Chinchay

 [0000-0003-2040-0055](https://orcid.org/0000-0003-2040-0055)

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Esta tesis le dedico a Dios y a mis padres porque han sido mi impulso de seguir adelante ya que sin ellos no hubiera podido realizar lo que me he propuesto. También le dedico a la humanidad ya que le dedique tiempo de mi vida para contribuir con el crecimiento de la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a papá Carlos ya que cuando se siente que ya no se podrá más, recuerdo su frase que decía hija no desmayes. Agradezco a mi papá Herbert por haberme dado todas las herramientas necesarias para lograr concluir la tesis. Agradezco a mi mamá Rene por ser una mujer abnegada. Agradezco a Dios por no haberme abandonado cuando lo necesitaba. Agradezco a todos los peruanos ya que con sus impuestos pude realizar mis estudios en la prestigiosa Universidad Nacional de Ingeniería.

“Todos somos genios, pero si juzgas a un pez por su habilidad para trepar árboles, pensará que toda la vida es inútil “

Albert Einstein

RESUMEN

El Perú es uno de los países que tiene como problemática que la inversión en el desarrollo tecnológico es insuficiente, es por ello que es una de las razones por las cuales existen empresas que no invierten en investigación y en el desarrollo de tecnologías, como realizar nuevos diseños de máquinas para implementarlas en base a las necesidades que presentan las empresas.

En tales circunstancias, el presente trabajo de investigación presenta un diseño de una máquina de control numérico computarizado (CNC) con tecnología láser de CO_2 para el corte de lona de policloruro de vinilo (PVC) la cual ha sido ajustado para las necesidades específicas del rubro de las mototaxis.

Por consiguiente, en el presente trabajo de investigación se ha considerado realizar el diseño en 3D en SolidWorks y seleccionar los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos. Asimismo, se realiza pruebas de corte láser para validar el óptimo rendimiento de la máquina.

En las conclusiones se obtiene que el diseño de la máquina CNC mejora la productividad de la fabricación de corte de lona PVC.

Palabras claves: Productividad, Tecnología, CNC, PVC, CO_2 .

ABSTRACT

Peru is one of the countries that has as a problem that investment in technological development is insufficient, which is why it is one of the reasons why there are companies that do not invest in research and development of technologies to implement them in need. that they present as a company.

In such circumstances, the present research work presents a design of a computerized numerical control (CNC) machine with CO_2 laser technology for cutting PVC canvas, which has been adjusted for the specific needs of the motorcycle taxi industry.

Therefore, in the present research work it has been considered to carry out the 3D design in SolidWorks and select the mechanical, electrical and electronic components. Likewise, laser cutting tests are carried out to validate the optimal performance of the machine.

In the conclusions it is obtained that the design of the CNC machine improves the productivity of the manufacture of PVC canvas cutting.

Keywords: Productivity, Technology, CNC, PVC, CO_2

ÍNDICE

PRÓLOGO.....	1
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	3
1.1 GENERALIDADES	3
1.2 REALIDAD PROBLEMÁTICA	6
1.2.1 Problema general	8
1.2.2 Problema específico	8
1.3 OBJETIVOS	9
1.3.1 Objetivo general.....	9
1.3.2 Objetivo específico	9
1.4 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	9
1.4.1 Antecedentes internacionales.....	9
1.4.2 Antecedentes nacionales	16
1.4.3 Antecedentes locales	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	20
2.1 MARCO TEÓRICO	20
2.1.1 Lona PVC	20
2.1.2 Tecnología láser	21
2.1.3 Diseño estructural.....	23
2.1.4 Tarjeta de control.....	26
2.1.5 Motor para el movimiento en coordenadas	27
2.1.6 Sistema de transmisión	29
2.1.7 Sistema de refrigeración.....	32
2.1.8 Extractor de humo	33

2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	34
2.2.1 CNC.....	34
2.2.2 Láser	34
2.2.3 Lona	35
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES ..	36
3.1 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	36
3.1.1 Hipótesis general.....	36
3.1.2 Hipótesis específico.....	36
3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	36
3.2.1 Variable independiente general.....	36
3.2.2 Variable dependiente general.....	36
3.2.3 Variable independiente específico.....	36
3.2.4 Variable dependiente específico	36
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	37
4.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	37
4.1.1 Enfoque	37
4.1.2 Alcance.....	38
4.1.3 Diseño de investigación.....	39
4.2 UNIDAD DE ANÁLISIS.....	39
4.3 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	41
CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA TESIS	42
5.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE LÁSER.....	42
5.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE TRANSMISIÓN	43
5.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE MOTOR ELÉCTRICO.....	44
5.4 CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE GUIADO	44

5.5 CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL MOTOR PASO A PASO Y EL DRIVER	60
5.6 CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DE LA FAJA Y LA POLEA	78
5.7 CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL TUBO LÁSER	87
5.8 CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL CHILLER	91
5.9 CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL EXTRACTOR DE HUMO	93
5.10 SELECCIÓN DE LA TARJETA DE CONTROL	101
5.11 ESTUDIO DE LOS ESFUERZOS DE LA ESTRUCTURA	102
5.12 CONEXIÓN DEL DISEÑO ELÉCTRICO	105
5.13 DISEÑO DE LA MÁQUINA CNC LÁSER DE CO_2	107
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	108
6.1 ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD	108
6.2 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE CORTE	113
6.2.1 Prueba de corte	113
6.3 COSTOS DE LA MÁQUINA CNC LÁSER DE CO_2	117
CONCLUSIONES	119
RECOMENDACIONES	120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
ANEXOS	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Empresas autorizadas en fabricación, ensamblaje, montaje y modificación de vehículos de transporte terrestre en el 2019... 4	4
Figura 1.2	Empresas autorizadas en fabricación, ensamblaje, montaje y modificación de vehículos de transporte terrestre en el 2020... 5	5
Figura 1.3	Cubierta de lona PVC de una mototaxi..... 7	7
Figura 1.4	Retazos sobrantes de lona PVC..... 7	7
Figura 2.1	Lona PVC 21	21
Figura 2.2	Máquina láser CO_2 24	24
Figura 2.3	Máquina láser Nd-Yag 25	25
Figura 2.4	Máquina láser de fibra 26	26
Figura 2.5	Sistema de transmisión de correa y polea 29	29
Figura 2.6	Sistema de transmisión de husillos de bolas 30	30
Figura 2.7	Sistema de transmisión de piñón y cremallera 31	31
Figura 2.8	Sistema de transmisión de tornillo sin fin..... 31	31
Figura 2.9	Sistema de transmisión de engranajes..... 32	32
Figura 2.10	Extractor de humo 34	34
Figura 4.1	Área de corte de lona PVC..... 40	40
Figura 4.2	Cantidad de mototaxis solicitadas diariamente..... 40	40
Figura 5.1	Diagrama de fuerzas de la vista frontal del carril..... 49	49
Figura 5.2	Diagrama de fuerzas realizando un corte en la sección del carril A 51	51

Figura 5.3	Diagrama de fuerzas realizando un corte en la sección del carril B	52
Figura 5.4	Diagrama de fuerzas del carril de perfil para el análisis en el punto $E1$	54
Figura 5.5	Diagrama de fuerzas del carril de perfil para el análisis en el punto $G1$	56
Figura 5.6	Diagrama de fuerzas del carril de la vista horizontal	57
Figura 5.7	Selección del carril.....	58
Figura 5.8	Selección del riel.....	59
Figura 5.9	Sistema de polea y fajas para mover el cabezal del láser en el eje X.....	60
Figura 5.10	Diagrama de fuerzas para el cálculo de la fuerza de la faja teóricamente	62
Figura 5.11	Sistema de polea y fajas para mover el cabezal del láser en el eje Y.....	70
Figura 5.12	Motor paso a paso 573S15L.....	77
Figura 5.13	Driver 3DM580.....	77
Figura 5.14	Curva de la velocidad de giro respecto a la potencia para la faja HTD	79
Figura 5.15	Selección del ancho de la faja HTD 3M.....	81
Figura 5.16	Ubicación de las poleas en el eje X	82
Figura 5.17	Ubicación de las poleas en el eje Y	83
Figura 5.18	Factor de la carga básica con respecto a la duración del funcionamiento diario.....	84

Figura 5.19	Determinación de los dientes de una polea en base a las RPM y potencia	85
Figura 5.20	Selección de la potencia del tubo láser.....	89
Figura 5.21	Ubicación del lente reflectante y el lente focal	90
Figura 5.22	Ficha técnica del chiller CW-5000	92
Figura 5.23	Diagrama del sistema de refrigeración del chiller CW-5000 ...	92
Figura 5.24	Gráfica para la selección del coeficiente proporcional de la campana	96
Figura 5.25	Gráfica de la selección del diámetro del extractor	97
Figura 5.26	Gráfica para la selección del coeficiente proporcional del codo 1 , codo 2 y codo 3.	98
Figura 5.27	Selección del extractor de humo.....	100
Figura 5.28	Ubicación del extractor de humo	100
Figura 5.29	Ficha técnica RDC6442 G	101
Figura 5.30	Proceso de conversión de archivos	102
Figura 5.31	Simulación de tensiones	102
Figura 5.32	Simulación de desplazamientos	103
Figura 5.33	Simulación de deformación unitario	103
Figura 5.34	Simulación para obtener el factor de seguridad.....	104
Figura 5.35	Encendido del circuito eléctrico	105
Figura 5.36	Encendido de la bomba de aire y del extractor de humo.....	106
Figura 5.37	Diseño en SolidWorks de la máquina CNC láser de CO ₂	107

Figura 6.1	Molde de una puerta delantera	108
Figura 6.2	Diseño del molde de una puerta delantera	109
Figura 6.3	Vectorización de una puerta delantera	109
Figura 6.4	Simulación de corte en software RD Works.....	110
Figura 6.5	Variación de potencia y velocidad en el software RD Works	113
Figura 6.6	Diseño para la prueba de corte en RD Works	114
Figura 6.7	Prueba de corte en la máquina CNC de láser CO_2 a una distancia focal óptima	115
Figura 6.8	Prueba de corte variando la altura del cabezal láser con la máquina CNC láser de CO_2	116
Figura 6.9	Máquina CNC láser de CO_2	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1	Matriz de consistencia	41
Tabla 5.1	Matriz de selección del tipo de láser	42
Tabla 5.2	Matriz de selección del sistema de transmisión	43
Tabla 5.3	Matriz de selección del tipo sistema del motor eléctrico	44
Tabla 5.4	Dimensiones de la medida del riel en el eje X y eje Y	45
Tabla 5.5	Momento estático permisible	46
Tabla 5.6	Masas de los componentes para el cálculo los pesos	47
Tabla 5.7	Datos de fuerzas y distancias respecto al diagrama del carril A	51
Tabla 5.8	Datos de fuerzas y distancias respecto al diagrama del carril B	53
Tabla 5.9	Datos de fuerzas y distancia con respecto al punto <i>E1</i>	55
Tabla 5.10	Datos de fuerzas y distancia con respecto al punto <i>G1</i>	56
Tabla 5.11	Comparación de los momentos estáticos calculados respecto a lo proporcionado por el fabricante.	59
Tabla 5.12	Datos de fuerzas y distancias respecto al carril A y carril B....	63
Tabla 5.13	Datos de la masa de carga total	69
Tabla 5.14	Torque de retención para los dos motores paso a paso	75
Tabla 5.15	Parámetros de resolución, corriente y voltaje	75
Tabla 5.16	Especificaciones técnicas del motor 573S15L.....	76
Tabla 5.17	Determinar los valores de potencia para 261RPM	86

Tabla 6.1	Medición del tiempo de corte manual y de la máquina CNC	110
Tabla 6.2	Producción diaria de corte de tapices completos.....	111
Tabla 6.3	Costo de energía eléctrica consumida diariamente.....	112
Tabla 6.4	Ganancia diaria en el proceso de corte.....	112
Tabla 6.5	Costo de los componentes.....	117
Tabla 6.6	Costo de los servicios.....	118
Tabla 6.7	Tiempo de recuperación de inversión.....	118

PRÓLOGO

El desarrollo de ciencia y tecnología es importante para el crecimiento económico de las empresas que se encuentran en el Perú. En la industria de fabricación de vehículos menores, siendo específicos en la fabricación de trimoto de pasajeros o también llamadas mototaxis se requiere de realizar un diseño de una máquina CNC con tecnología láser para el corte de lona PVC, dicha lona de PVC cubre la estructura de la mototaxi.

Se realizará el diseño y estudio de una máquina CNC eficiente que tiene como objetivo aumentar la productividad. Es por ello que el siguiente trabajo de investigación se detallará de la siguiente manera:

Capítulo I: Introducción, en el primer capítulo se presentará la descripción del problema que consiste en el proceso de corte manual del material de lona PVC, ya que demanda de mayor tiempo para su realización, además explica la importancia del uso de una tecnología para aumentar la productividad en el corte del material. También, se analizará investigaciones que anteceden a esta tesis y se tomará como contribución para el desarrollo de la misma. Cabe resaltar que esas investigaciones se han realizado para el corte de otro tipo de materiales.

Capítulo II: Marco teórico y conceptual, en este capítulo se basa en fundamentos teóricos importantes sobre la tecnología láser y de todos los componentes a usar para la realización de la máquina CNC, además también se hace referencia los conceptos como el material de lona.

Capítulo III: Hipótesis y operacionalización de variable, en este capítulo se detallará la hipótesis general y específica, como también la operacionalización de variables donde se tendrá en cuenta los parámetros de variable, definición de la variable, dimensión, indicadores e instrumentos de análisis.

Capítulo IV: Metodología de la investigación, en este capítulo se desarrollará el tipo y diseño de investigación, la matriz de consistencia. Además, se precisa las variables a utilizar.

Capítulo V: Desarrollo de la tesis, en este capítulo se realizará los cálculos de esfuerzos para el diseño de la mesa de trabajo, además se seleccionará el tipo de láser, el motor eléctrico, el sistema de refrigeración, el tipo de extractor y la tarjeta de control.

Capítulo VI: Análisis y discusión de los resultados, en este capítulo se validará el aumento de la productividad de realizar el corte de lona PVC con el diseño de la máquina CNC.

En la finalización de la presente tesis, se desarrolla las conclusiones, recomendaciones, referencia bibliográfica y los anexos que se utilizó esta investigación.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El incremento de las empresas autorizadas por el ministerio de producción influye positivamente al desarrollo industrial sin embargo se necesita que el Perú invierta más en innovación tecnológica, ya que carece de la realización de nuevos diseños de máquinas.

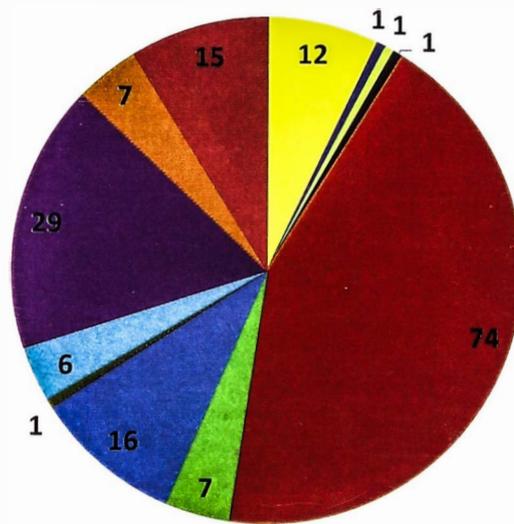
Estos nuevos diseños de máquinas son requeridos por las empresas de acuerdo al rubro, ya que la tecnología que importan no satisface sus necesidades por ende genera deficiencias en la productividad y en la competitividad del mercado.

En el rubro de la industria de fabricación de trimotos de pasajeros también llamadas “mototaxis” han ido incrementando y esto se ha relacionado con la necesidad de la ciudadanía de un servicio distrital. Debido a esta necesidad las empresas se han interesado en fabricar y ensamblar trimotos de pasajeros.

En el año 2019 existían 170 empresas autorizadas por el ministerio de producción para la fabricación, ensamblaje, montaje y modificación de vehículos de transporte (Ministerio de producción, 2019) y en el año 2020 aumentó a 181 empresas (Ministerio de producción, 2020). En la figura 1.1 se observa la distribución de cada empresa autorizada en el año 2019 y en la figura 1.2 se observa con respecto al año 2020.

Figura 1.1 Empresas autorizadas en fabricación, ensamblaje, montaje y modificación de vehículos de transporte terrestre en el 2019.

Empresas que cuentan con la autorización de planta vigente emitida por produce según actividad: fabricación, ensamblaje, montaje y modificación de vehículos de transporte terrestre

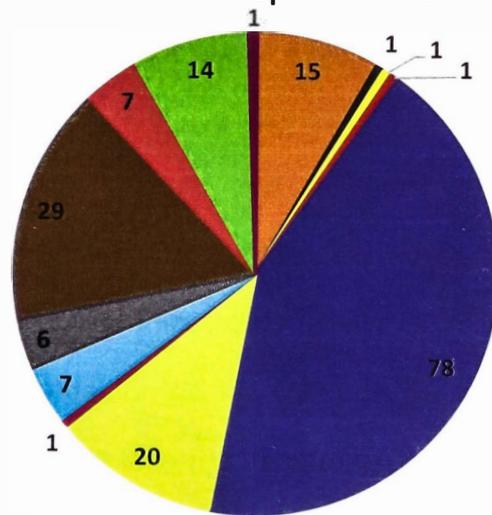


- ENSAMBLAJE
- ENSAMBLAJE FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS
- ENSAMBLAJE FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS MODIFICACION
- ENSAMBLAJE MODIFICACION
- FABRICACION
- FABRICACION ENSAMBLAJE FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS MODIFICACION
- FABRICACION ENSAMBLAJE
- FABRICACION ENSAMBLAJE FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS
- FABRICACION FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS
- FABRICACION FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS MODIFICACION
- FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS
- FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS MODIFICACION

Fuente: Ministerio de producción (2019), "Empresas que cuentan con la autorización de planta vigente emitida por produce según actividad: fabricación, ensamblaje, montaje y modificación de vehículos de transporte terrestre"

Figura 1.2 Empresas autorizadas en fabricación, ensamblaje, montaje y modificación de vehículos de transporte terrestre en el 2020.

**Empresas que cuentan con la autorización de planta vigente emitida por produce según actividad:
fabricación, ensamblaje, montaje y modificación de
vehículos de transporte terrestre**



- ENSAMBLAJE
- ENSAMBLAJE FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS
- ENSAMBLAJE FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS MODIFICACION
- ENSAMBLAJE MODIFICACION
- FABRICACION
- FABRICACION ENSAMBLAJE
- FABRICACION ENSAMBLAJE FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS
- FABRICACION ENSAMBLAJE FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS MODIFICACION
- FABRICACION FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS
- FABRICACION FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS MODIFICACION
- FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS
- FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS MODIFICACION
- FABRICACION Y MONTAJE DE CARROCERIAS MODIFICACION ENSAMBLAJE

Fuente: Ministerio de producción (2020) . "Empresas que cuentan con la autorización de planta vigente emitida por produce según actividad: fabricación, ensamblaje, montaje y modificación de vehículos de transporte terrestre"

1.2 REALIDAD PROBLEMÁTICA

El Perú presenta una precaria inversión en el desarrollo de la tecnología que influye negativamente en el crecimiento económico (Rojas, 2017), esto se evidencia desde la pequeña, mediana y gran empresa que en su crecimiento realizan la implementación de tecnología adquiriendo maquinaria a través de importaciones; sin embargo, la adquisición de la maquinaria no se encuentra diseñada para las necesidades específicas que presenta la empresa.

El presente trabajo presenta como problemática en las industrias que se dedican a la fabricación de trimotos de pasajeros donde existen falencias en el proceso de la realización de las cubiertas de las estructuras. Estas cubiertas son del material de lona PVC y para la confección de las cubiertas se realiza en cuatro procesos, el primer proceso es la realización del molde, el segundo proceso es la realización del trazado, el tercer proceso es del corte del tapiz y por último el cuarto proceso es de costura.

Sin embargo, se ha detectado que en la etapa del diseño del molde, trazado de figura y corte, se utiliza un enfoque manual, el cual presenta diversas limitaciones que afecta negativamente la productividad y la calidad del producto. Estas limitaciones surgen debido a que en el trazado y corte es realizado manualmente y este es un proceso laborioso donde demanda de mayor tiempo en la realización de cada diseño. Estos diseños se caracterizan por su alta complejidad en los detalles que presenta, como se observa en la figura 1.3.

Figura 1.3 Cubierta de lona PVC de una mototaxi



Fuente propia

Otro problema importante es en el proceso de trazado ya que se realiza una inexacta delimitación del molde en tapiz de lona PVC y esto se debe a los errores humanos al realizar la colocación del molde, es por ello que se evidencia retazos sobrantes del material de lona PVC como se observa en la figura 1.4.

Figura 1.4 Retazos sobrantes de lona PVC



Fuente propia

Además, se debe tener en cuenta que el personal realiza el trabajo repetitivo de corte manual es por ello que está sujeto a un desgaste físico, debido a ello se ha podido comprobar que un personal calificado realiza de dos a tres cortes de tapices completos, sin embargo, las empresas presentan una demanda máxima de seis tapices que es mayor a la cantidad producida. (Arrasco, 2020).

Es por ello que surge otro problema ya que se tendrá un cliente insatisfecho por la demora de su producto, ya que la empresa presentará una incapacidad de realizar la entrega en los plazos establecidos, lo cual generará una pérdida de clientes y de futuros clientes ya que el cliente insatisfecho comunicará su insatisfacción a otras once personas (Editorial Vertice, 2008)

Cabe resaltar que un mercado competitivo el realizar el corte manual presentará desventajas en la pérdida de tiempo para en marcar el molde y en la pérdida de altas cantidades de desperdicios del material.

1.2.1 Problema general

¿En qué medida la ausencia de una máquina cortadora afecta en la productividad de corte de lona?

1.2.2 Problema específico

- ¿En qué medida la elección incorrecta de los componentes de una máquina cortadora afecta a una baja productividad de corte de lona?
- ¿En qué medida el alto costo que genera el corte de lona se ve afectado por el corte manual?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Diseñar una máquina CNC láser para que aumente la productividad en el proceso de corte de lona que se utiliza para cubrir las estructuras de mototaxis.

1.3.2 Objetivo específico

- Determinar correctamente los componentes para el diseño de una máquina CNC láser y así realice una eficiente calidad en el corte de lona.
- Disminuir el costo que representa el corte de lona con el diseño de la máquina CNC láser.

1.4 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Se tomará como referencia artículos de investigación, proyectos y tesis de grado realizados como máximo de diez años de antigüedad. Donde se tendrá en cuenta la forma estructural y metodológica para poder desarrollar la solución a la problemática planteada, donde además se considera la contribución de los siguientes antecedentes.

1.4.1 Antecedentes internacionales

- Ignacio Delgado Mendoza, Jaime Machuca Salinas (2019)“Desarrollo e implementación de un sistema CNC de corte por láser de 5,5 W de potencia”

El siguiente trabajo de grado parte de la necesidad de realizar una máquina CNC a un costo muy bajo ya que si se realiza una importación de dicha máquina sería más costosa. Esta máquina tiene como ventaja que será multipropósito porque realizará grabado, corte por láser y también cambiando el láser por un router.

Para el desarrollo, el autor evalúa los diferentes tipos de transmisión y luego realiza una matriz donde compara el costo, seguridad, mantenimiento, precisión, rigidez y el que obtiene mayor puntaje es el elegido. En base a ello obtiene que es viable el sistema de transmisión tornillo sin fin, de la misma manera elige la alternativa 1 que es el diseño de la mesa fija.

El autor realiza los cálculos de deflexión, torque, micro pasos, pasos y voltaje, para que de acuerdo con ello seleccione los componentes y realice la construcción. Para realizar el control de la máquina utiliza una tarjeta de Arduino y una tarjeta de control, cabe resaltar que seleccionó el software láser GRBL ya que es el más factible para el código G.

El autor concluye con la realización de la máquina CNC y recomendando implementar un sistema extracción y fuelles de protección.

- Nur Hidayanti Binti Ambrizal et al. (2017) "Desing and Development of CNC Robotic Machine Integrate -able with Nd- Yag Laser Device"

El siguiente artículo consiste en realizar el diseño de una máquina láser CNC Nd-Yag que sea económica en comparación a las máquinas que se importan, además tendrá como característica realizar diferentes procesos de

mecanizado en tres coordenadas X, Y, Z. La distancia máxima que podrá recorrer el láser en el eje X es de 44.5 cm y en el eje Y es de 39.5 cm y en el eje Z tendrá un movimiento de alcance de 10 a 15 cm.

Para la realización del diseño de mesa de trabajo de dimensión 40 cm largo, 50 cm de ancho y de alto 30 cm utilizan software SolidWorks y el material que eligen es el aluminio, para la parte de control utilizan software K-cam. Además, se debe tener en cuenta que la máquina CNC utiliza el lenguaje de código G.

En la selección de los componentes se realiza un análisis comparativo y elijen la mejor opción es así como selecciona el motor paso a paso y las guías de tornillo acme.

Los autores plantean tres etapas para realizar la construcción de la máquina, la primera etapa consiste en instalar todos los componentes mecánicos, la segunda etapa realiza las conexiones del sistema eléctrico y en la tercera etapa realiza el sistema de informática y control.

Una vez que terminan con toda la instalación de las tres etapas, los autores proceden a realizar las pruebas de calibración que consiste en validar que las dimensiones del dibujo coincidan con lo requerido, además también realiza la prueba de posicionamiento y prueba de precisión. Los autores concluyen que la máquina CNC con el láser Nd-Yag tiene la capacidad de realizar el proceso de grabado utilizando reflectores y espejos. Además, la utilización del software K-Cam contribuye con la interconexión de la máquina y el láser.

- Joel Felipe Esteves (2017)“Máquina CNC para corte láser de perfis metálicos: Sistema de atuação dos eixos de manipulação dos perfis”

En la siguiente tesis de maestría parte de la necesidad de realizar una máquina CNC para corte de perfiles de metales, para ello se dimensiona el eje de giro o de rotación denominado como el eje A y el eje de avance denominado como el eje X, es por ello que se realiza una comparación de los diferentes tipos de sistemas de actuación y transmisión para la elección de actuadores y controladores de cada eje independientemente.

El autor empieza realizando una comparación entre el láser CO_2 y de fibra y menciona una de las principales ventajas de la fuente láser de fibra que es no requiere de la utilización de espejos ya que este solo utiliza un cable óptico para transportar el láser. Es por ello que el autor elige la fuente láser de fibra.

En el análisis del sistema de actuadores para el eje X, el autor realiza un análisis comparativo entre los motores lineales, husillos de bolas, piñón cremallera, donde elige al piñón cremallera ya que es mucho más práctico de realizar el armado, además presenta una mayor capacidad de carga.

Para el sistema de actuadores del eje A, también realiza el mismo análisis de comparación entre el sistema de transmisión por correa, transmisión por engranajes, motores de par o torque, de los cuales el autor elige el sistema de engranajes ya que se puede realizar variaciones de pares y velocidades, además se necesita de un servomotor para su acoplación.

El autor luego de elegir cada sistema de actuación procede a realizar el ciclo de trabajo utilizando un software SIZER y de acuerdo con ello se eligen los motores eléctricos que soporten el ciclo de trabajo para los diferentes perfiles como el perfil circular, rectangular y cuadrado, es porque elige el motor 1FK7044-4CH7 para el eje A y para el eje X selecciona el 1FK7103-2AF7 de la marca SIEMENS ya que cuenta con controladores que serán compatibles con el motor elegido.

El autor concluye recomendando realizar análisis para ciclos de trabajo que presenten mayor o menor rigurosidad como por ejemplo para los perfiles en forma de L o U.

- Nina Cervilha Oliveira (2020) "Adaptacao de robo cartesiano para máquina de corte a láser"

En el siguiente trabajo consiste en realizar retro adaptación de un robot lineal o cartesiano a ser una CNC de corte láser que sea económica en su implementación, para ello se analiza la estructura del robot ya existente ya que presenta corrosión en algunas áreas de la estructura.

Para la realización de la máquina CNC, la autora comienza comparando los distintos sistemas de manipulación que es como la guía trapezoidal que tiene como característica gran capacidad de carga y reducida resistencia al movimiento similares características presenta la guía prismática, en el caso de los ejes de rodamiento lineal su capacidad carga tiene un límite, sin embargo, presentará mayor capacidad de carga cuando el rodamiento es abierto.

Los rodamientos en V y los rieles poseen poca capacidad de carga en comparación a los mencionados, el sistema de buje se basa en que el buje y eje tendrá fricción entre ellos ya que no tiene rodamiento. En el sistema de tracción también realiza una comparación analítica y elige al sistema correa y polea por ser económica, poca fricción, altas velocidades y larga vida útil.

La autora selecciona un motor paso a paso, los controladores del motor y el tablero de control. Para el sistema láser compara el láser CO_2 , el láser de fibra, el láser de cristal YAG y elige el láser de CO_2 ya que, con respecto con el costo, vida útil, calidad y mantenimiento se encuentra en un nivel intermedio; además se seleccionó el tubo láser y con las especificaciones técnicas se selecciona el sistema de refrigeración ya que el tubo láser debe estar en el rango $26^{\circ}C$ hasta $28^{\circ}C$.

Los 3 lentes seleccionados son de material molibdeno ya que presenta mayor durabilidad. La autora realiza todo el ensamblado y las conexiones para realizar las pruebas estructurales, prueba de movimientos, pruebas de escala, prueba de ejecución para validar que la máquina se encuentra en óptimas condiciones. La autora concluye con el óptimo funcionamiento de la máquina CNC láser y resalta la importancia de aplicar la ingeniería inversa.

- Jorge Antonio Mejía Méndez (2015) "Diseño y construcción de un equipo tipo CNC de corte láser para materiales poliméricos"

En la siguiente tesis parte de la necesidad de automatizar los procesos y para ello el autor realiza el diseño de una máquina CNC eficiente y

económica para que cortes materiales de espesor máximo 2 mm y se mantenga la calidad del producto.

La máquina que el autor utilizó es una máquina CNC que mediante la interacción de la electricidad y el gas CO_2 se emite un rayo que es direccionado a través de lentes convexos y lentes planos que se ubican a una inclinación de 45 grados y se colocan paralelamente. Al efectuar el corte del material que se da por un proceso térmico, el corte tendrá un ancho que varía de 0.1 mm hasta 1 mm.

El autor analiza los diferentes tipos de actuadores como por ejemplo el motor paso a paso que se clasificó de acuerdo a su tipo de funcionamiento y lo comparó con los motores C.D y C.A de las cuales eligió al motor C.D ya que coincide con los cálculos del torque máximo y para la parte de control se utilizó los motores paso a paso Nema 23.

El autor realiza el diseño en el software Inventor y al realizar la construcción de la máquina utiliza como materiales base al acero y al aluminio para la estructura de la CNC y para el sistema de transmisión utiliza el tornillo sin fin.

En la culminación de la máquina CNC se realiza pruebas de funcionamiento en su totalidad como la prueba de corte en diferentes materiales como el acrílico, madera. El autor recomienda realizar piezas de la máquina con acrílico para que sea menos pesada.

1.4.2 Antecedentes nacionales

- Alonzo Ricardo Pérez Espinoza (2015) "Diseño de una cortadora láser CNC de CO_2 para acrílicos y madera"

En la siguiente tesis parte de la necesidad de mejorar la productividad industrial realizando productos en mayor cantidad para ello realiza el diseño de una máquina CNC que cumpla con los requerimientos como la durabilidad estructural ante la corrosión, que la máquina CNC tenga un área de trabajo 1 m x 1m y realice cortes de espesores 5 mm en madera y 8 mm en acrílico, además el láser sea de CO_2 de 60 W como una máxima potencia.

El autor presenta diferentes alternativas como soluciones para la realización de la máquina CNC, entre las soluciones propuestas elige la solución 2 porque con respecto a la emisión de información una conexión por USB ya que el microcontrolador posee un puerto para ello, el microcontrolador ATmega es elegido por ser mucho más práctico con el área electrónica y en el caso de los drivers se elige el puente H por la robustez que ayuda en posicionamiento del láser.

El láser de CO_2 es elegido porque su longitud de onda es diez veces la longitud de Nd-Yag y eso le permite realizar el corte en madera y acrílico, además utiliza un refrigerador industrial ya que está diseñado para el tubo láser, con respecto a los espejos se utiliza de silicio por ser de menor costo y cumple con los requerimientos establecidos. El autor realiza los cálculos analizando el torque y esfuerzos en el diseño mecánico, de acuerdo al torque

calculado selecciona al motor paso a paso de modelo NEMA 23, además realiza el diseño de control.

El autor concluye que la máquina realizada es menos costosa comparándola con una de importación, sin embargo, existen productos como el tubo láser que al traerlo por importación se elevan los costos, es por ello que la máquina diseñada lo podrá adquirir una empresa.

- Sierra Del Águila Luis Armando (2020), "Diseño de máquina de control numérico computarizado para la transformación de varillas de metal a baja escala"

En la siguiente tesis parte de la necesidad de mejorar los procesos artesanales de la manufactura de las pequeñas y medianas empresas, es por ello que plantea como implementación a las máquinas CNC para corte láser ya que le permitirá realizar una producción de mayor volumen y a un menor costo de materiales.

El autor opta por realizar el diseño una máquina CNC para doblar una varilla de metal para ello modela la carcasa y la estructura de la máquina y utilizará planchas de aluminio y acero para evitar una corrosión a corto plazo y para evitar la vibración utilizará piezas de plástico, además seleccionará los componentes es en base a normativas y cálculos.

El autor construye la maqueta y en el carácter mecánico utiliza rodamientos y un extrusor, en el carácter electromecánico el motor paso a paso 17 y 23 que lo utiliza como actuador para el extrusor y para el giro de

doblez respectivamente, además utiliza un actuador de solenoide para el pin de doblez como también utiliza un relay que sirve como controlador del solenoide.

En el carácter eléctrico utiliza una fuente de poder y un botón de encendido, en el carácter electrónico un módulo de Arduino UNO ya que controla todo el proceso y módulo de CNC que sirve como adaptador de drivers de los motores.

El autor concluye resaltando la importancia de la tecnología y la manufactura digital, además recomienda utilizar la tecnología que consiste en realizar una conexión mediante wifi.

1.4.3 Antecedentes locales

- Jesús Peralta Toribio (2006)“Proyecto para la fabricación de matrices de superficies complejas aplicando CNC en la industria plástica”

El autor parte del objetivo de elaborar matrices con el diseño asistido por computadora (CAD) y la fabricación asistida por computadora (CAM) para disminuir los tiempos empleados en la fabricación e incrementa la flexibilidad. El autor analiza las bases teóricas de las matrices de inyección y su clasificación teniendo en cuenta a los planos que la conforman como son los moldes de dos placas, molde de dos placas con el sistema extractivo, molde de tres placas, moldes con partes móviles y molde con cámara caliente, además analiza las partes fundamentales de las matrices de inyección y los

materiales que se utilizan para la fabricación de matrices como el acero, materiales de colada y materiales cerámicos.

El autor se enfoca en la implementación del control numérico computarizado para el área de manufactura para los centros de mecanizado para ello se define el sistema de coordenadas para la máquina, el punto de referencia y coordenadas para el sistema de trabajo. Para definir el sistema de coordenadas de trabajo utiliza diferentes funciones entre ellas se tiene para corte, rotación, ejecución del programa.

En el desarrollo del proyecto de fabricación se realiza el diseño del producto de acuerdo a lo coordinado con el cliente y posteriormente realiza el diseño y simulaciones de la matriz en el software CAD y se detalla en los planos los componentes a utilizar en la matriz.

En la fabricación se realiza mediante el trabajo de mecanizado utilizando el software CAM ya que se encarga de convertir el dibujo a código G y para la fabricación de sistema de refrigeración se utiliza las máquinas convencionales. En el ensamble para la matriz se realizará los ajustes de las piezas y en el acabado superficial se realiza el pulido del producto por consiguiente realizar el tratamiento térmico para darle mayor resistencia ante la corrosión.

El autor concluye que la utilización del software CAM es fundamental para la realización de matrices complejas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 MARCO TEÓRICO

En el capítulo presente, se desarrollan los conceptos teóricos para la realización del diseño de una máquina CNC para el corte de lona PVC, proporcionando mayor énfasis en cada componente de la máquina.

2.1.1 Lona PVC

Existen variedad de lonas con diferente calidad y características, entre ellas se tiene el material doble faz que en un rollo viene 50 m y tiene un ancho de 1.50 m, un espesor 0.50 mm y tiene una masa 630 g/m^2 . Con respecto al material concord presenta un ancho de 1.45 m y de largo viene un rollo de 40 m, en el espesor tiene 0.55 mm, además tiene una masa 620 g/m^2 . Con respecto al material caribe el rollo tiene 50m tiene un ancho 1.40m, un espesor de 0.40 mm y una masa de 506 g/m^2 . El ancho de la lona PVC varía de acuerdo con lo solicitado al proveedor que es en un rango de 1m-5.1m (Multitop, 2020)

El material de lona al estar hecho PVC lo hace más resistente y no se rompe fácilmente y para la unión se realiza mediante estampado, costura o sellado, cabe resaltar que la lona PVC está conformada por tres capas tanto en la capa superior e inferior es de PVC y al medio va una tela de poliéster. La lona PVC es utilizada ya que posee protección UV, antimicótico, impermeable y es 100% PVC. (AISLA.PE, 2019)

Figura 2.1 Lona PVC



Fuente propia

2.1.2 Tecnología láser

- L.Bachs, J,Cuesta, N,Carles (1988) "Aplicaciones industriales del láser"

La palabra LÁSER proviene de las iniciales de "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" que en español significa amplificación de luz por emisión estimulada de radiación y esto se da debido a que al átomo se le emite energía y esto genera que el átomo se excite para que luego al volver a su estado estacionario emita luz coherente se dice así cuando la onda presenta una misma fase, frecuencia y todas se dirigen en una misma dirección. El láser está compuesto por tres partes que es el medio activo, la fuente externa de bombeo y el resonador.

La variedad de tipos láser se caracteriza por el estado en el que se encuentra, el medio activo es en estado sólido, líquido, gaseoso y plasmático.

En el estado sólido se tiene al rubí, neodimio YAG, titanio zafiro, fibra. En el estado líquido se tiene a los colorantes. En el estado gaseoso se tiene al helio neón, ion de argón, CO_2 . También su clasificación se orienta con respecto a la duración al emitir el láser que es en onda continua u onda pulsada.

En la utilización del tipo de fuente externa de bombeo depende del medio activo a utilizar ya que existe el bombeo óptico y bombeo eléctrico. El bombeo óptico se utiliza para el láser con medio activo sólido y líquido en cambio el bombeo eléctrico se utiliza para el láser con medio activo de un gas. El resonador del láser está conformado por el tubo láser y dos espejos que usualmente es un espejo que refracta totalmente y el otro parcialmente.

Existen una gran variedad de tipo de láser, pero la utilización de cada uno de ellos tiene diferentes aplicaciones como en la medicina, soldadura, corte de metales; sin embargo, los más usados industrialmente es el láser de CO_2 y Nd^{+3} .

- Alberto Cuesta (2010) "Tecnología láser y sus aplicaciones industriales"

Los láseres con más aplicación en la industria es el de neodimio Nd Yag el medio activo es una barra sólida que como fuente externa de bombeo óptico que se realiza utilizando lámparas de argón o de xenón, pero el más eficaz es el láser de diodos. Este tipo de láser es transportado por fibra óptico, también presenta un rendimiento eléctrico del 10% y una potencia de 10 kW.

El láser de CO_2 es un láser que utiliza como medio activo a un gas que en este caso la mezcla gaseosa de CO_2 , nitrógeno y helio se encuentra dentro de un tubo hermético. El láser de CO_2 es utilizado ya que presenta un rendimiento eléctrico del 20% y su elevada potencia máxima es de 10 kW.

Los láseres líquidos donde se usa colorante no son utilizados industrialmente porque su potencia es muy baja, cabe resaltar que utilizan el bombeo óptico o para algunos casos se utiliza el bombeo químico. Los láseres semiconductores son utilizados como puntero láser y está compuesto por diodos que de acuerdo a la cantidad utiliza tendrá como potencia máxima de 12 kW.

En la utilización del láser se realiza con los equipos de protección personal, en caso de no realizarse puede causar quemaduras en los tejidos que se encuentren en la trayectoria del láser, además la afectación también es visual ya que los ojos tienen lente y realiza la retractación del rayo láser causando daños internos del ojo, en el caso del láser Nd-Yag causa daños más profundos y el láser de CO_2 causa menor daño, además cabe resaltar la importancia de prevenir daños por descargas eléctricas utilizando guantes.

2.1.3 Diseño estructural

La realización del diseño estructural de la máquina CNC necesitará definir el tipo de medio activo que utilizará la máquina para que de acuerdo con ello se definan los componentes. Existen tres tipos de máquina CNC para el corte de materiales, estas son la máquina CNC láser de CO_2 , la máquina CNC de fibra y la máquina CNC láser de Nd-Yag.

El láser CO_2 son utilizados para soldar o cortar materiales, este láser tiene como medio activo a una mezcla gaseosa de CO_2 , N_2 , He , además presenta una salida estandarizada de longitud de onda de $10.6 \mu m$ y la potencia de salida varia de 1W a 10 kW. El sistema de refrigeración por agua es importante para los láseres de CO_2 ya que reducirá el calor de descarga y la población térmica, además se coloca sensores térmicos para que cuando alcance una temperatura máxima de $40^\circ C$ se apague. (Juarez Solorio Moises, 2013).

Figura 2.2 Máquina láser CO_2



Fuente: Liqui Láser System (2023) "Máquina de corte por láser de gran formato"

El láser Nd-Yag es utilizado para cortar metales rígidos y al realizar el corte emite HCl en menores cantidades en comparación a la máquina CO_2 . El láser Nd-Yag presenta como medio activo al granate, aluminio e itrio, el neodimio se utiliza como dopaje.

El bombeo externo es óptico y es con una lámpara que contiene xenón, además el Nd-Yag emite una longitud de onda de 1.064 nm es por ello que al ser la onda de menor longitud presenta altas intensidades. (G.Thawari, 2005)

Figura 2.3 Máquina láser Nd-Yag



Fuente: Wuhan Hasary Equipmet (2015) "Spring Steel YAG Laser Cutting Machine"

El láser de CNC de fibra su origen es del tipo de láser en estado sólido y se dice láser de fibra ya que al transportar el haz de luz lo realiza mediante una fibra óptica que se da por el sistema de conducción. El láser de fibra utiliza como sistema de bombeo al diodo y presenta como principal ventaja que no utiliza espejos por ende utiliza menos componentes mecánicos, entre otras ventajas se tiene que realiza cortes a una mayor velocidad, emite menos dióxido de carbono, presenta mayor tiempo de vida útil, corta a un menor grosor comparándola con la máquina CNC láser de CO_2 y es eficiente para realizar cortes de metales. (Guillermo Ruiz Olalde, 2015)

Figura 2.4 Máquina láser de fibra



Fuente: Grupo Zhongpin (2022) "Máquina de corte por láser de fibra con plataforma de intercambio ZPG-3015"

2.1.4 Tarjeta de control

La tarjeta de control tiene la capacidad de ejecutar los comandos de programación y lo realiza a través de señales de control. En las máquinas CNC se tiene las tarjetas de control para los motores que son también llamados drivers y el control que realiza se basa en realizar ajustes a la corriente y en direccionar el motor.

Las máquinas CNC también tienen una tarjeta de control para el sistema de enfriamiento, esto consiste en activar el funcionamiento del ventilador y del compresor cuando la máquina haya llegado a la temperatura umbral de funcionamiento que se define de acuerdo a los componentes que se utiliza en la máquina CNC. La máquina CNC tiene una tarjeta de control que se basa ejecutar los movimientos a los ejes, envía comandos hacia los motores, realiza controles de encendido y apagado de la máquina, además se selecciona la potencia de trabajo del láser. (Piña, 2015)

En la elección de la tarjeta de control se evalúa la cantidad de motores y la cantidad de ejes a utilizar, además debe ser compatible con los drivers, también es importante el interfaz de desarrollo para que sea factible la interacción del operador con la máquina.

Las máquinas CNC láser para corte presentan una variedad de tipos y modelos de tarjetas de control que está de acuerdo con los parámetros de funcionamiento de la máquina. Las tarjetas de control CNC necesitan de un software de control que sea compatible con el ordenador y la tarjeta de control, esto es debido a que realizará el uso de la máquina automáticamente. (Paola Leon, 2016).

2.1.5 Motor para el movimiento en coordenadas

Los motores utilizados para accionar el movimiento en las coordenadas X, Y, Z de una máquina CNC, son los motores eléctricos. Los motores eléctricos son útiles para transformar la energía eléctrica en energía mecánica, estos motores trabajan en corriente continua o alterna. Existen diferentes tipos de motores eléctricos para las máquinas CNC láser, entre ellos se tiene a los motores paso a paso, servomotores, motores lineales. (ENERGÉTICA, 2018).

Los motores paso a paso son dispositivos electromecánicos que funcionan con corriente continua y no utilizan escobillas, estos motores son utilizados en las máquinas CNC ya que es factible la regulación de la velocidad, esto realiza mediante un controlador. Los pasos del motor varia en el rango de 1.8° a 90° , además son precisos y económicos. (López, 2011).

Al elegir a los motores paso a paso, se observará que presentan una abreviatura NEMA y un número al costado que significa el tamaño de la carcasa que tendrá el motor de acuerdo a una estandarización. (Control, 2018)

El servomotor es un actuador que trabaja con corriente continua o alterna y es usado ya que es factible regular la aceleración, velocidad, posición y dirección. Los servomotores son más precisos en comparación a los motores paso a paso; sin embargo, presentan problemas por estancamiento y esto se da por la vibración al funcionar. (Luz Bibiana Castaño Loaiza, 2015)

El motor lineal en comparación con el motor paso a paso y con el servomotor este solo se desplaza de manera longitudinal y no rotativa, además no necesita de un sistema de transmisión ya que lo realiza directamente; sin embargo, tiene como característica realizar movimientos veloces. (Céspedes, 1998)

En la selección de un motor se necesita evaluar el torque máximo, la velocidad máxima, la corriente y la tensión con la que trabajará el motor, además es de importancia evaluar la resolución del motor; cabe resaltar que el motor elegido tiene que ser compatible con el controlador. (Rameshkumar, 2016)

Los motores paso a paso, servomotores y los motores lineales necesitan de una fuente de alimentación ya que suministra corriente continua, esta fuente de alimentación se elige de acuerdo con las características del

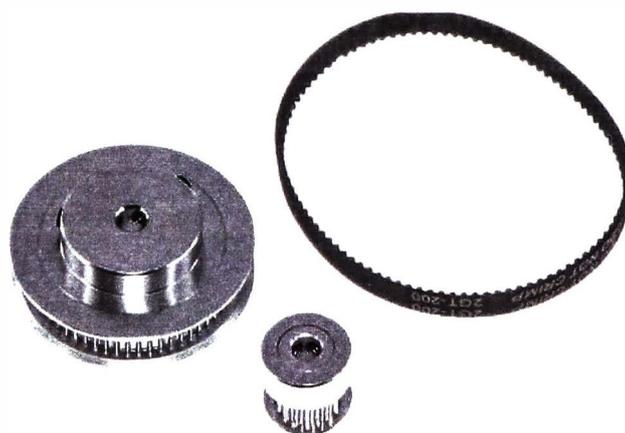
motor, donde se tiene en cuenta la tensión y la corriente de alimentación. (Renato Francisco Tumbaco Toala, 2018).

2.1.6 Sistema de transmisión

El sistema de transmisión de una máquina CNC está constituido por componentes mecánicos que se enfocan en transmitir movimiento. Existen diferentes tipos de máquinas CNC, entre ellos se tiene a las correas y poleas, husillos de bolas, cremallera y piñón, tornillo sin fin y engranajes. (Remache, 2018)

El sistema de transmisión por correa y polea tiene como característica que es económico, mínimo contragolpe, mínima fricción, alta eficiencia; sin embargo, con el uso se necesita realizar ajustes en la correa para que el sistema funcione óptimamente, es por ello que se regula con un tensor. (Juan Carlos Castillo Briceño, 2018)

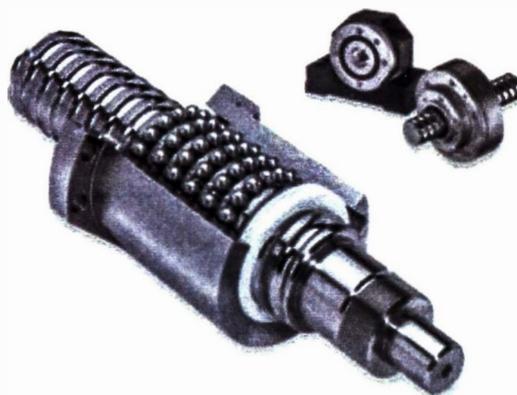
Figura 2.5 Sistema de transmisión de correa y polea



Fuente: Saisac mecatrónica (2020) "Faja GT2 nylon/caucho 6mmx22cm"

El sistema de transmisión por husillos de bolas consiste en transmitir los movimientos de rotación en traslación es así como se utiliza el servomotor. Los husillos de bolas tienen como características ser precisos y poseer gran capacidad de carga sin embargo presenta contra golpe y son costosos. (Daniel Arévalo, 2014)

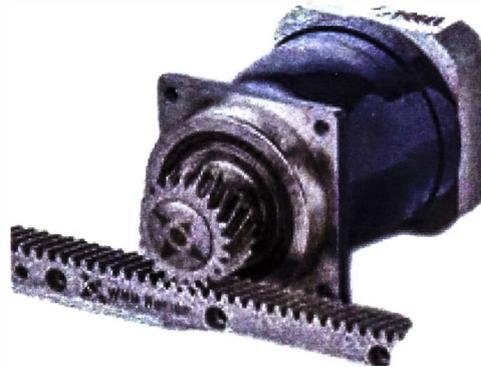
Figura 2.6 Sistema de transmisión de husillos de bolas



Fuente: Tecnopower (2023) "Husillos de bolas"

El sistema de transmisión por cremallera y piñón tiene como característica que presenta una mayor estabilidad, pocas vibraciones y fácil ensamblaje, cabe resaltar que presenta una gran capacidad de carga por ende necesita de un motor de alto torque; sin embargo, son muy rígidos (Acedo, 2021)

Figura 2.7 Sistema de transmisión de piñón y cremallera



Fuente: De máquinas y herramientas (2014) "Sistema piñón y cremallera"

El sistema de transmisión por tornillo sin fin tiene como característica que ejerce movimiento a cargas altas sin embargo debido a la fricción emiten calor. Una de sus principales características es de que se instala en espacios reducidos (Gilson Fernando Moreno Muso, 2022)

Figura 2.8 Sistema de transmisión de tornillo sin fin



Fuente: Lozury tech (2015) "Tornillo sin fin"

El sistema de transmisión de engranajes tiene como característica que al variar el diámetro del piñón se varía la velocidad y el torque, además el

sistema es más compacto ya que ocupa menos espacio y requiere de mantenimiento (Bernal, 2017)

Figura 2.9 Sistema de transmisión de engranajes



Fuente: Compañía levantina de reductores (2023) "Mecanizado de engranajes de CRL"

2.1.7 Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración está conformado principalmente por una bomba, ventilador, condensador, compresor, evaporador. El sistema de refrigeración consiste en realizar el enfriamiento del tubo láser, para ello se realiza control del parámetro de temperatura que es de acuerdo con las indicaciones de la ficha técnica que lo proporciona el fabricante. La elección correcta de los componentes del sistema de refrigeración evitará el sobrecalentamiento del tubo láser y garantizará más tiempo de vida útil. (Silvia Elizabeth Cuenca Ramos, 2018)

El sistema de refrigeración realiza un ciclo de refrigeración que consiste en cuatro procesos, que es el proceso de compresión, condensación, expansión y evaporación. El proceso de compresión se realiza utilizando un compresor que comprime al refrigerante haciéndolo circular por todo el sistema de refrigeración. El proceso de condensación se da con un

condensador que origina que cambie de estado gaseoso a estado líquido. En el proceso de expansión se realiza utilizando un tubo capilar. En el proceso de evaporación se realiza utilizando un evaporador para enfriar el gas. El sistema de refrigeración para las máquinas CNC se utiliza un chiller que está conformado por los cuatro ciclos mencionados, (Cabrera Soria Andres Alejandro, 2019)

La bomba es utilizada para ejercer presión en el agua y de esa manera el agua circule por el sistema del tubo láser, además para la selección de la bomba se considera el caudal y la altura. El ventilador se utiliza en el proceso de condensación ya que realiza la disipación de calor del condensador. (Fabricio, 2022)

2.1.8 Extractor de humo

El extractor de humo es utilizado para succionar los gases y partículas que se emite al realizar el corte láser, esta emisión de gases es transportado hacia el exterior de la fábrica y de esa manera se evitará la acumulación de gases tóxicos y partículas en área de trabajo. (Luna, 2022)

El extractor de campana fija está diseñado para extraer el humo localizado donde se necesita una campana, tobera, filtros, sistema de ductos de descarga, extractor centrifugo. En la elección del extractor de humo se necesita calcular el volumen del área de trabajo para calcular el caudal de aire (Arias, 2022)

Figura 2.10 Extractor de humo



Fuente: Rent-table (2023) "Ventilador – Extractor de humos industrial "

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 CNC

El control numérico computarizado, comúnmente conocido como CNC, es un sistema de automatización de maquinarias que utiliza una computadora y un software para controlar y operar la máquina. En este sistema permite el control de la posición y la velocidad de la herramienta corte, permitiendo una mayor precisión y velocidad de la herramienta de corte, permitiendo una mayor precisión y velocidad en el proceso de mecanizado.

2.2.2 Láser

Es un dispositivo óptico que debido a una ionización de los átomos va a generar un haz de luz que se encontrará a una sola frecuencia cabe resaltar

que dicho haz de luz es como un rayo de un solo color es decir tiene una longitud de onda y además es direccional y concentrado en un pequeño punto, lo que lo hace muy útil en aplicaciones del corte de material.

2.2.3 Lona

Es una tela resistente compuesta por sintéticos, algodón u otros materiales, que es utilizada para cubrir la estructura de la mototaxi. Existen variedad de modelos y calidades de lonas que se caracterizan por ser lisa, flexible, resistente a la tensión mecánica, resistente a las condiciones climáticas, resistente a la abrasión y sobre todo que presenta mayor durabilidad.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.1 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

3.1.1 Hipótesis general

El diseño de una máquina CNC láser aumentará significativamente la productividad en el corte de lona que cubren las estructuras de mototaxis.

3.1.2 Hipótesis específico

- La determinación correcta de los componentes del diseño de la máquina CNC láser influirán en la eficiencia de la calidad del corte lona.
- La disminución del costo que representa el corte de lona se conseguirá con el diseño de la máquina CNC láser.

3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.2.1 Variable independiente general

- El diseño de una máquina CNC láser.

3.2.2 Variable dependiente general

- La productividad en el corte de lona que cubren las estructuras de mototaxis.

3.2.3 Variable independiente específico

- La determinación correcta de los componentes del diseño de la máquina CNC láser.
- El diseño de la máquina CNC láser.

3.2.4 Variable dependiente específico

- La eficiencia de la calidad de corte de lona.
- La disminución del costo que representa el corte de lona.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1 Enfoque

En este trabajo se realizó una investigación cuantitativa y esto se tiene a través de un análisis de las siete características epistemológicas, donde como resultado se obtiene que cinco de ellas son de naturaleza cuantitativa y dos de ellas son de naturaleza cualitativa. Las siete características epistemológicas se tienen que en la característica de la percepción de la realidad es objetiva por ende es de naturaleza cuantitativa ya que los resultados de la investigación se obtienen mediante cálculos demostrados.

En la característica del razonamiento la investigación es deductiva por ende es cuantitativa ya que se contrastará las hipótesis planteadas. En la característica de finalidad la investigación es de comprobación por ende es cuantitativa ya que verificará las hipótesis. En la característica orientada, la investigación al resultado ya en la investigación busca realizar la máquina CNC para el corte la lona PVC para mejorar la productividad.

En la característica de principio de la verdad, la investigación es estable y cuantitativa ya que los resultados son consistentes. En la característica de la perspectiva del investigador, la investigación se estudia desde a dentro de la unidad de análisis por ende es de naturaleza cualitativa.

En la característica de causalidad, en la investigación se estudia la interacción de los factores por ende es de naturaleza cualitativa.

De acuerdo al análisis se tiene que la naturaleza cualitativa se utiliza para comprender las necesidades y preferencias de los usuarios, en la máquina PVC se puede realizar una encuesta a los trabajadores que cortan lona PVC a mano para comprender sobre los desafíos y limitaciones de su trabajo actual.

Por otro lado, la investigación cuantitativa se utiliza para medir y evaluar el rendimiento de máquina CNC láser y compararlo con los métodos de corte manual.

En la investigación de tesis al prevalecer la mayor cantidad de características epistemológicas de naturaleza cuantitativa, se concluye que la investigación tiene un enfoque cuantitativo.

4.1.2 Alcance

En el presente trabajo predomina un alcance de tipo descriptivo, ya que se llevarán a cabo los estudios necesarios para realizar el diseño de una máquina CNC, donde se describirán las características técnicas de cada componente seleccionado que se utilizará para el diseño de la máquina. La presente investigación también presenta un alcance explicativo, ya que se tiene información teórica que se utilizará como sustento para realizar los cálculos.

4.1.3 Diseño de investigación

En este trabajo de tesis se tiene que el diseño de investigación corresponde a ser experimental, porque la investigación se enfoca en realizar el diseño de una máquina CNC láser que resulte más económica y contribuya con el aumento de la productividad en el corte de lona PVC, esto se realizará mediante cálculos y el modelado 3D, además se complementa con la realización de la máquina y las pruebas experimentales.

4.2 UNIDAD DE ANÁLISIS

En la presente tesis se tiene como unidad de análisis a empresa Profesionales Coseca S.A.C que se dedica a la fabricación de vehículos automotores, venta de vehículos automotores y venta de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores, que se encuentra ubicado en el distrito de puente piedra, provincia Lima, a la distancia del km 26.5 de la panamericana norte. La empresa Profesionales Coseca S.A.C inició sus actividades el 1 de abril del 2005, comenzó con la venta de repuestos para luego dedicarse a la fabricación de vehículos menores de la categoría L5 que es la fabricación de trimoto de pasajeros también llamadas mototaxis.

En el proceso de la fabricación de las mototaxis consiste en el doblado, corte, soldadura, pintado de la estructura de la mototaxi, posteriormente se realiza el ensamblado y el tapizado de la mototaxi, por último se concluye cubriendo la estructura de la mototaxi con tapiz de lona PVC. En el proceso de corte de la lona PVC, la empresa lo realiza manualmente que es como se observa en la figura 4.1.

Figura 4.1 Área de corte de lona PVC



Fuente: Profesionales Coseca S.A.C (2023) "Área de corte de lona PVC"

La empresa Profesionales Coseca S.A.C aumentó la producción de vehículos debido al aumento de ventas, como se observa en la figura 4.2

Figura 4.2 Cantidad de mototaxis solicitadas diariamente

Cantidad de pedidos solicitados de cubierta para mototaxi



Fuente: Profesionales Coseca SAC (2023) "Cantidad de mototaxis solicitadas diariamente"

El aumento de las mototaxis requiere de el aumento en la productividad de corte de lona PVC es por ello que se realizará el diseño de una máquina CNC láser.

4.3 MATRIZ DE CONSISTENCIA

“DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO (CNC) LÁSER PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL CORTE DE LONA QUE CUBRE LAS ESTRUCTURAS DE LAS MOTOTAXIS”

Tabla 4.1 Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Dependiente General	Variable Independiente General	Indicador	Técnicas de instrumentos derecolección de Datos
¿En qué medida la ausencia de una máquina cortadora afecta en la productividad de corte de lona?	Diseñar una máquina CNC láser para que aumenta la productividad en el proceso de corte de lona que se utiliza para cubrir las estructuras de mototaxis.	El diseño de una máquina CNC láser aumentará significativamente la productividad en el corte de lona que cubren las estructuras de mototaxis.	La productividad de corte de lona que cubren las estructuras de mototaxis.	El diseño de una máquina CNC láser.	- El tiempo de trabajo del corte (s)	- Simulación del software
Problema Especifico	Objetivo Especifico	Hipótesis Especifico	Variable Dependiente Especifico	Variable Independiente Especifico	Indicador	Técnicas de instrumentos derecolección de Datos
¿En qué medida la elección incorrecta de los componentes de una máquina cortadora afecta a la productividad de corte de lona?	Determinar correctamente los componentes para el diseño de una máquina CNC láser y así realice una eficiente calidad en el corte de lona.	La determinación correcta de los componentes del diseño de la máquina CNC láser influirán en la eficiencia de la calidad del corte lona.	La eficiencia de la calidad de corte de lona.	La determinación correcta de los componentes del diseño de la máquina CNC láser	- La calidad del corte variando la potencia % y la velocidad mm/s	- Prueba de simulación en el corte.
¿En qué medida el alto costo que genera el corte de lona se ve afectado por el corte manual?	Disminuir el costo que representa el corte de lona con el diseño de la máquina CNC láser.	La disminución del costo que representa el corte de lona se conseguirá con el diseño de la máquina CNC láser.	La disminución del costo que representa el corte de lona.	El diseño de la máquina CNC láser.	- Costo de producción (s/)	- Análisis de costo y beneficio.

CAPÍTULO V

DESARROLLO DE LA TESIS

En el siguiente capítulo se realizará la selección de los componentes a utilizar en la máquina CNC, cada componente es validado mediante cálculos y fichas técnicas proporcionada por el fabricante.

5.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE LÁSER

Se realiza una matriz para la selección del tipo láser donde se pone puntajes del 1 al 10, donde uno es el mínimo y diez es el máximo. En la matriz se compara al láser Nd-Yag, láser de CO_2 y láser de fibra.

Tabla 5.1 Matriz de selección del tipo de láser

	Matriz de selección del láser a utilizar		
	Láser Nd-YAG	Láser de CO_2	Láser de fibra
Menos costo de la máquina	3	8	3
Más vida útil	6	5	9
Más calidad de corte de lona	5	9	7
Total	14	22	19

En tabla 5.1 se elige al láser de CO_2 ya que tiene mayor cantidad de puntaje. Se tiene en cuenta que el láser de CO_2 es más económica y se utiliza para el corte de lona, en cambio el láser de Nd-Yag y el de fibra es utilizado para el corte de metales, esto es debido que la longitud de onda del láser de CO_2 es de 10.06 μm y la longitud de onda del láser Nd-Yag y fibra es de 1.064

um. El punto focal es directamente proporcional a la longitud de onda es porque el láser de Nd-Yag y fibra quemar al material de lona.

5.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Se realiza una matriz para la selección del sistema de transmisión donde se pone puntajes del 1 al 10, donde uno es el mínimo y diez es el máximo. En la matriz se compara a cinco sistemas de transmisión, entre ellos se tiene a la correa y polea, husillos de bola, cremallera y piñón, tornillo sin fin y engranajes.

Tabla 5.2 Matriz de selección del sistema de transmisión

	Matriz de selección para el sistema de transmisión				
	Correa y Polea	Husillos de bola	Cremallera y piñón	Tornillo sin fin	Engranajes
Bajo costo	10	4	6	5	5
Alta eficiencia	4	8	6	5	7
Mínimo contragolpe	9	4	5	7	6
Mínima fricción	4	8	6	6	5
Total	24	23	23	23	23

En tabla 5.2 se elige al sistema de transmisión con correa y polea ya que tiene mayor cantidad de puntaje. Se tiene en cuenta que el sistema transmisión de correa y polea es más económica, además el contragolpe es mínimo y esto beneficia en la seguridad del operario; sin embargo, las otras alternativas son beneficiosas como el husillo de bolas, pero se necesita una mayor inversión.

5.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE MOTOR ELÉCTRICO

Se realiza una matriz para la selección del tipo de motor eléctrico donde se pone puntajes del 1 al 10, donde uno es el mínimo y diez es el máximo. En la matriz se compara a tres tipos, entre ellos se tiene al motor paso a paso, servomotor, motor lineal.

Tabla 5.3 Matriz de selección del tipo sistema del motor eléctrico

	Matriz de selección para el motor eléctrico		
	Motor paso a paso	Servomotor	Motor lineal
Menos costo	10	8	6
Más factible de controlar	9	7	5
Más preciso	5	7	9
Total	24	22	20

En tabla 5.3 se elige al motor paso a paso ya que tiene mayor cantidad de puntaje. Se tiene en cuenta que el motor paso a paso es más económico y es el más utilizado en máquinas CNC ya que es más factible realizar su control del actuador.

5.4 CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE GUIADO

En la selección del sistema de guiado se selecciona el riel o guía y el carril de la guía lineal, en este caso se opta por la guía lineal ya que presenta menor fricción y como ventaja se obtiene que a bajas potencias se consigue velocidades altas, además se tiene que es factible la instalación y la lubricación. Otra ventaja importante es que posee una prolongada vida útil.

Al seleccionar la guía lineal se nos presenta distintos tipos de guías lineales; sin embargo, la serie HG es la que se encuentra diseñada idóneamente para que se use en máquinas CNC ya que se requiere de una alta precisión.

En la selección del sistema de guiado primero se necesita tener en cuenta el largo del riel que se solicitará al fabricante, para ello es necesario determinar la dimensión del recorrido láser que es el máximo tamaño de corte lona que se requiere realizar en la máquina CNC, se tiene que el recorrido láser máximo es de 164 x 115 cm. Como ya se tiene el recorrido del láser ahora se determina el tamaño de la mesa de trabajo y para ello se le añade 4 cm de tolerancia al recorrido láser es por ello que se obtiene 168 x 119 cm.

El tamaño del riel se determina agregándole el 5% al tamaño de la mesa de trabajo, ya que los demás componentes como el cabezal láser ocupan espacio en el riel. En la tabla 5.4 se observa los valores de largo y ancho del recorrido láser, mesa de trabajo y riel.

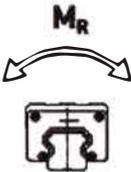
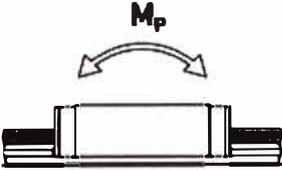
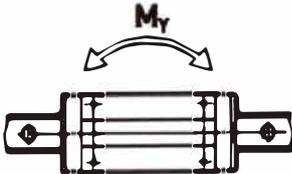
Tabla 5.4 Dimensiones de la medida del riel en el eje X y eje Y

	Medida de ancho cm	Medida del largo cm
	Eje Y	Eje X
Recorrido del láser	115	164
Mesa de trabajo	119	168
Riel	124	176

En el diseño de la máquina CNC se utiliza dos rieles en el eje X y es de la medida de 176 cm cada uno y en el eje Y se utiliza de 124 cm.

Al seleccionar el sistema del guiado se necesita calcular tres momentos que es el momento de rodamiento, momento en el eje vertical y momento de ajuste de paso.

Tabla 5.5 Momento estático permisible

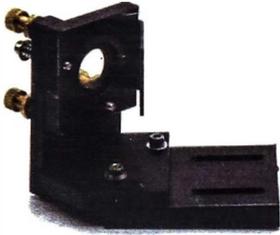
Momento estático permisible	
	M_R : Momento en la dirección del rodamiento
	M_p : Momento en la dirección del ajuste de paso
	M_y : Momento en el eje vertical

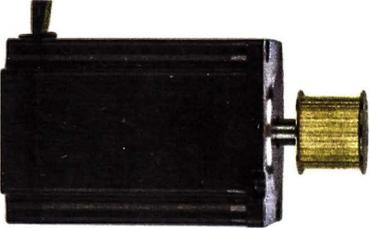
Nota: Las imágenes han sido tomadas del catálogo de Hiwin (2022) "Linear Guideway"

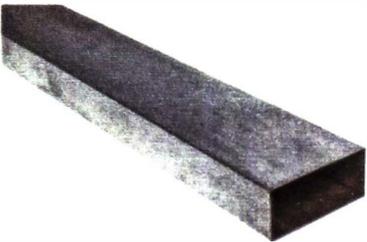
Para calcular el momento se necesita saber que el momento se calcula como la fuerza por la distancia es por ello que es necesario determinar el valor de la fuerza y a qué distancia se encuentra las fuerzas aplicadas con respecto

al momento. Para determinar el peso se necesita calcular la masa por la gravedad, es por ello que obtiene las masas de las fichas técnicas proporcionadas por el fabricante que posteriormente es validado como se observa en el anexo 1.

Tabla 5.6 Masas de los componentes para el cálculo los pesos

Masas estimadas de los componentes para calcular los pesos		
Imagen referencial	Componente	Masa Kg
	Soporte de espejo	0.26
	Polea reductora con base	0.239
	Polea reductora con base en proporción de 1 a 3	0.3947

	Motor paso a paso	1.1
	Base de motor	0.1543
	Cabezal láser	0.47
	Correa de distribución	0.12

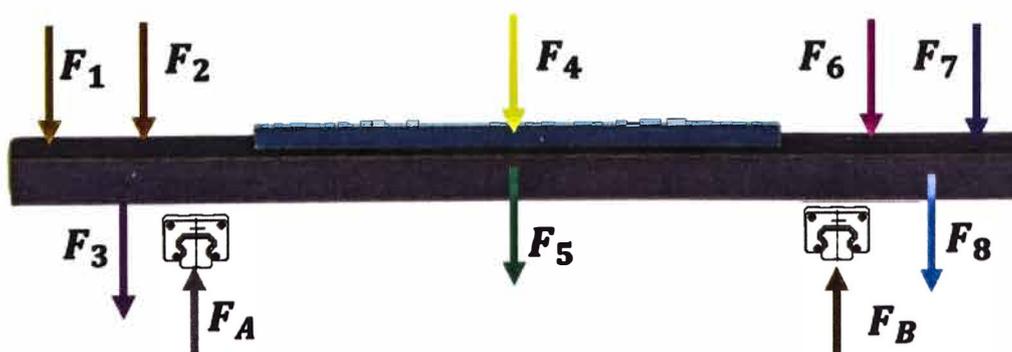
	Tubo rectangular de aluminio	1.15
	Guía lineal en el eje Y	1.8
	Guía lineal en el eje X	2.55

Para realizar el cálculo de los momentos se realiza el diagrama de fuerzas de acuerdo al análisis de cada componente.

- Cálculo del momento estático en la dirección del rodamiento

Primero se realiza el diagrama de cuerpo libre, para determinar la ubicación de los pesos y reacciones.

Figura 5.1 Diagrama de fuerzas de la vista frontal del carril



Fuente propia

Donde las fuerzas son las siguientes:

- F_1 : Soporte de espejo
- F_2 : Polea reductora con base
- F_3 : Peso de la sección del aluminio al lado izquierdo
- F_A : Fuerza de reacción del carril A
- F_4 : Peso del riel en el eje Y
- F_5 : Peso de la sección central del aluminio
- F_B : Fuerza de reacción del carril B
- F_6 : Polea reductora con base de 1 a 3
- F_7 : Peso del motor y base
- F_8 : Peso de la sección del aluminio al lado derecho

El análisis para hallar el cálculo del momento en la dirección del rodamiento, primero se realiza un corte en el carril A y luego el segundo análisis es realizando un corte en el carril B.

Se tiene lo siguiente:

$$M_R = \text{Max} \{M_A, M_B\} \times f_s \dots (5.1)$$

Donde:

M_R : Momento en la dirección del rodamiento

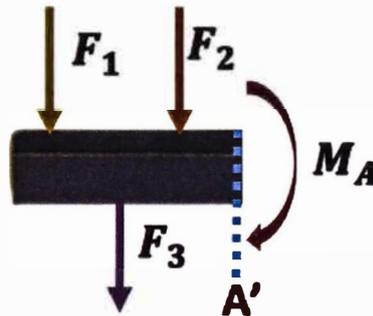
M_A : Momento en la dirección del rodamiento en el carril A

M_B : Momento en la dirección del rodamiento en el carril B

f_s : Factor de seguridad estático

Primero se realiza el análisis en el carril A para ello se aplica que la suma de momentos en el punto de corte es igual a cero, de esa manera se aplica la segunda condición de equilibrio.

Figura 5.2 Diagrama de fuerzas realizando un corte en la sección del carril A



Fuente propia

$$\sum M_{A'} = 0$$

$$M_A - F_2(d_2) - F_1(d_1) - F_3(d_3) = 0 \quad \dots(5.2)$$

Donde:

- d_1 : Distancia del punto A' a F_1
- d_2 : Distancia del punto A' a F_2
- d_3 : Distancia del punto A' a F_3

Datos:

Tabla 5.7 Datos de fuerzas y distancia respecto al diagrama del carril A

Fuerzas Kgf		Distancia cm	
F_1	0.2666 Kgf	d_1	13.4 cm
F_2	0.2392 Kgf	d_2	5.6 cm
F_3	0.1094 Kgf	d_3	8.4 cm

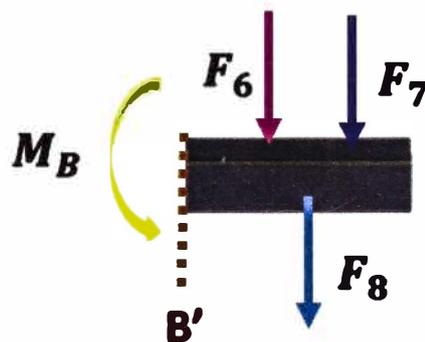
Reemplazando los datos en la ecuación 5.2 y considerando la gravedad es $9,81 \text{ m/s}^2$ se tiene lo siguiente:

$$M_A - (0.2392)(9.81)(5.6) - (0.2666)(9.81)(13.4) - (0.1094)(9.81)(8.4) = 0$$

$$M_A = 57.2 \text{ Ncm} \quad \vee \quad M_A = 0.572 \text{ Nm}$$

Ahora se analiza la sección derecha del carril B y de la misma manera se le aplicará que la suma de momentos es igual a cero.

Figura 5.3 Diagrama de fuerzas realizando un corte en la sección del carril B



Fuente propia

$$\sum M_{B'} = 0$$

$$M_B - F_6(d_6) - F_7(d_7) - F_8(d_8) = 0 \quad \dots (5.3)$$

Donde:

- d_6 : Distancia del punto B' a F_6
- d_7 : Distancia del punto B' a F_7
- d_8 : Distancia del punto B' a F_8

Datos:

Tabla 5.8 Datos de fuerzas y distancia respecto al diagrama del carril B

Fuerzas Kgf		Distancia cm	
F_6	0.3947 Kgf	d_6	5.8 cm
F_7	1.2543 Kgf	d_7	13.5 cm
F_8	0.116 Kgf	d_8	8.9 cm

Reemplazando los datos en la ecuación 5.3 y considerando la gravedad es $9,81 \text{ m/s}^2$ se tiene lo siguiente:

$$M_B - (0.3947)(9.81)(5.8) - (1.2543)(9.81)(13.5) - (0.116)(9.81)(8.9) = 0$$

$$M_B = 198.698 \text{ Ncm} \quad \vee \quad M_B = 1.9869 \text{ Nm}$$

De acuerdo a la ecuación 5.1 el momento en la dirección del rodamiento es el máximo valor del momento de M_A y M_B . El valor máximo es multiplicado por f_s .

El factor de seguridad estática de acuerdo con lo recomendado por el fabricante de la marca HIWIN se encuentra en el rango de 3 a 5 sin embargo se elige un factor de seguridad de 5 para obtener una selección correctamente garantizada ya que la condición de carga se encuentra expuesta en vibraciones.

$$M_R = \text{Max} \{0.572 ; 1.98\} \times 5$$

$$M_R = 9.9 \text{ Nm}$$

- Cálculo del momento estático en la dirección de ajuste

Al realizar el cálculo del momento estático en la dirección de ajuste se analiza al carril de perfil cuando se encuentra en el estado más crítico es

porque primero se analizará en los extremos del carril, primero se analiza en el extremo derecho y luego en el extremo izquierdo.

Se tiene que el momento estático en la dirección de ajuste es el siguiente:

$$M_P = \text{Max} \{M_E, M_G\} \times f_s \dots (5.4)$$

M_P : Momento estático en la dirección del ajuste

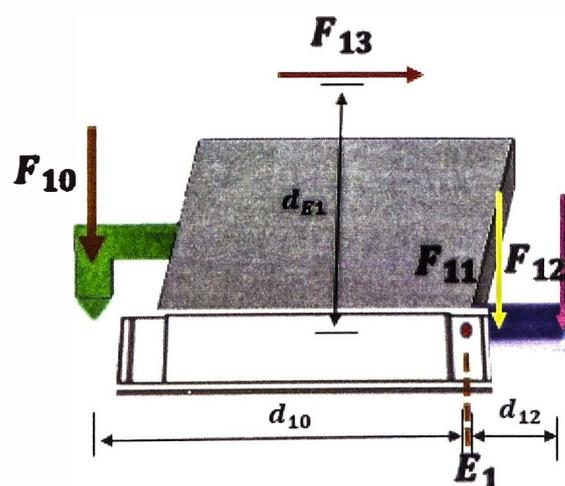
M_E : Momento en el extremo derecho del carril

M_G : Momento en el extremo izquierdo del carril

f_s : Factor de seguridad estático

Se realiza el cálculo de momento en el extremo derecho del carril que está representado por una esferita de rodamiento en el punto E_1 , para ello se realiza el diagrama de fuerzas como se observa en la figura 5.4.

Figura 5.4 Diagrama de fuerzas del carril de perfil para el análisis en el punto E_1



Fuente propia

Donde las fuerzas son las siguientes:

- F_{10} : Peso del cabezal láser
- F_{11} : Peso de la base del motor
- F_{12} : Peso del motor paso a paso
- F_{13} : Fuerza que es originada por la faja

Donde las distancia:

- d_{10} : Distancia del punto E_1 a F_{10}
- d_{11} : Distancia del punto E_1 a F_{11}
- d_{12} : Distancia del punto E_1 a F_{12}
- d_{E1} : Distancia del punto E_1 a F_{13}

Datos:

Tabla 5.9 Datos de fuerzas y distancia con respecto al punto E_1

Fuerzas Kgf		Distancia cm	
F_{10}	0.4728 Kgf	d_{10}	8.27 cm
F_{11}	0.1043 Kgf	d_{11}	2.27 cm
F_{12}	1.1 Kgf	d_{12}	6.17 cm
F_{13}	18.4 Kgf	d_{E1}	1 cm

La fuerza que genera la faja que es F_{13} se calcula realizando un análisis teórico o experimentalmente con el dinamómetro, como se observa en el anexo 2.

Se aplica el cálculo de momentos en el punto E_1

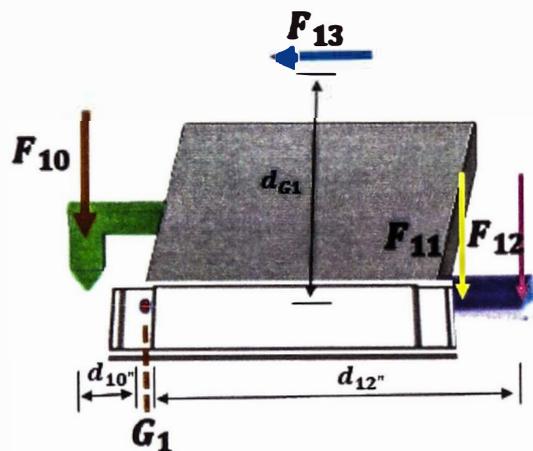
$$M_E = F_{10}d_{10} + F_{11}d_{11} - F_{12}d_{12} + F_{13}d_{E1} \dots (5.5)$$

Reemplazando los datos en la ecuación 5.5

$$M_E = 48.94 \text{ Ncm} \text{ v } M_E = 0.4894 \text{ Nm}$$

Se realiza el cálculo de momento en el extremo izquierdo del carril que está representado por una esferita de rodamiento en el punto G_1 , para ello se realiza el diagrama de fuerzas como se observa en la figura 5.5.

Figura 5.5 Diagrama de fuerzas del carril de perfil para el análisis en el punto G_1



Fuente propia

Donde las distancia:

- d_{10} ": Distancia del punto G_1 a F_{10}
- d_{11} ": Distancia del punto G_1 a F_{11}
- d_{12} ": Distancia del punto G_1 a F_{12}
- d_{G1} ": Distancia del punto G_1 a F_{13}

Datos

Tabla 5.10 Datos de fuerzas y distancia con respecto al punto G_1

Fuerzas Kgf		Distancia cm	
F_{10}	0.4728 Kgf	d_{10} "	3.73 cm
F_{11}	0.1043 Kgf	d_{11} "	7.81 cm
F_{12}	1.1 Kgf	d_{12} "	11.71 cm
F_{13}	18.4 Kgf	d_{G1}	1 cm

Se aplica el cálculo de momentos en el punto G_1

$$M_G = F_{10}d_{10}'' - F_{11} d_{11}'' - F_{12} d_{12}'' + F_{13}d_{G1} \dots (5.6)$$

Reemplazando los datos en la ecuación 5.6

$$M_G = 98.65 \text{ Ncm} \vee M_G = 0.9865 \text{ Nm}$$

De acuerdo a la ecuación 5.4 el momento en la dirección del rodamiento es el máximo valor del momento de M_E y M_G . El valor máximo es multiplicado por f_s .

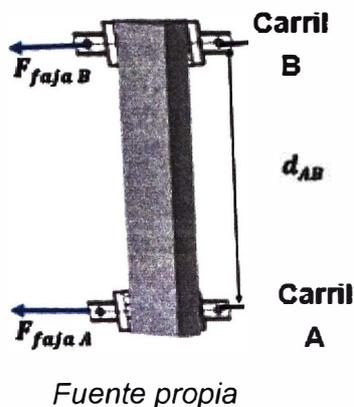
$$M_p = \text{Max} \{0.4894 ; 0.9865\} \times 5$$

$$M_p = 4.9325 \text{ Nm}$$

- Cálculo del momento estático en la dirección vertical

Al realizar el cálculo del momento estático en la dirección vertical se analiza al carril en la vista horizontal, para ello se realiza la medición de la fuerza con un dinamómetro como se observa en el anexo 3

Figura 5.6 Diagrama de fuerzas del carril de la vista horizontal



De acuerdo a la figura 5.7 se selecciona al carril HGH15CA ya que comparándolo los cálculos del M_R , M_p y M_y es menor a lo que nos proporciona el fabricante como se observa en la tabla 5.11.

Tabla 5.11 Comparación de los momentos estáticos calculados respecto a lo proporcionado por el fabricante.

	Valores de los momentos estáticos obtenidos por el cálculo	Valores de los momentos estáticos proporcionados por el fabricante para el modelo HGH15CA
M_R	0.0099 KNm	0.12 KNm
M_p	0.0049325 KNm	0.10 KNm
M_y	0.099 KNm	0.10 KNm

El carril es del modelo HGH15CA en base a ellos se elige el riel como se observa en la figura 5.8

Figura 5.8 Selección del riel

Item	HG15	HG20	HG25	HG30	HG35	HG45	HG55	HG65
	160 (3)	220 (4)	220 (4)	280 (4)	280 (4)	570 (6)	760 (7)	1,270 (9)
	220 (4)	280 (5)	280 (5)	440 (6)	440 (6)	885 (9)	1,020 (9)	1,570 (11)
	280 (5)	340 (6)	340 (6)	600 (8)	600 (8)	1,200 (12)	1,260 (11)	2,020 (14)
	340 (6)	460 (8)	460 (8)	760 (10)	760 (10)	1,620 (16)	1,500 (13)	2,620 (18)
Standard Length L(n)	460 (8)	640 (11)	640 (11)	1,000 (13)	1,000 (13)	2,040 (20)	1,980 (17)	
	640 (11)	820 (14)	820 (14)	1,640 (21)	1,640 (21)	2,460 (24)	2,580 (22)	
	820 (14)	1,000 (17)	1,000 (17)	2,040 (26)	2,040 (26)	2,985 (29)	2,940 (25)	
		1,240 (21)	1,240 (21)	2,520 (32)	2,520 (32)			
			1,600 (27)	3,000 (38)	3,000 (38)			
Pitch (P)	60	60	60	80	80	105	120	150
Distance to End (E ₁)	20	20	20	20	20	22.5	30	35
Max. Standard Length	4,000 (67)	4,000 (67)	4,000 (67)	3,960 (50)	3,960 (50)	3,930 (38)	3,900 (33)	3,970 (27)
Max. Length	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000

Fuente : Hiwin (2022) Linear Guideway

La selección del riel es de la misma serie del carril que es HG y el número 15 es el tamaño del modelo que también se necesita que sea coincida, es por ello que el riel es del modelo HG15.

5.5 CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL MOTOR PASO A PASO Y EL DRIVER

En la selección del motor paso a paso es necesario calcular el torque de retención que nos solicita el fabricante. Para ello se calcula el análisis del torque estático como también el torque dinámico.

$$T_R = \frac{(T_E + T_D)}{n} \times f_s \dots (5.7)$$

T_R : Torque de retención (N.m)

T_E : Torque estático (N.m)

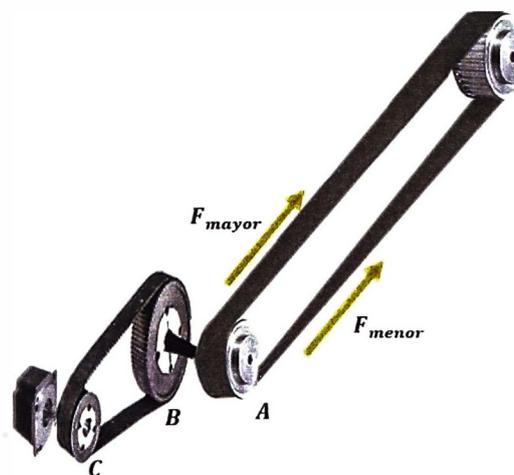
T_D : Torque dinámico (N.m)

n : Eficiencia del motor ($n = 95\%$)

f_s : Factor de seguridad ($f_s = 2$)

Primero se calcula el torque estático, para ello se realiza el análisis en el sistema de transmisión para el eje X ya que va a requerir mayor torque.

Figura 5.9 Sistema de polea y fajas para mover el cabezal del láser en el eje X.



Fuente propia

En el análisis del cálculo del torque estático en el motor se necesita previamente realizar el cálculo del torque en la polea A y luego dicho torque se trasladará hacia la polea en C.

De acuerdo con el razonamiento aplicado en sistemas de transmisión se tiene lo siguiente:

$$T_{polea A} = T_{polea B} \dots (5.8)$$

$T_{polea A}$: Torque en la polea A (N.m)

$T_{polea B}$: Torque en la polea B (N.m)

$$T_{polea C} = R_{tran} \times T_{polea B} \dots (5.9)$$

$T_{polea C}$: Torque en la polea C (N.m)

R_{tran} : Relación de transmisión de polea C respecto a la polea B

$$T_E = T_{polea C} \dots (5.10)$$

Al realizar el torque de la polea en A, se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación, teniendo como referente a la figura 5.9.

$$T_{polea A} = F_{faja} \times r_{polea A} \dots (5.11)$$

F_{faja} : Fuerza de la faja (N)

$r_{polea A}$: Radio de la polea A (m)

De acuerdo con la gráfica 5.9 se tiene como referencia que la fuerza de la faja es igual a la siguiente ecuación.

$$F_{faja} = F_{mayor} - F_{menor} \dots (5.12)$$

F_{mayor} : Fuerza de la tensión mayor en la faja

F_{menor} : Fuerza de la tensión menor en la faja

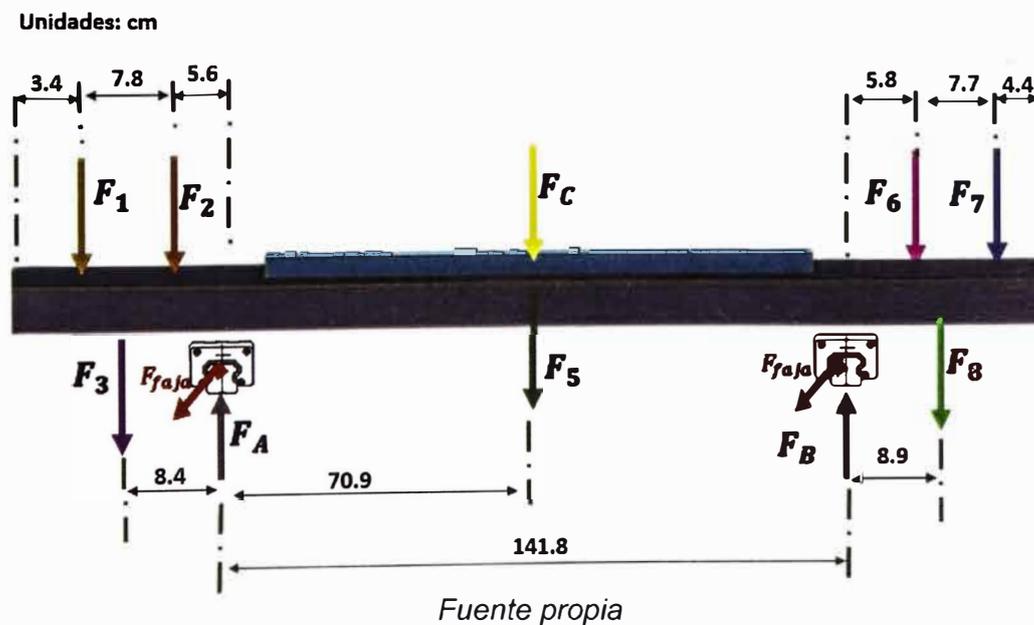
En conclusión, se realiza el remplazo de las ecuaciones 5.8, 5.9, 5.11 en la ecuación 5.10, para obtener la siguiente ecuación.

$$T_E = R_{tran} \times F_{faja} \times r_{polea A} \dots (5.13)$$

Los datos de la relación de transmisión que es 1/3 y el radio de la polea A se ha obtenido de la selección de poleas que es de 0.011m.

Para determinar la fuerza de la faja se realiza el análisis teórico como se observa en la figura 5.10.

Figura 5.10 Diagrama de fuerzas para el cálculo de la fuerza de la faja teóricamente



F_c : La fuerza de los pesos del riel, carril, cabezal láser y de la faja.

$$F_{faja} = \mu_s(F_A + F_B) \dots (5.14)$$

μ_s : Coeficiente de rozamiento estático

El cálculo para hallar la reacción en el carril A, se aplica que la suma de momentos en el carril A es igual a cero, de la misma manera se realiza para el carril B.

Datos para el cálculo de las reacciones en carril A y en el carril son los siguientes.

Tabla 5.12 Datos de fuerzas y distancias respecto al carril A y carril B

Datos de fuerzas y distancias para el cálculo de las reacciones en A y en B					
Fuerzas	Valor de la fuerza en N.	Distancias respecto a la reacción en A	Valor de la distancia en m	Distancias respecto a la reacción en B	Valor de la distancia en m
F_1	2.615 N	d_{A1}	0.134	d_{B1}	1.552
F_2	2.346 N	d_{A2}	0.056	d_{B2}	1.474
F_3	1.073 N	d_{A3}	0.084	d_{B3}	1.502
F_C	25.239 N	d_{Ac}	0.709	d_{BC}	0.709
F_5	9.063 N	d_{A5}	0.709	d_{B5}	0.709
F_6	3.872 N	d_{A6}	1.476	d_{B6}	0.058
F_7	12.304N	d_{A7}	1.553	d_{B7}	0.135
F_8	1.137 N	d_{A8}	1.507	d_{B8}	0.089

De acuerdo con la tabla 5.12 las distancias se reconocerán con la letra d y la primera letra del subíndice es referente al carril, además el número o letra que continua del subíndice es referente a la fuerza que corresponda, de tal manera que se entiende que es la distancia de un determinado carril hacia una determinada fuerza.

$$\sum M_A = 0$$

$$F_1 x d_{A1} + F_2 x d_{A2} + F_3 x d_{A3} - F_C x d_{AC} - F_5 x d_{A5} + F_B x d_{AB} - F_6 x d_{A6} - F_8 x d_{A8} - F_7 x d_{A7} = 0 \dots (5.15)$$

d_{AB} : Distancia del carril de A hasta el carril B

Reemplazando los datos en la ecuación 5.15 se obtiene que la fuerza de la reacción en el carril B es la siguiente.

$$F_B = 35.46 \text{ N}$$

Ahora se aplica momentos respecto al carril en B.

$$\sum M_B = 0$$

$$F_1 x d_{B1} + F_2 x d_{B2} + F_3 x d_{B3} + F_C x d_{AC} + F_5 x d_{B5} - F_A x d_{AB} - F_6 x d_{B6} - F_8 x d_{B8} - F_7 x d_{B7} = 0 \dots (5.16)$$

Reemplazando los datos en la ecuación 5.16 se obtiene que la fuerza de la reacción en el carril A es la siguiente.

$$F_A = 22.2 \text{ N}$$

Las fuerzas de reacción calculadas de la reacción en el carril en A y en B se reemplaza en la ecuación 5.14 y el coeficiente de rozamiento estático máximo que se observa en el anexo 4 que el $\mu_s = 0.3$ (Schaeffler, 2023).

$$F_{faja} = 17.295 \text{ N}$$

El valor obtenido de la fuerza teórica de la faja es de 17.295 N y la fuerza experimental de la faja es de 18.4 N como se observa en el anexo 2, para el cálculo del torque utilizaremos el valor de la fuerza de la faja experimental de 18.4N ya que con ello los cálculos serán de mayor precisión.

Aplicando y reemplazando en la ecuación 5.13 el torque estático es el siguiente.

$$T_E = \frac{1}{3}(18.4 \times 0.011)$$

$$T_E = 0.0674 \text{ N.m}$$

El cálculo del torque dinámico se calcula como la ecuación siguiente.

$$T_D = J_{total} \times \frac{\omega_{motor}}{\Delta t} \dots (5.17)$$

J_{total} : Inercia total reflejada en el eje del motor ($Kg.m^2$)

ω_{motor} : Velocidad angular del motor (rad/s)

Δt : Intervalo de tiempo de aceleración y desaceleración ($\Delta t = 0.025 \text{ s}$)

Al realizar el cálculo del torque dinámico se considera el análisis del manual de selección del catálogo SureStep (Step™, 2016). El dato del Δt se obtiene por lo recomendado por el fabricante para la configuración del driver como se observa en el anexo 5 (Leadshine, 2021).

El cálculo de la inercia total se observa en la siguiente ecuación

$$J_{total} = J_{motor} + \frac{(J_{polea} + J_{carga})}{i^2} \dots (5.18)$$

J_{motor} : Inercia del motor ($Kg.m^2$)

J_{polea} : Inercia de la polea ($Kg.m^2$)

J_{carga} : Inercia de la carga ($Kg.m^2$)

i : Relación de reducción de transmisión ($i = 3$)

El cálculo de la inercia del motor se calcula en la siguiente ecuación.

$$J_{motor} = \frac{F_{polea\ c} \times r_c \times \Delta t}{\omega_{motor}} \dots (5.19)$$

$F_{polea\ c}$ = Fuerza del motor en la polea C (N)

r_c = El radio de la polea C ($r_c = 0.011$ m)

ω_{motor} : Velocidad angular del motor

Para hallar la fuerza y la velocidad angular del motor ello se parte de la velocidad de corte de la lona se obtiene de las recomendaciones de fabricantes de máquinas CNC láser de CO_2 que es de 0.1 m/s (Stanser, 2019)

Con la velocidad tangencial de corte en la polea A se obtiene la fuerza y la velocidad angular en la polea C, de acuerdo con la figura 5.9 se obtiene lo siguiente.

$$F_{polea\ B} = F_{polea\ c} = \frac{F_{polea\ A}}{3} \dots (5.20)$$

$F_{polea\ B}$: Fuerza tangencial en la polea B (N)

$F_{polea\ A}$: Fuerza tangencial en la polea A (N)

Se sabe:

$$F_{polea A} = F_{faja} = 18.4 N$$

Entonces resolviendo en la ecuación 5.20 se obtiene la fuerza en la polea C.

$$F_{polea c} = 6.133 N$$

Se realiza el siguiente análisis para obtener la velocidad angular del motor que es igual a la velocidad angular de la polea C.

$$\omega_A = \omega_B = \frac{\omega_C}{3} \dots (5.21)$$

ω_A : Velocidad angular en la polea A (rad/s)

ω_B : Velocidad angular en la polea B (rad/s)

ω_C : Velocidad angular en la polea C (rad/s)

Se sabe lo siguiente:

$$V_{corte A} = \omega_A r_A \dots (5.22)$$

$V_{corte A}$: Velocidad de corte la lona en la polea A ($V_{corte A} = 0.1 m/s$)

r_A : Radio de la polea en A ($r_A = 0.011 m$)

Entonces se obtiene que la velocidad angular en la polea C.

$$\omega_{motor} = \omega_C = 27.27 rad/s$$

Con los datos obtenidos se reemplaza en la ecuación 5.19 para obtener la inercia del motor.

$$J_{motor} = 61.847 \times 10^{-6} \text{ Kg. m}^2$$

En la siguiente ecuación se calcula el momento de inercia de la polea.

$$J_{polea} = \frac{m_{polea A} \times r_A^2}{2} \times c_{poleas} \dots (5.23)$$

m_{polea} : Masa de polea A

c_{poleas} : El número de poleas ($c_{poleas} = 2$)

En la siguiente ecuación se calcula la masa de la polea A

$$m_{polea A} = \pi \times L_A \times \rho_A \times r_A^2 \dots (5.24)$$

L_A : Longitud de la polea A ($L_A = 0.02 \text{ m}$)

ρ_A : Densidad del material de la polea A ($\rho_A = 2700 \text{ Kg/m}^3$)

El material de la polea A es de aluminio y su longitud se encuentra en la ficha técnica que se observa en anexo 6.

Calculando y reemplazando los datos en la ecuación 5.23 se obtiene lo siguiente.

$$J_{polea} = 2.48 \times 10^{-6} \text{ Kg. m}^2$$

El cálculo de la inercia de la carga se calcula en la siguiente ecuación.

$$J_{carga} = m_{carga} \times r_A^2 \dots (5.25)$$

$m_{carga\ X}$: Masa de la carga total que transporta la faja en el eje X (Kg)

Datos de la masa de carga

Tabla 5.13 Datos de la masa de carga total

Componente	Masa
Barra de aluminio de una longitud 176,5 cm	1.15 Kg
El carril en dirección Y	0.18 Kg
Motor paso a paso en Y	1.1 Kg
Base del motor en Y	0.154 Kg
Polea reductora de 1 :3	0.394 Kg
Riel en eje Y	1.8 Kg
Cabezal láser	0.472 Kg
Polea con base	0.239 Kg
Soporte de espejo	0.266 Kg
Faja de transmisión en el eje Y	0.120 Kg
Pernos	0.1776 Kg
Suma total	6.05 Kg

Calculando y reemplazando los datos en la ecuación 5.25 se obtiene lo siguiente.

$$J_{carga} = 732.05 \times 10^{-6} \text{Kg.m}^2$$

Los valores obtenidos de la inercia del motor, polea y carga se reemplaza en la ecuación 5.18 para calcular la inercia total.

$$J_{total} = 143.46 \times 10^{-6} \text{Kg.m}^2$$

Se calcula el torque dinámico reemplazando los valores obtenidos de la inercia total, la velocidad angular del motor y el dato del intervalo del tiempo en la ecuación 5.17.

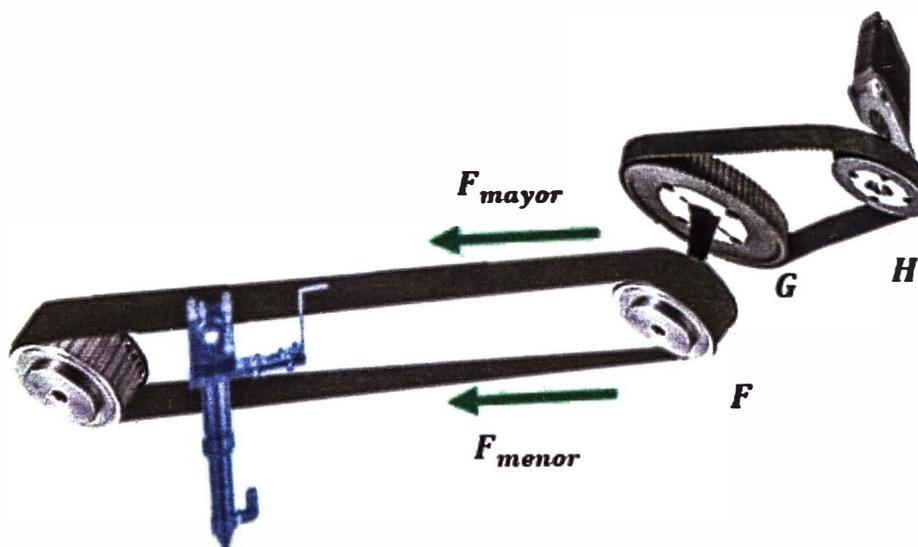
$$T_D = 0.1565 \text{ N.m}$$

Se reemplaza los valores obtenidos del torque estáticos y torque dinámico en la ecuación 5.7 para obtener el torque de retención teórico para el sistema de transmisión en X.

$$T_R = 0.471 \text{ N.m}$$

El torque de retención que se necesita para el motor paso a paso para que realice el movimiento en el eje X es de 0.471 N.m, el mismo análisis se realiza para el otro motor que realizará movimiento en el eje Y, donde resultará un torque menor al del eje X ya que la carga es menor y por ende la fuerza es menor comparándola con la fuerza para el eje X.

Figura 5.11 Sistema de polea y fajas para mover el cabezal del láser en el eje Y



Fuente propia

Se realiza el cálculo del torque estático como se calculó en la ecuación 5.13 solo que en este caso es para la polea H, donde la relación de transmisión es 1/3 y el radio de la polea es 0.011 m. La fuerza de la faja es de 4 N, este dato se obtiene con el dinamómetro experimentalmente como se observa en el anexo 7

$$T_E = 0.0146 \text{ N.m}$$

El cálculo del torque dinámico se realiza los cálculos de la inercia total y de la velocidad angular del motor como también se considera el intervalo de tiempo de 0.025 s como se observa en el anexo 5.

El cálculo de la inercia total se observa en la ecuación 5.18, es por ello que se realiza los cálculos de la inercia del motor, inercia de polea y carga para que los cálculos obtenidos se reemplacen en dicha ecuación.

El cálculo de la inercia del motor se calcula en la siguiente ecuación.

$$J_{motor} = \frac{F_{polea H} \times r_H \times \Delta t}{\omega_{motor}} \dots (5.26)$$

$F_{polea H}$ = Fuerza del motor en la polea H (N)

r_H = El radio de la polea H ($r_H = 0.011$ m)

ω_{motor} : Velocidad angular del motor

Para hallar la fuerza y la velocidad angular del motor ello se parte de la velocidad de corte de la lona se obtiene de las recomendaciones de fabricantes de máquinas CNC de CO_2 que es de 0.1 m/s (Stanser, 2019).

Con la velocidad tangencial de corte en la polea F se obtiene la fuerza y la velocidad angular en la polea H, de acuerdo con la figura 5.11 se obtiene lo siguiente.

$$F_{polea\ G} = F_{polea\ H} = \frac{F_{polea\ F}}{3} \dots (5.27)$$

$F_{polea\ G}$: Fuerza tangencial en la polea G (N)

$F_{polea\ F}$: Fuerza tangencial en la polea F (N)

Se sabe:

$$F_{polea\ F} = F_{faja} = 4\ N$$

Entonces resolviendo en la ecuación 5.27 se obtiene la fuerza en la polea H.

$$F_{polea\ H} = 1.3\ N$$

Se realiza el siguiente análisis para obtener la velocidad angular del motor que es igual a la velocidad angular de la polea H.

$$\omega_F = \omega_G = \frac{\omega_H}{3} \dots (5.28)$$

ω_F : Velocidad angular en la polea F (rad/s)

ω_G : Velocidad angular en la polea G (rad/s)

ω_H : Velocidad angular en la polea H (rad/s)

Se sabe lo siguiente:

$$V_{corte F} = \omega_F \times r_F \dots (5.29)$$

$V_{corte F}$: Velocidad de corte de la lona en la polea F ($V_{corte F} = 0.1 \text{ m/s}$)

r_F : Radio de la polea en F ($r_F = 0.011 \text{ m}$)

Entonces se obtiene que la velocidad angular en la polea H.

$$\omega_{motor} = \omega_H = 27.27 \text{ rad/s}$$

Con los datos obtenidos se reemplaza en ecuación 5.19 para obtener la inercia del motor.

$$J_{motor} = 13.44 \times 10^{-6} \text{ Kg.m}^2$$

En la siguiente ecuación se calcula el momento de inercia de la polea.

$$J_{polea} = \frac{m_{polea F} \times r_F^2}{2} \times c_{poleas} \dots (5.30)$$

$m_{polea F}$: masa de polea F

c_{poleas} : El número de poleas ($c_{poleas} = 2$)

En la siguiente ecuación se calcula la masa de la polea F

$$m_{polea F} = \pi \times L_F \times \rho_F \times r_F^2 \dots (5.31)$$

L_F : Longitud de la polea F ($L_F = 0.02 \text{ m}$)

ρ_F : Densidad del material de la polea F ($\rho_F = 2700 \text{ Kg/m}^3$)

El material de la polea F es de aluminio y su longitud se encuentra en la ficha técnica que se observa en anexo 6.

Calculando y reemplazando los datos en la ecuación 5.30 se obtiene lo siguiente.

$$J_{polea} = 2.48 \times 10^{-6} \text{Kg. m}^2$$

El cálculo de la inercia de la carga se calcula en la siguiente ecuación.

$$J_{carga} = m_{carga Y} \times r_F^2 \dots (5.32),$$

$m_{carga Y}$: Masa de la carga total que transporta la faja en el eje Y (Kg)

La masa de carga total que transporta la faja en el eje Y es del cabezal láser 0.472 Kg y del carril en dirección Y 0.18 Kg. Reemplazando los datos en la ecuación 5.32 se obtiene lo siguiente.

$$J_{carga} = 78.892 \times 10^{-6} \text{Kg. m}^2$$

Reemplazando el cálculo obtenido de la inercia del motor, inercia de la carga e inercia de la polea en la ecuación 5.18 pero el cálculo obtenido es para la inercia total del eje Y.

$$J_{total} = 22.48 \times 10^{-6} \text{Kg. m}^2$$

El torque dinámico se calcula multiplicando la inercia total con la velocidad angular y esto se divide entre el intervalo de tiempo, como se observa en la ecuación 5.17.

$$T_D = 0.024 \text{ N. m}$$

El cálculo del torque de retención es la suma del torque estático y dinámico y todo es multiplicado por un factor de seguridad y dividido entre la eficiencia del motor, de acuerdo con la ecuación 5.7 se obtiene lo siguiente.

$$T_R = 0.081 \text{ N.m}$$

El torque de retención obtenido de los dos motores son lo siguiente.

Tabla 5.14 Torque de retención para los dos motores paso a paso

	Torque de retención calculado
Motor paso a paso para el eje X	0.471 N.m
Motor paso a paso para el eje Y	0.081 N.m

Para la selección del motor paso a paso se elegirá un mismo motor paso a paso para el eje X y para el eje Y por ello el motor a seleccionar debe ser mayor al torque de retención del eje Y, con ello se garantizará un óptimo funcionamiento de la máquina CNC láser de CO_2 .

Al seleccionar el motor paso a paso se tiene en cuenta los pulsos que realiza por cada revolución, la corriente y el voltaje que se suministra al motor paso a paso, para el funcionamiento del motor en la máquina CNC láser de CO_2 se tiene se considera lo siguiente

Tabla 5.15 Parámetros de resolución, corriente y voltaje

Parámetros para el funcionamiento óptimo	
Resolución de pulsos	500 pulsos/resolución
Corriente RMS	4.1 A
Voltaje	36 V

El motor a seleccionar es el motor paso a paso 573S15-L que presenta las siguientes características obtenidas del fabricante(Leadshine, 573S15-L, 2023)

Tabla 5.16 Especificaciones técnicas del motor 573S15L

El modelo del motor	573S15-L
Tamaño de estructura	NEMA 23
Longitud	79 mm
Par de retención	1.5 N.m
Corriente de fase	5.8 A
Diámetro del eje	8 mm
Diámetro central	38.1 mm
Tasa de IP	IP40
Características	Estándar
Resistencia	0.86 ohm
Inductancia	2 Mh
Inercia	0.48 kg/cm ²
Peso	1.1 Kg

El torque que se observa en la ficha técnica es de 1.5 N.m sin embargo dicho torque va a disminuir debido a que se trabajará a una menor corriente y esto es debido a que el fabricante recomienda trabajar a un 70% de la corriente nominal para que de esa manera se evite el recalentamiento en el motor paso a paso. Por la prueba experimental realizada para un motor NEMA 17 se comprueba que el motor recalienta y pierde pasos, sin embargo, con el motor Nema 23 trabaja óptimamente.

Figura 5.12 Motor paso a paso 573S15L



Fuente propia

Se elige al motor paso a paso 573S15L y el driver para dicho motor el fabricante Leadshine nos recomienda 3DM580. Además, para el funcionamiento del driver se necesita una fuente de 36 V y a una potencia de 360 W

Figura 5.13 Driver 3DM580



Fuente propia

5.6 CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DE LA FAJA Y LA POLEA

En la selección de poleas y fajas existen diferentes tipos, sin embargo, la correa y polea dentadas son utilizadas para el diseño de una máquina CNC ya que son precisas y están diseñadas para que no exista deslizamiento.

- Selección del paso de la faja Y

Al realizar el cálculo de la selección del paso de la faja se necesita la potencia con la que el motor paso a paso funcionará para el diseño de la máquina CNC.

$$P_{motor} = 3x(I_{RMS})^2xR_{motor} \dots (5.33)$$

P_{motor} : Potencia a transmitir por el motor (W)

I_{RMS} : Corriente eficaz ($I_{RMS} = 4.1$ A)

R_{motor} : Resistencia por fase ($R_{motor} = 0.86$ ohm)

La corriente eficaz es igual al 70% de la corriente que se observa en la ficha técnica del motor que es 5.8 A, sin embargo, observando en tabla de selección de la corriente dinámica se tiene que se aproxima a la corriente.

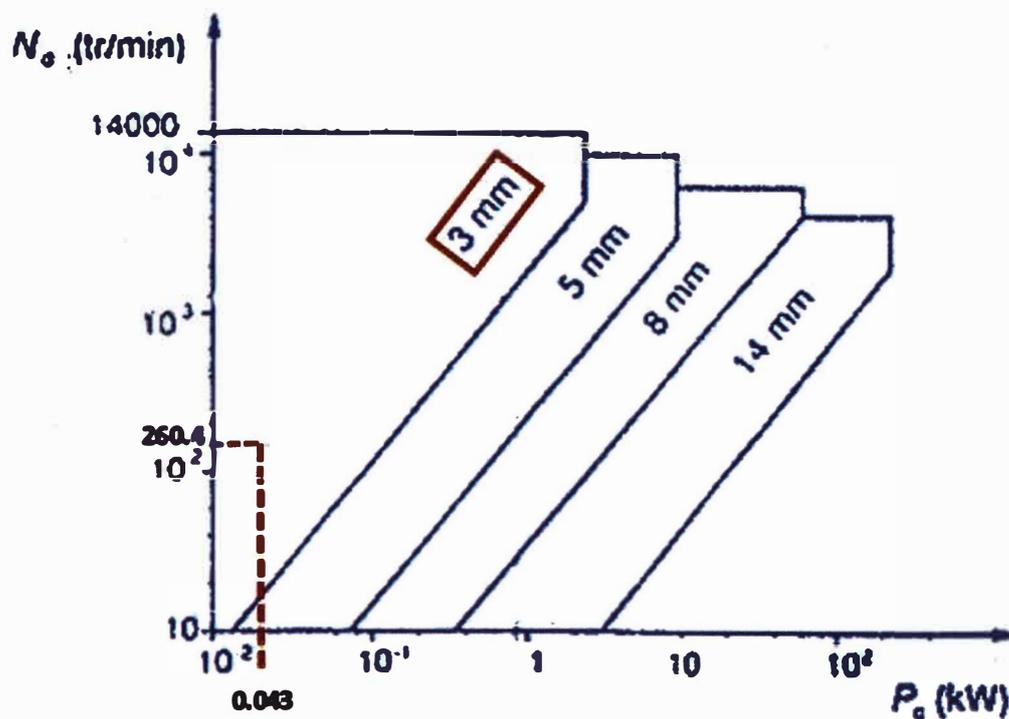
$$P_{motor} = 43.36 \text{ W} \langle \rangle 0.4336 \text{ KW}$$

Además, se necesita la velocidad de giro en RPM para ello se tiene de la ecuación 5.21 lo siguiente.

$$\omega_{motor} = 27.27 \times \frac{60}{2\pi} = 260.409 \text{ RPM}$$

Con la potencia a transmitir y con la velocidad de giro en RPM nos dirigimos a la curva proporcionada por el fabricante, como se observa en la figura 5.14.

Figura 5.14 Curva de la velocidad de giro respecto a la potencia para la faja HTD



Fuente: Dunlop (2023) Correa de transmisión cálculo y diseño

De acuerdo con la figura 5.14 observamos que para los valores obtenidos se tiene un paso de 3 mm.

- Selección del ancho de la faja

La selección del ancho de faja se necesita calcular previamente la fuerza con la que la faja se encuentra en movimiento para ello de parte de lo siguiente.

$$F_{resultante} = m \times a \dots (5.34)$$

$F_{resultante}$: Fuerza resultante (N)

m : Masa ($m=6.05\text{Kg}$)

a : Aceleración (m/s^2)

La fuerza resultante se calcula como la diferencia de la fuerza de la faja cuando se encuentra en movimiento menos la fuerza de rozamiento. La fuerza de rozamiento es del carril A y carril B 18.4 N como se observa en la ecuación 5.14.

$$F_{resultante} = F_{Movimiento} - \mu_s(F_A + F_B) \dots (5.35)$$

El cálculo de la aceleración se parte del análisis cuando el sistema de la CNC se encuentra por realizar el movimiento para ello se tiene lo siguiente.

$$V_f = V_o + a \times t \dots (5.36)$$

V_f : Velocidad final ($V_f = 0.1 \text{ m/s}$)

V_o : Velocidad inicial ($V_o = 0 \text{ m/s}$)

t : Tiempo ($t=0.025\text{s}$)

Reemplazando los datos en la ecuación 5.36 se tiene que la aceleración es 4 m/s^2

La fuerza cuando se encuentra en movimiento se calcula reemplazando la ecuación 5.35 en la ecuación 5.34, además se reemplaza los valores de cada parámetro.

$$F_{Movimiento} = 6.05 \text{ kg} \times 4 \text{ m/s}^2 + 18.4 \text{ N} = 42.6 \text{ N}$$

A la fuerza de movimiento se multiplica por un factor de seguridad ya que la faja se encuentra en condiciones de aceleración, carga y fatiga. De acuerdo a lo proporcionado por el fabricante se considera un factor de seguridad 1.7, por ende, se tiene lo siguiente.

$$F_{\text{Movimiento}} = 42.6 \text{ N} \times 1.7$$

$$F_{\text{Movimiento}} = 72.42 \text{ N}$$

Con la fuerza de movimiento obtenida se elige el ancho de la faja que es el valor próximo de 72.42 N.

Figura 5.15 Selección del ancho de la faja HTD 3M

Tooth profile		HTD 3M	HTD 6M	HTD 8M	HTD 14M
Tooth pitch t	mm	3	5	8	14
No. of teeth z	1	12	20	30	36
	2	20	48	48	-
	3	40	-	-	-
Pitch diameter d_w	mm	11.46	31.83	76.39	160.43
	2	19.10	76.39	122.23	-
	3	38.20	-	-	-
Pitch circumference U_w	mm	36	100	240	504
	2	60	240	384	-
	3	120	-	-	-
Outside diameter d_o	mm	10.70 ± 0.013	30.69 ± 0.013	75.02 ± 0.013	157.63 ± 0.025
	2	18.34 ± 0.013	75.25 ± 0.013	120.86 ± 0.013	-
	3	37.44 ± 0.013	-	-	-
Measuring force F for width b	N				
	6 mm	40	-	-	-
	9 mm	60	110	-	-
	15 mm	110	210	-	-
	20 mm	-	-	480	725*
	25 mm	-	340	-	-
	30 mm	-	-	-	-
40 mm	-	-	-	-	

Fuente: Correa sincronizada (2023) Diseño de transmisiones por correa síncrona

El valor próximo para el valor 72.42 N de acuerdo a la figura 5.15 es el 110 N para una faja de HTD 3M, de acuerdo a ello se obtiene un ancho de faja de 15 mm.

- Selección de la longitud de la faja

La selección de la longitud de la se determina con la siguiente ecuación que se obtuvo del manual del fabricante y dicha ecuación se reduce ya que las poleas son del mismo diámetro. (Diseño de transmisiones por correa, 2023)

$$L_{faja} = 2xd_{poleas} + \frac{p_{faja}(\phi_{Ei} + \phi_{Ef})}{2} \dots (5.37)$$

d_{poleas} : Distancia entre los centros de cada polea (m)

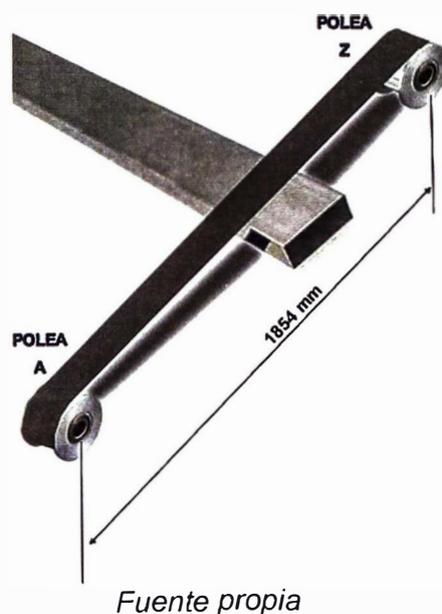
p_{faja} : Paso de la faja ($p_{faja} = 3 \text{ mm}$)

ϕ_{Ei} : Diámetro de la polea en el extremo inicial (mm)

ϕ_{Ef} : Diámetro de la polea en el extremo final (mm)

En la selección de la faja para el eje X se tiene lo siguiente.

Figura 5.16 Ubicación de las poleas en el eje X

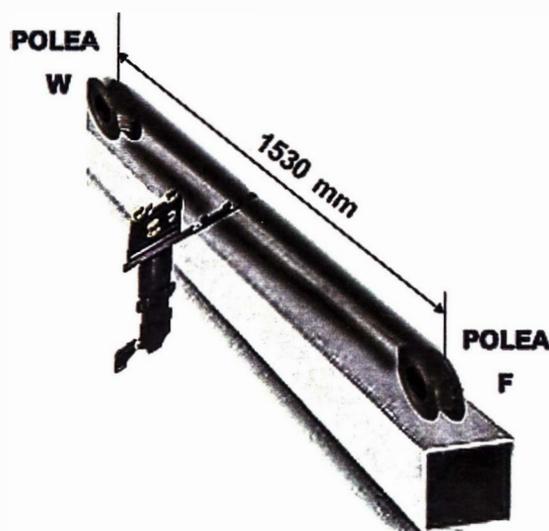


En la figura 5.16 se observa que la distancia entre las poleas es de 1854 mm, además los diámetros de la polea A y Z son igual a 22.92 mm. Reemplazando los valores en la ecuación 5.37 se tiene que la longitud de la faja 3776.76 mm; sin embargo, al valor obtenido se le resta la distancia del sujetador de faja 3.4 mm para ambos lados y el ancho del aluminio 50 mm.

$$L_{faja\ X} = 3719,96\ mm$$

En la selección de la faja para el eje Y se tiene lo siguiente

Figura 5.17 Ubicación de las poleas en el eje Y



Fuente propia

En la figura 5.17 se observa que la distancia entre las poleas es de 1530 mm, además los diámetros de la polea W y de la polea F son igual a 22.92 mm. Reemplazando los valores en la ecuación 5.37 se tiene que la longitud de la faja 3128.76 mm; sin embargo, al valor obtenido se le resta la distancia del sujetador de faja 3.4 mm.

$$L_{faja\ Y} = 3061,96\ mm$$

- Selección de la polea dentada Y

La selección de la polea dentada se obtiene en la gráfica que nos proporciona el fabricante, considerando los valores la velocidad de giro y la potencia transmitida, cabe resaltar que la potencia se debe multiplicar por 1.7 ya que es el factor de carga básico que se relaciona con el tiempo de utilización de la máquina CNC. Se tiene que el tiempo a considerar es para una utilización mayor a 16 horas y se elige para transmisiones medianas y para funcionamiento uniforme como se observa en la figura 5.18.

Figura 5.18 Factor de la carga básica con respecto a la duración del funcionamiento diario

Tipo de carga básica y ejemplos para máquinas de trabajo	Tipo de carga y ejemplos para máquinas motrices			
	Funcionamiento uniforme		Funcionamiento no uniforme	
	Motor eléctrico Turbina rápida Máquina de pistones con muchos cilindros		Motor hidráulico Turbina lenta Máquina de pistones con pocos cilindros	
	Factor de carga básica c_0 con duración diaria del funcionamiento			
	hasta 16 h	más de 16 h	hasta 16 h	más de 16 h
Transmisiones ligeras, funcionamiento uniforme libre de golpes Aparatos medidores Cámaras de filtración Máquinas de oficina Cintas transportadoras (para material ligero)	1,3	1,4	1,4	1,5
Transmisiones medias, funcionamiento temporal con carga por golpes pequeña hasta mediana Mazeadoras Máquinas de cocina Impresoras Máquina textil Máquina de empaque Cintas transportadoras (para material pesado)	1,6	1,7	1,8	1,9
Transmisiones pesadas, funcionamiento temporal con carga por golpes mediana hasta grande Máquina-herramienta Máquina para elaboración de madera Accionamientos excéntricos Instalaciones transportadoras (para material pesado)	1,8	1,9	2,0	2,1
Transmisiones muy pesadas, funcionamiento continuo con grandes cargas por golpes Molinos Calandras Extrusoras Bombas y compresores de pistones Dispositivos elevadores	2,0	2,1	2,2	2,3

Fuente: Optibel omega (2023) Manual técnico

Se realiza el cálculo para obtener la potencia de funcionamiento

$$P_{fun} = c_0 \times P_{motor} \dots (5.38)$$

P_{fun} : La potencia de funcionamiento (W)

c_0 : Factor de carga básica

$$P_{fun} = 73.71 \text{ W} <> 0.073 \text{ KW}$$

La elección de los dientes de la polea se realiza seleccionando en una tabla de 3M y 15 mm para ello observamos la figura 5.19

Figura 5.19 Determinación de los dientes de una polea en base a las RPM y potencia

Synchronous Drive Belt 3M 15 mm Belt Width Power Rating P_R (kW) Table 35

Speed of small toothed pulley n_1 r.p.m.	No. of teeth of small toothed pulley z_1														
	10	12	14	16	18	20	24	28	32	40	48	56	64	72	80
	Pitch ϕd_p (mm)														
	9.55	11.46	13.37	15.28	17.19	19.10	22.92	26.74	30.56	38.20	45.84	56.48	61.12	68.75	76.39
20	0.002	0.003	0.003	0.004	0.005	0.005	0.006	0.008	0.009	0.013	0.016	0.020	0.022	0.025	0.028
40	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.013	0.016	0.019	0.025	0.033	0.039	0.045	0.050	0.056
60	0.007	0.008	0.010	0.012	0.014	0.016	0.019	0.024	0.028	0.038	0.049	0.059	0.067	0.075	0.084
100	0.012	0.014	0.017	0.020	0.023	0.026	0.032	0.039	0.047	0.063	0.081	0.098	0.111	0.125	0.139
200	0.023	0.028	0.034	0.040	0.046	0.052	0.065	0.079	0.094	0.127	0.163	0.195	0.223	0.251	0.279
300	0.032	0.039	0.045	0.054	0.062	0.070	0.088	0.107	0.127	0.170	0.217	0.259	0.297	0.334	0.371
400	0.039	0.049	0.058	0.067	0.077	0.088	0.109	0.132	0.157	0.209	0.267	0.318	0.363	0.408	0.454
500	0.047	0.057	0.068	0.080	0.091	0.104	0.125	0.156	0.184	0.246	0.312	0.372	0.425	0.478	0.531
600	0.054	0.066	0.079	0.092	0.105	0.119	0.148	0.179	0.211	0.280	0.355	0.423	0.483	0.543	0.604
700	0.061	0.074	0.088	0.103	0.118	0.134	0.165	0.200	0.236	0.313	0.396	0.471	0.538	0.606	0.673
800	0.067	0.082	0.098	0.114	0.131	0.148	0.184	0.221	0.261	0.345	0.436	0.518	0.591	0.665	0.739
900	0.074	0.090	0.107	0.125	0.143	0.162	0.201	0.242	0.284	0.376	0.474	0.562	0.642	0.722	0.802
950	0.077	0.094	0.112	0.130	0.149	0.169	0.209	0.251	0.296	0.391	0.492	0.584	0.667	0.750	0.833
1000	0.080	0.098	0.116	0.135	0.155	0.175	0.217	0.261	0.307	0.405	0.510	0.605	0.691	0.778	0.863
1200	0.092	0.113	0.134	0.156	0.178	0.201	0.249	0.299	0.351	0.462	0.580	0.688	0.786	0.883	0.980
1400	0.104	0.127	0.151	0.175	0.200	0.226	0.279	0.335	0.394	0.517	0.647	0.766	0.875	0.983	1.091
1450	0.107	0.130	0.155	0.180	0.206	0.232	0.287	0.344	0.404	0.530	0.663	0.785	0.896	1.007	1.118
1600	0.115	0.141	0.167	0.194	0.222	0.250	0.309	0.370	0.434	0.569	0.711	0.841	0.960	1.078	1.196
1800	0.126	0.154	0.183	0.212	0.242	0.273	0.337	0.404	0.473	0.619	0.772	0.912	1.041	1.169	1.296
2000	0.137	0.167	0.198	0.230	0.262	0.296	0.365	0.437	0.511	0.667	0.831	0.981	1.119	1.256	1.392
2400	0.158	0.192	0.228	0.264	0.301	0.340	0.418	0.500	0.584	0.730	0.944	1.112	1.267	1.420	1.571
2850	0.180	0.219	0.260	0.301	0.343	0.386	0.475	0.567	0.662	0.858	1.062	1.249	1.421	1.590	1.756
3200	0.197	0.240	0.284	0.329	0.375	0.422	0.518	0.617	0.720	0.931	1.149	1.349	1.532	1.711	1.887
3600	0.216	0.262	0.310	0.359	0.410	0.461	0.565	0.673	0.783	1.010	1.244	1.456	1.651	1.840	2.023
4000	0.234	0.285	0.336	0.389	0.443	0.498	0.611	0.726	0.844	1.086	1.333	1.557	1.761	1.958	2.146
5000	0.278	0.338	0.399	0.461	0.524	0.588	0.719	0.852	0.988	1.232	1.536	1.781	2.000	2.204	2.391
6000	0.319	0.388	0.458	0.528	0.600	0.673	0.820	0.969	1.118	1.418	1.710	1.964	2.183	2.376	2.542
7000	0.360	0.436	0.514	0.592	0.672	0.752	0.914	1.076	1.238	1.554	1.855	2.106	2.308	2.470	2.588
8000	0.398	0.482	0.568	0.654	0.740	0.827	1.001	1.175	1.345	1.672	1.969	2.202	2.369	2.478	2.519
10000	0.471	0.570	0.669	0.768	0.866	0.965	1.158	1.346	1.524	1.645	2.100	2.247	2.280	2.198	1.986
12000	0.540	0.651	0.762	0.871	0.979	1.086	1.291	1.481	1.654	1.929	2.084	2.069	1.867		
14000	0.605	0.727	0.847	0.965	1.079	1.190	1.397	1.578	1.729	1.913	1.902	1.633			

Fuente: Correa sincronizada (2023) Diseño de transmisiones por correa síncrona

En la tabla 5.17 se realiza una proporción entre 200 RPM y 300 RPM para que de esa manera se termine los valores de potencias a 261 RPM por consiguiente obtener el número de dientes de la polea.

Tabla 5.17 Determinar los valores de potencia para 261RPM

	HTD 3M15		
	Dientes 20	Dientes 24	Dientes 28
200 RPM	0.052	0.065	0.079
261 RPM	0.062	0.079	0.096
300 RPM	0.070	0.088	0.107

De acuerdo a que se tiene una potencia de funcionamiento de 0.073KW a una velocidad de giro de 261 RPM y la faja es de un pase de 3mm y de un ancho de 15 mm, entonces se tiene que la polea a seleccionar es de 24 dientes y de diámetro 22.92mm.

El diámetro seleccionado es para el eje X y para el eje Y en este caso son para las poleas de menor diámetro que son la polea A, polea C, polea F y polea H. Esto es debido a que lo seleccionado es para el mismo motor paso a paso por ende se realiza el mismo análisis para ambos ejes.

Para la polea B y G se necesita una revolución 87 RPM y se tiene que la polea de menor diámetro trabaja a una revolución 261 RPM por ende la proporción de velocidad de giro es de 1 a 3, sin embargo, se sabe que la velocidad de giro es inversamente proporcional al diámetro de la polea es por ello que se tiene lo siguiente.

$$\phi_B = \phi_G = 3x \phi_A = 3x\phi_H \dots (5.39)$$

ϕ_A : Diámetro de la polea A ($\phi_A=22.92$ mm)

ϕ_B : Diámetro de la polea B (mm)

ϕ_G : Diámetro de la polea G(mm)

ϕ_H : Diámetro de la polea H ($\phi_H=22.92$ mm)

Reemplazando los datos en la ecuación 5.39 se tiene lo siguiente.

$$\phi_B = \phi_G = 68.76 \text{ mm}$$

5.7 CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL TUBO LÁSER

La selección del tubo láser consiste en determinar la potencia incidente, para el cálculo se aplica la ecuación proporcionada por el libro del procesamiento de materiales por láser (William M.Steen, 2010); sin embargo, la ecuación es reducida ya que el material se encuentra en estado sólido, además el corte se realiza mediante el calentamiento térmico , debido a ello emite gases en el proceso de corte .

En la ecuación 5.40 se observa que es dividida a un 60% y esto es debido que se recomienda trabajar al 60% para que posea una mayor vida útil. (LASERGRAAF, 2023)

$$P_i = \frac{w \times \tau \times V_{\text{corte}} \times \rho_{\text{material}} (C_p \times \Delta T_{PVC} + L_v)}{n_{\text{óptico}} \times 60\%} \dots (5.40)$$

P_i : Potencia incidente (W)

w : Ancho del haz de láser ($w = 0.001m$)

τ : Espesor del material a cortar ($\tau = 0.00051m$)

V_{corte} : Velocidad con la que se realiza el corte ($V_{corte} = 0.0100 m/s$)

$\rho_{material}$: Densidad de la lona PVC ($\rho_{material} = 1380 Kg/m^3$)

C_p : Capacidad calorífica de la lona PVC ($J/Kg.K$)

ΔT_{PVC} : Variación de la temperatura que es la diferencia de la temperatura de ebullición con la temperatura del medio ambiente del material PVC. (K)

L_v : Calor latente de evaporación (J/Kg)

$n_{\acute{o}ptico}$: Eficiencia de transformación de energía eléctrica a energía óptica.

El espesor de la lona PVC se observa en la ficha técnica del fabricante, el cual se encuentra en el anexo 8 y para el dato del ancho del haz de láser se obtiene del libro del procesamiento de materiales por láser (William M.Steen, 2010).

El dato de la capacidad calorífica para la lona de material PVC es de $880 (J/Kg.K)$. (Capacidad calorífica específica de los materiales, 2023)

El dato de la temperatura de ebullición para la lona de material PVC es de 240 °C (Echemi, 2022) y para la temperatura del medio ambiente se considera 23 °C

La determinación del calor latente se realiza de la división $20.62 \frac{KJ}{mol}$ entre la cantidad de moles $62.5 \frac{g}{mol}$ (CEDRE, 2015)

$$L_v = 329.92 \frac{KJ}{Kg}$$

La eficiencia de transformación de energía eléctrica a energía óptica es 0.88 (William M.Steen, 2010).

Reemplazando los datos y los valores calculados en la ecuación 5.40, se obtiene lo siguiente.

$$P_i = 68.08 W$$

Con la potencia obtenida nos dirigimos al catálogo del fabricante y se elige el valor próximo a la potencia obtenida.

Figura 5.20 Selección de la potencia del tubo láser

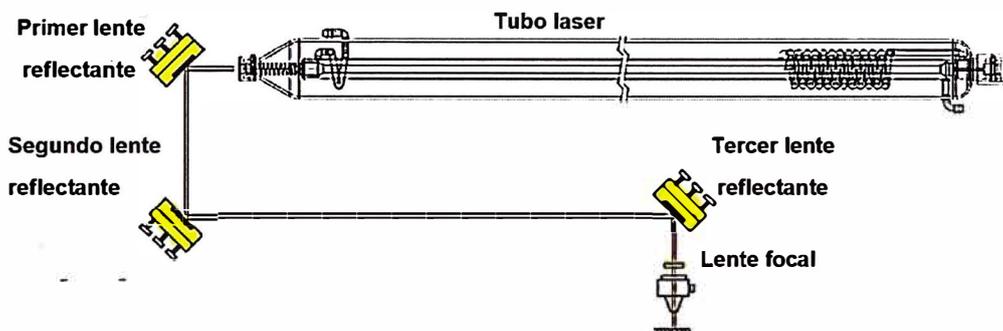
Model Name	Length (mm)	Mounting Position (mm)	Diameter (mm)	Ignition Voltage (KV)	Recommended Current (mA)	Target Power (W)	Max Power (W)
W1	1110	240	80	19	28	75	90
W2	1250	260	80	19	28	90	100
W4	1450	280	80	24	28	100	130
W6	1680	320	80	28	28-30	130	160
W8	1850	320	90	30	28-30	150	180

Fuente: RECI (2008) Manual de instrucciones modelo W

En la figura 5.20 se observa que se elige el tubo láser de CO_2 de modelo W1 que posee una potencia requerida de 75 W y la fuente requerida es de 100 W.

En la selección del tubo láser, también es de importancia el transporte del haz láser para ello se utiliza cuatro lentes donde tres de ellos son lentes reflectantes del material de silicio (Si) de 25 mm de diámetro y el otro lente es el lente de enfoque del material de seleniuro de zinc (ZnSe) de 20 mm de diámetro y a una distancia focal de 50.8 mm. La ubicación del lente se observa en la imagen 5.21.

Figura 5.21 Ubicación del lente reflectante y el lente focal



Fuente: Cloudray industrial solutions (2023) Trayectoria de la luz láser

El lente focal es protegido por el aire comprimido que es proporcionada por una bomba de aire. Esto es necesario ya que cuando la máquina se encuentre realizando el corte de la lona PVC se emiten gases causando que el lente focal se ensucie con las partículas, además la temperatura aumenta lo que ocasiona una menor vida útil del lente focal del láser.

El aire comprimido que se necesita para que el humo no ingrese a la boquilla y no ensucie al lente es de 5 PSI, además si en caso se requiera que no quede marca en el corte entonces la presión del aire comprimido aumenta. (Bestcutter, 2019) En base a ello se utiliza una bomba de aire del modelo ACO-008, la ficha técnica se observa en el anexo 9.

5.8 CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL CHILLER

En la selección de un chiller se requiere determinar la capacidad de enfriamiento, para ello se necesita calcular la potencia calorífica.

$$P_{calorifica} = 4.184 \times C_e \times p_{H_2O} \times Q_{H_2O} \times \Delta T_{H_2O} \dots (5.41)$$

Donde:

$P_{calorifica}$: Potencia calorífica(W)

C_e : Calor específico del agua ($C_e = 1000 \frac{cal}{kg \cdot C}$)

p_{H_2O} : Densidad del agua ($p_{H_2O} = 998.29 \frac{kg}{m^3}$)

Q_{H_2O} : Caudal del agua (m^3/s)

ΔT_{H_2O} : Variación de la temperatura de la salida y entrada del agua en el tubo láser. (°C)

Se determina que el caudal del agua es de $16 \frac{L}{min}$ que es equivalente a $4.44 \times 10^{-6} m^3/s$

El agua se encuentra en el rango de 15 °C a 25 °C esto es debido a que son las temperaturas óptimas para láser de CO_2 con la que trabaja (CHILLER, 2023). Entonces la diferencia de temperatura de entrada y salida del agua es de 10 °C.

Reemplazando los datos en la ecuación 5.41, se tiene que la potencia calorífica es de 185.45 W.

Al valor de la potencia calorífica se le multiplica por un factor de seguridad del 1.2, esto es debido a las pérdidas existentes y al criterio de diseño, por ende, se tiene lo siguiente.

$$P_{calorifica} = 222.54 \text{ W}$$

El chiller que se encuentra próximo al valor calculado, es el chiller industrial CW-5000 que tiene una capacidad de enfriamiento de 800W como se observa en la figura 5.22 y el diagrama se observa en la figura 5.23.

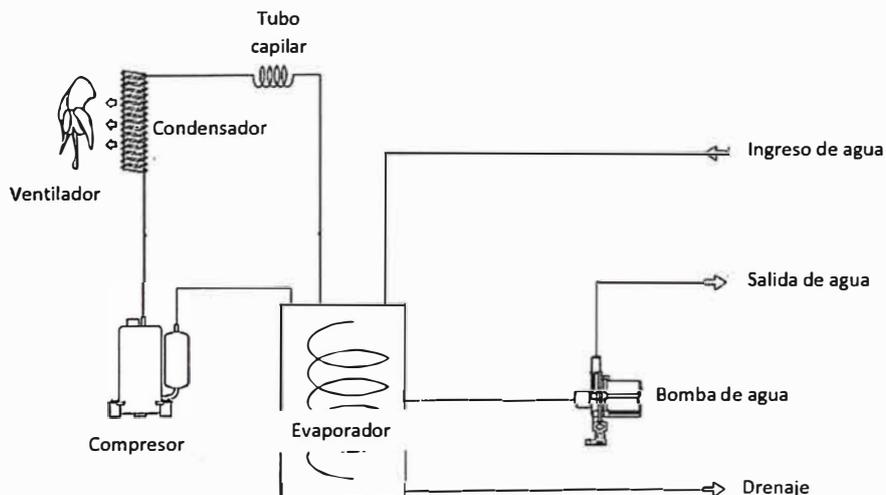
Figura 5.22 Ficha técnica del chiller CW-5000



Dimensiones	L 580 mm x W 29 mm x H 47 mm
Precisión de temperatura	$\pm 0.3^{\circ} \text{ C}$
Frecuencia	50/60 Hz
Voltaje	110/220 V
Capacidad de enfriamiento	800 W
Refrigerante	R-134a
Capacidad del tanque	10 L
Potencia de la bomba	0.03 kW/0.1 kW
Flujo máximo agua	10-16L/min

Fuente: ServicolumbiaDC (2021) Chiller industrial CW-5000

Figura 5.23 Diagrama del sistema de refrigeración del chiller CW-5000



Fuente: S&A (2013) Manual del chiller industrial CW-5000

5.9 CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL EXTRACTOR DE HUMO

En la selección del extractor de humo se requiere definir el voltaje, el caudal y la presión total. El voltaje se determina que es a 220 V, esto es debido a que es compatible con la red eléctrica del lugar en el que trabajará la máquina.

El cálculo del caudal se realiza aplicando la siguiente ecuación. (Group, 2016)

$$Q_{aire} = 3600 \times v_{captación} \times L_{campana} \times H \dots (5.43)$$

Donde:

Q_{aire} : Caudal del aire que circula (m^3/h)

$v_{captación}$: Velocidad de captación del aire (m/s)

$L_{campana}$: Longitud del largo de la campana (m)

H : Longitud de la altura donde se origina el corte hacia la campana (H: 0.35 m)

La selección del valor de la velocidad de captación del aire se basa en la normativa ASHARE donde nos indica el rango de la velocidad de captura de 2.5 m/s a 10 m/s ya que es el desprendimiento a altas velocidades. En los cálculos se considera que la velocidad de captación del aire es de 2.5 m/s. (studocu, 2011)

La longitud del largo de la campana será la misma longitud de la mesa de trabajo que es de 1.68 m como se observa en la tabla 5.4.

Reemplazando los datos en la ecuación 5.43 se tiene lo siguiente.

$$Q_{aire} = 5292 \text{ m}^3/h$$

El valor de la presión total para la selección del extractor es necesario que sea mayor a la pérdida de la carga total. La pérdida de la carga total se determina mediante la suma de las pérdidas de carga en el conducto, pérdida de carga en la campana y la pérdida de carga en los codos.

$$\Delta P_{Total} = \Delta P_{conducto} + \Delta P_{cam \text{ y } codo} \dots (5.44)$$

Donde:

ΔP_{Total} : Pérdida de carga total (mm c.d.a)

$\Delta P_{conducto}$: Pérdida de carga del conducto (mm c.d.a)

$\Delta P_{cam \text{ y } codo}$: Pérdida de carga de la campana y de los codos (mm c.d.a)

La pérdida de carga del conducto se calcula en la siguiente ecuación.

$$\Delta P_{conducto} = L_{conducto} \times n_{rec} \dots (5.45)$$

Donde

$L_{conducto}$: Longitud del conducto (m)

n_{rec} : Coeficiente de proporcionalidad para tramos rectos

La longitud del conducto es la distancia de la campana hacia el exterior que es de 7 m.

El coeficiente de proporcionalidad para tramos rectos es de 0.2 y se obtiene al determinar con las curvas que se presenta en el manual de ventilación. (Group, 2016)

Reemplazando los datos en la ecuación 5.45 se tiene lo siguiente.

$$\Delta P_{\text{conducto}} = 1.4 \text{ mm c. d. a}$$

La pérdida de carga de la campana y de los tres codos se calcula en la siguiente ecuación.

$$\Delta P_{\text{cam y codo}} = (n_{\text{campana}} + n_{\text{codo 1}} + n_{\text{codo 2}} + n_{\text{codo 3}}) \times P_{\text{dinámica}} \dots (5.46)$$

n_{campana} : Coeficiente de proporcionalidad para la campana

$n_{\text{codo 1}}$: Coeficiente de proporcionalidad para el codo inicial

$n_{\text{codo 2}}$: Coeficiente de proporcionalidad para el codo intermedio

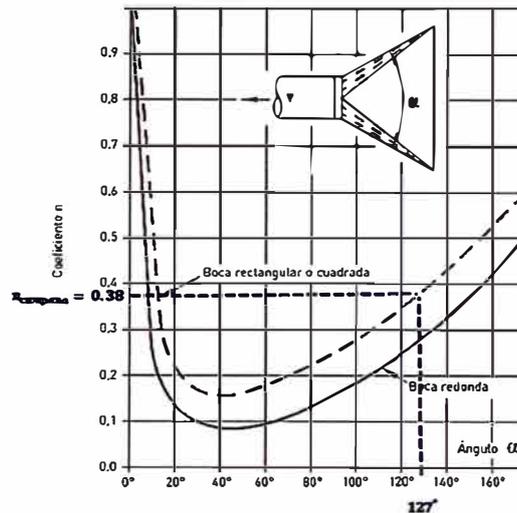
$n_{\text{codo 3}}$: Coeficiente de proporcionalidad para el codo final

$P_{\text{dinámica}}$: Presión dinámica (mm c.d.a)

El coeficiente de proporcionalidad para la campana de captación y el coeficiente de proporcionalidad del codo continuo se obtiene al determinar con las curvas que se presenta en el manual de ventilación (Group, 2016). La determinación del coeficiente de proporcionalidad para la campana se

necesita el ángulo de la campana, que para el diseño se considera un ángulo de 127°.

Figura 5.24 Gráfica para la selección del coeficiente proporcional de la campana



Fuente: Soler Palau (2016) Pérdida de carga por rozamiento del aire

Entonces el coeficiente de proporcionalidad para la campana de captación de boca rectangular es de 0.38.

La determinación del coeficiente de proporcionalidad para los codos se necesita determinar el radio de curvatura que tendrá el codo y el diámetro del conductor que es el mismo diámetro del extractor de humo.

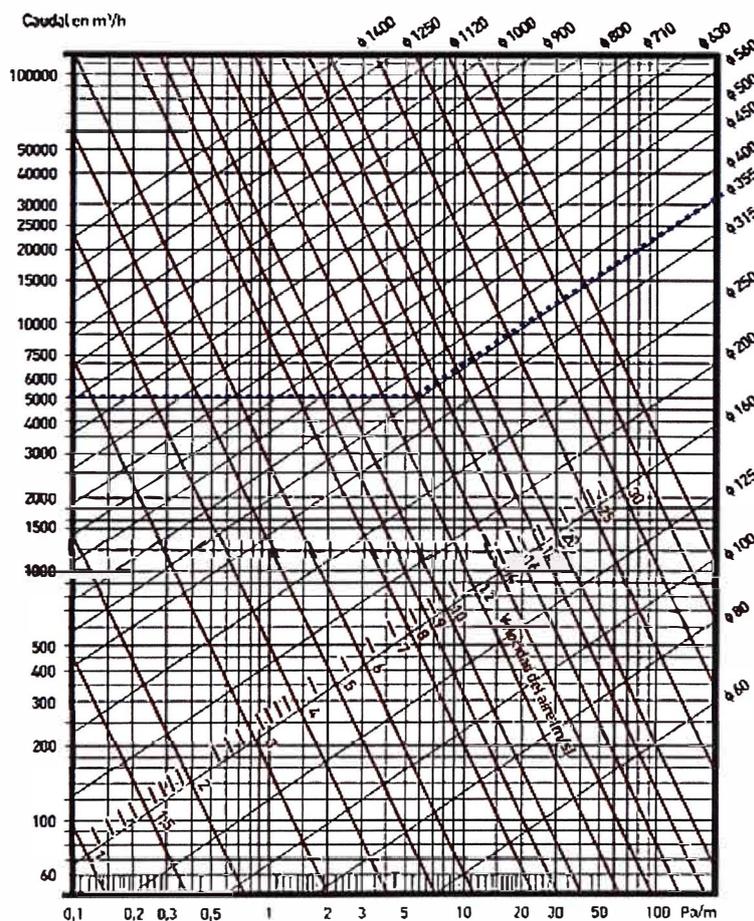
La determinación del radio de curvatura se define que para el codo 1 que es el codo inicial es de 3.3 mm, para el codo 2 que es el codo intermedio es de 3.3 mm y para el codo 3 que es el codo final es de 17 mm.

La determinación del diámetro del extractor de humo se realiza analizando la gráfica que se observa en la figura 5.25, para seleccionar el

diámetro se necesita el valor del caudal y de la velocidad del aire dentro del conducto.

Se tiene que el caudal calculado es de $5292 \text{ m}^3/\text{h}$ y la velocidad del aire dentro del conducto para polvos secos se encuentra en un intervalo de 13 m/s a 18 m/s y para la selección de acuerdo a la gráfica se considera de 14 m/s. (Group, 2016)

Figura 5.25 Gráfica de la selección del diámetro del extractor

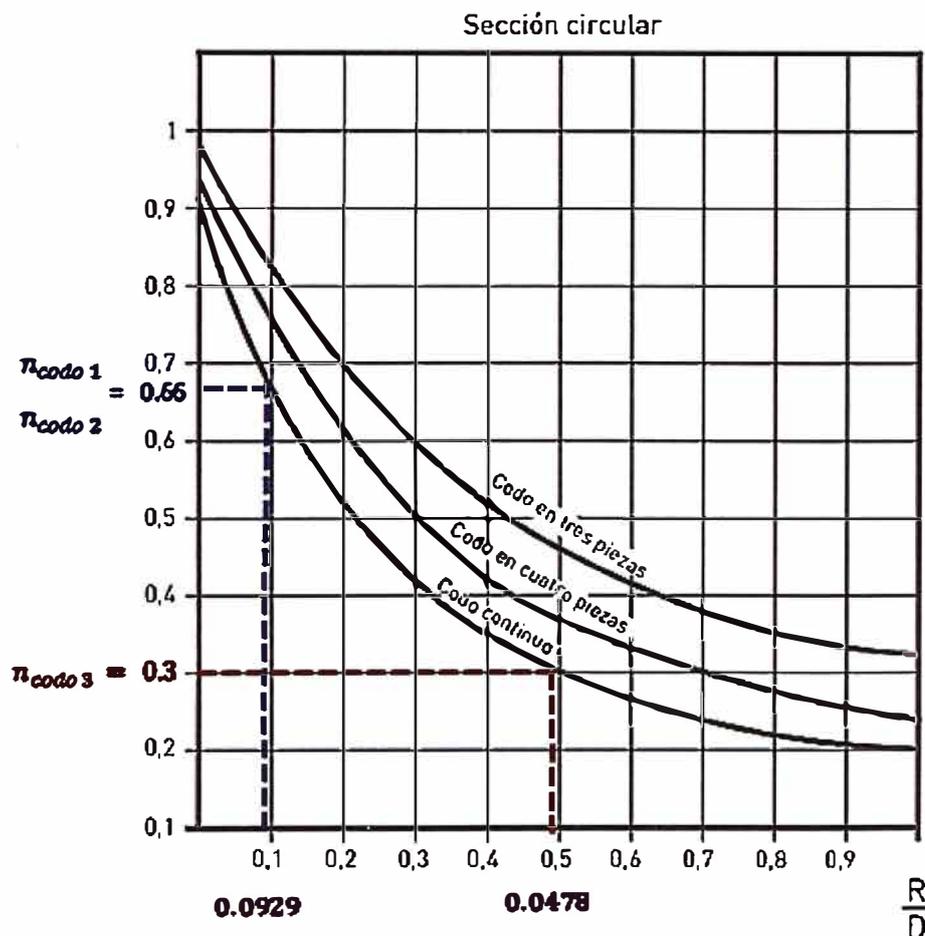


Fuente: Soler Palau (2016) Pérdida de carga por rozamiento del aire

En la figura 5.25 se observa que el diámetro del extractor es de 355 mm.

La determinación del coeficiente de proporcionalidad para los codos se observa en la figura 5.26, para ello se tiene que radio del codo 1 y codo 2 que es 3.3 mm se divide entre el diámetro 355 mm y nos da el valor de 0.009. Para el codo tres la división del radio que es de 17 mm entre el diámetro calculado que es de 355 mm nos da un valor de 0.047.

Figura 5.26 Gráfica para la selección del coeficiente proporcional del codo 1 , codo 2 y codo 3.



Fuente: Soler Palau (2016) Coeficiente de pérdidas de carga de codo

El cálculo de la presión dinámica se realiza en la siguiente ecuación.

$$P_{dinámica} = \frac{v_{conducto}^2}{16} \dots (5.47)$$

Donde:

$v_{conducto}$: Velocidad del aire dentro del conducto ($v_{conducto} = 14 \text{ m/s}$)

Reemplazando el dato en la ecuación 5.47 se tiene la presión dinámica.

$$P_{dinámica} = 12.25 \text{ mm c. d. a}$$

Con los valores obtenidos de los coeficientes proporcionales y de la presión dinámica se reemplaza en la ecuación 5.46 para calcular la pérdida de carga de la campana y de los codos.

$$\Delta P_{cam \text{ y } codo} = (0.38 + 0.66 + 0.66 + 0.3) \times 12.25$$

$$\Delta P_{cam \text{ y } codo} = 24.5 \text{ mm c. d. a}$$

Con los valores obtenidos de la pérdida de carga del conductor y la pérdida de carga de la campana y codos, entonces dichos valores se reemplazan en la ecuación 5.44 para calcular la pérdida de la carga total.

$$\Delta P_{Total} = 25.9 \text{ mm c. d. a} \quad \langle \rangle \quad 253.99 \text{ Pa}$$

En la selección del extractor de humo es necesario que los valores de presión y caudal sean mayores a lo obtenido por los cálculos, es por ello que se selecciona el extractor de potencia de 750 W como se observa en la figura 5.27.

Figura 5.27 Selección del extractor de humo

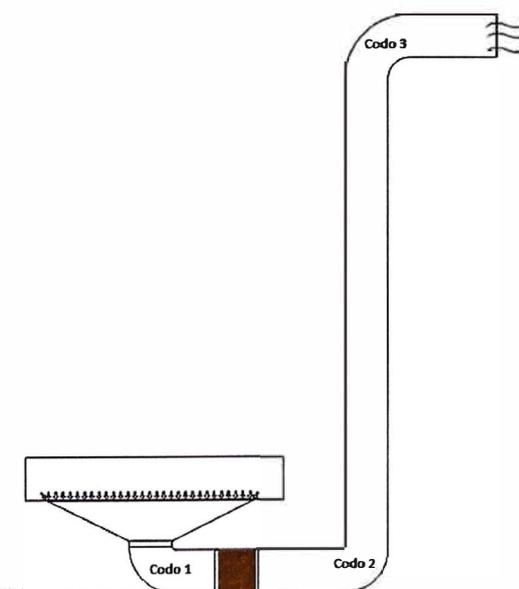


modelo	potencia (kilovatios)	voltaje (V)	velocidad (R/MIN)	Volumen de aire (M3/H)	Presión total (Pa)
2-2	0.12	220/380	2800	1300	140
2-4	0.06	220/380	1450	600	20
2.5-2	0.25	220/380	2800	2100	215
2.5-4	0.09	220/380	1450	1000	35
3-2	0.37	220/380	2800	3000	230
3-4	0.12	220/380	1450	2000	59
3.5-2	0.75	220/380	2800	6000	260
3.5-4	0.25	220/380	1450	4000	100
4-2	1.5	220/380	2800	10000	270
4-4	0.55	220/380	1450	5870	149
5-2	2.2	220/380	2800	15000	300
5-4	0.75	220/380	1450	10000	200
6-4	2.2	220/380	1450	18700	300
7-4	3	380	1450	24500	350
8-4	4	380	1450	37200	375

Fuente: Qintao (2023) Medidas físicas del ventilador de flujo axial

En la figura 5.28 se observa la ubicación del extractor de humo y de la ubicación de la campana, codos y el ducto. La ubicación de la campana es debajo de la máquina y esto es debido a que el aire comprimido es en dirección hacia abajo.

Figura 5.28 Ubicación del extractor de humo



Fuente propia

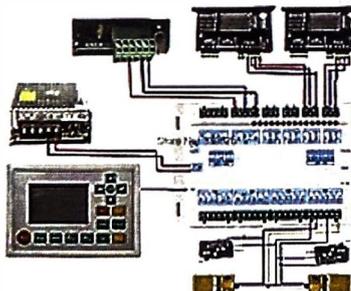
5.10 SELECCIÓN DE LA TARJETA DE CONTROL

En la selección de la tarjeta de control es útil ya que nos permite seleccionar la potencia, velocidad y el movimiento en las diferentes coordenadas, para ello es necesario seleccionarlo de acuerdo a las características que se necesita para el diseño de la máquina CNC láser de CO_2 .

De acuerdo al diseño de la máquina láser de CO_2 se necesita seleccionar que como mínimo realice el control para dos ejes, además que tenga compatibilidad con todos los USB y que tenga la capacidad de visualización del recorrido del cabezal láser en la pantalla de la interfaz.

En base a los requerimientos mencionados se selecciona el controlador de la marca RUIDA y del modelo RDC6442 G. En la figura 5.29 se observa la ficha técnica del controlador seleccionado.

Figura 5.29 Ficha técnica RDC6442 G

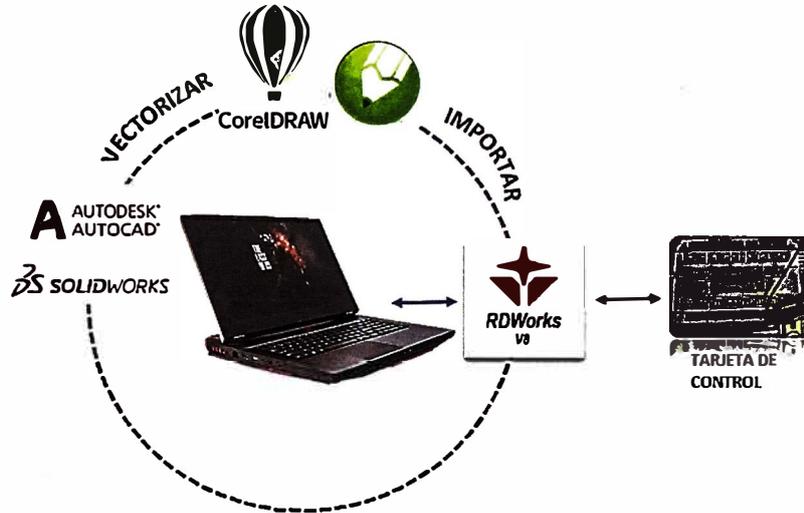


RDC6442 G	
Fuente láser	Tubo de vidrio de CO_2 , Tubo de RF de CO_2 , láser UV
Eje	4
Fuente de alimentación	24 V (Compatible con 36 V)
Memoria interna	128 MB
Panel	Pantalla color 3.5" + teclas
Interface de comunicación	Ethernet, USB y WIFI
Software de aplicación	RD Works

Fuente: Ruida (2021) Manual RDC6442 G

La máquina CNC láser de CO_2 necesita de una fuente de 24 V para el funcionamiento de la tarjeta de control y utiliza el RD Works. En la figura 5.30 se observa el proceso a realizar para la conversión de archivos.

Figura 5.30 Proceso de conversión de archivos

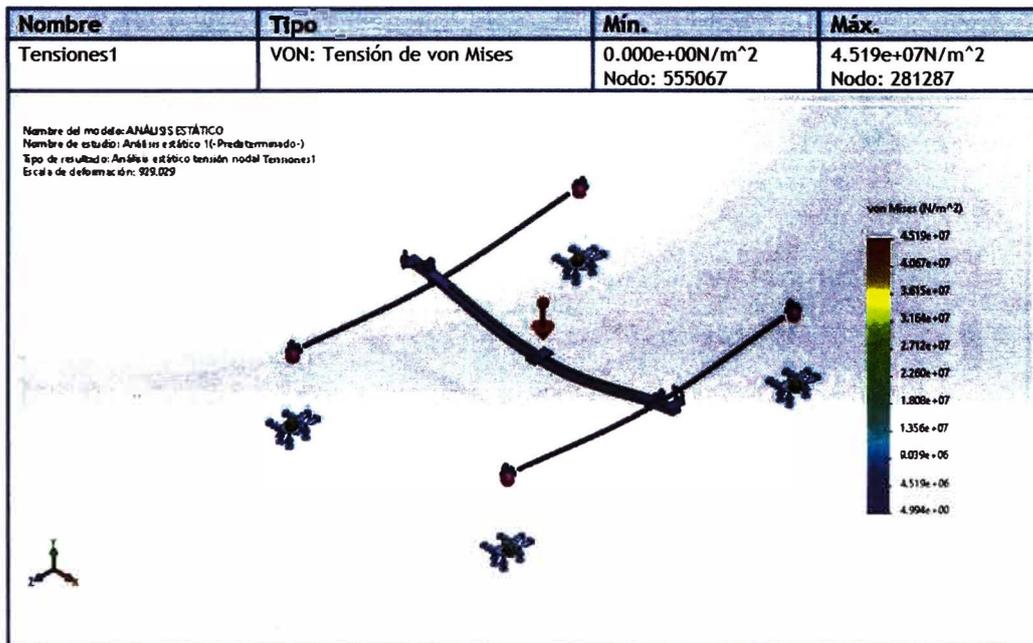


Fuente propia

5.11 ESTUDIO DE LOS ESFUERZOS DE LA ESTRUCTURA

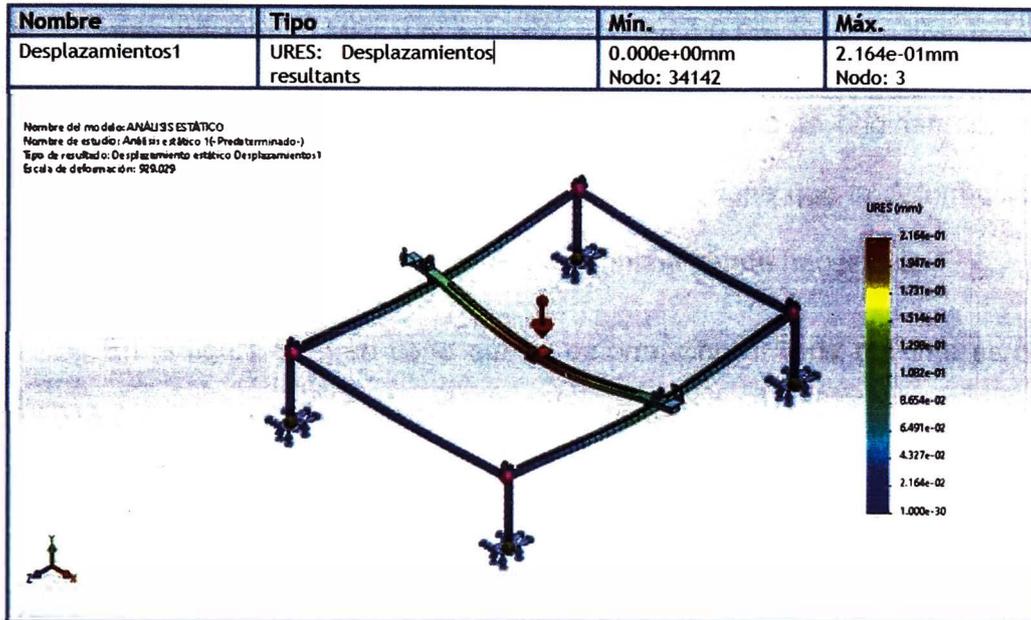
La estructura de la máquina CNC es del material acero estructural ASTM 36 y se realiza la simulación como se observa en las siguientes figuras.

Figura 5.31 Simulación de tensiones



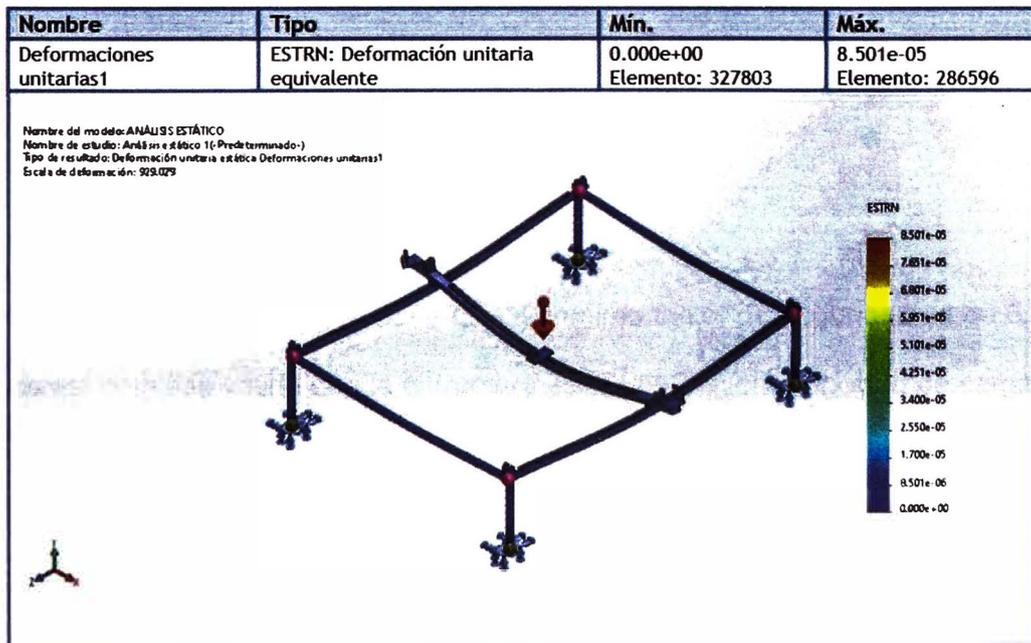
Fuente propia

Figura 5.32 Simulación de desplazamientos



Fuente propia

Figura 5.33 Simulación de deformación unitario



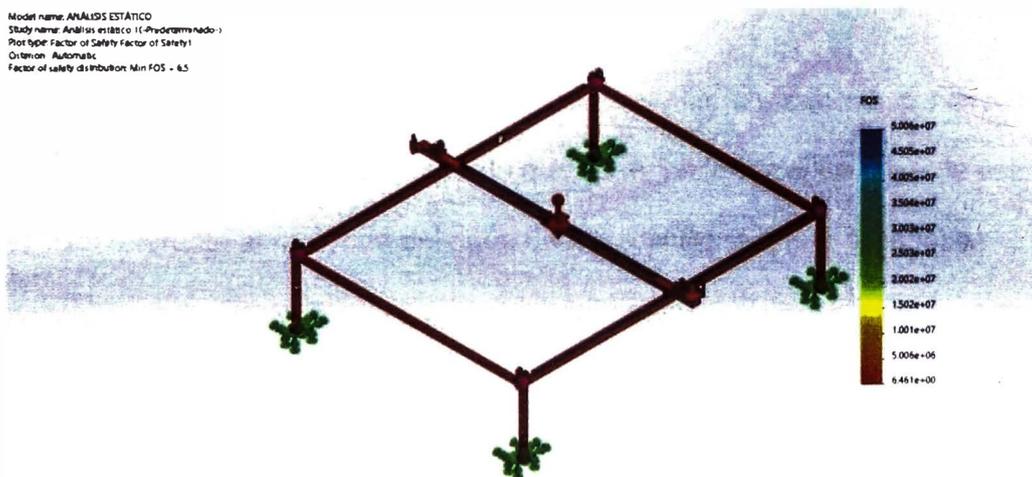
Fuente propia

De la simulación en SolidWorks 2021 se obtiene de la figura 5.31 que el esfuerzo máximo 45 MPa y el esfuerzo mínimo 4.9 Pa.

En la figura 5.32 se tiene las deformaciones que se originan por las fuerzas de los componentes mecánicos, donde se tiene que la deformación máxima es de 0.216 mm y la deformación mínima tiende a ser nula.

En la figura 5.33 se tiene que la deformación unitaria máxima es de $8.501e-05$ y la deformación unitaria mínima tiende a ser nula.

Figura 5.34 Simulación para obtener el factor de seguridad



Fuente propia

En la figura 5.34 se tiene que el mínimo factor de seguridad es de 6.5 es así como se valida que la estructura tiene una mayor capacidad de carga.

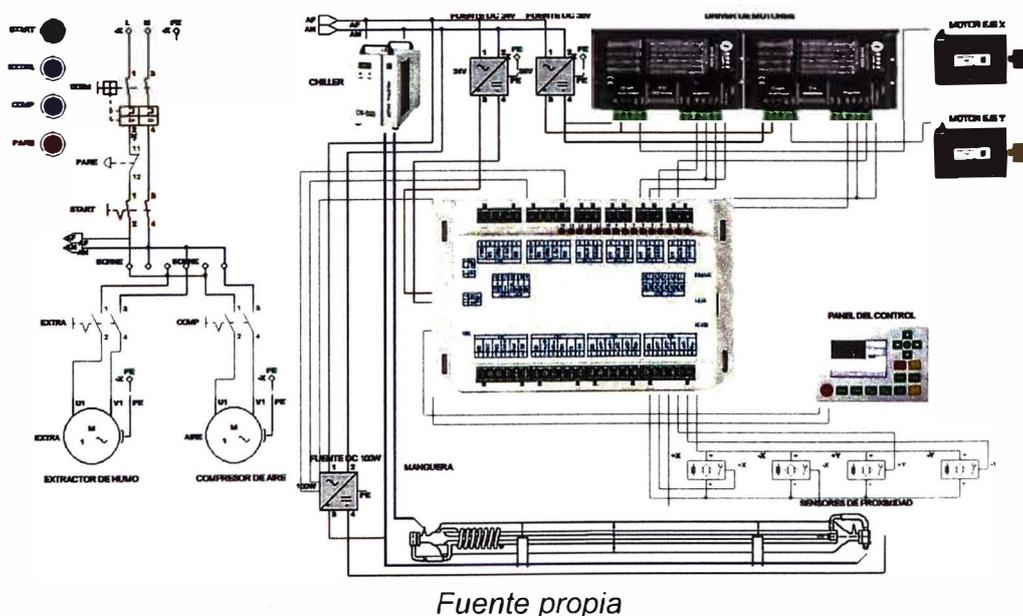
5.12 CONEXIÓN DEL DISEÑO ELÉCTRICO

En la conexión del circuito eléctrico se realiza primero la conexión del enchufe y la activación del interruptor termomagnético. Luego se presiona el botón de comenzar que es de color verde e inmediatamente se enciende la fuente de 24 V que es para el funcionamiento de la tarjeta de control, simultáneamente se enciende la fuente de 36 V que es para el funcionamiento del driver y se enciende la fuente de 100w del tubo láser.

Sincrónicamente se enciende el sistema de refrigeración que en este caso sería el chiller.

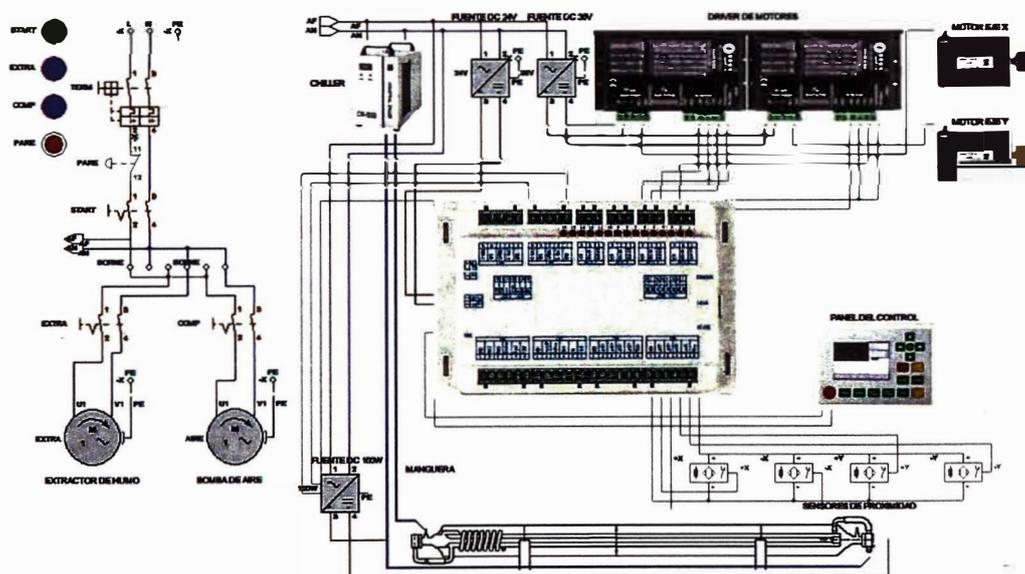
En la figura 5.35 se observa en color rojo las conexiones del circuito eléctrico al seleccionar el botón verde que es de encendido. La línea de color azul es referente al recorrido del agua desde el chiller hacia el tubo láser.

Figura 5.35 Encendido del circuito eléctrico



Luego de realizar el encendido del circuito eléctrico, se presiona los dos botones de color azul que es el botón de la bomba de aire y el botón del extractor de humo. En la figura 5.36 se observa que el circuito eléctrico está correctamente conectado por ende el sistema de la máquina CNC láser de CO_2 se encuentra operativa para realizar el corte de la lona PVC.

Figura 5.36 Encendido de la bomba de aire y del extractor de humo



Fuente propia

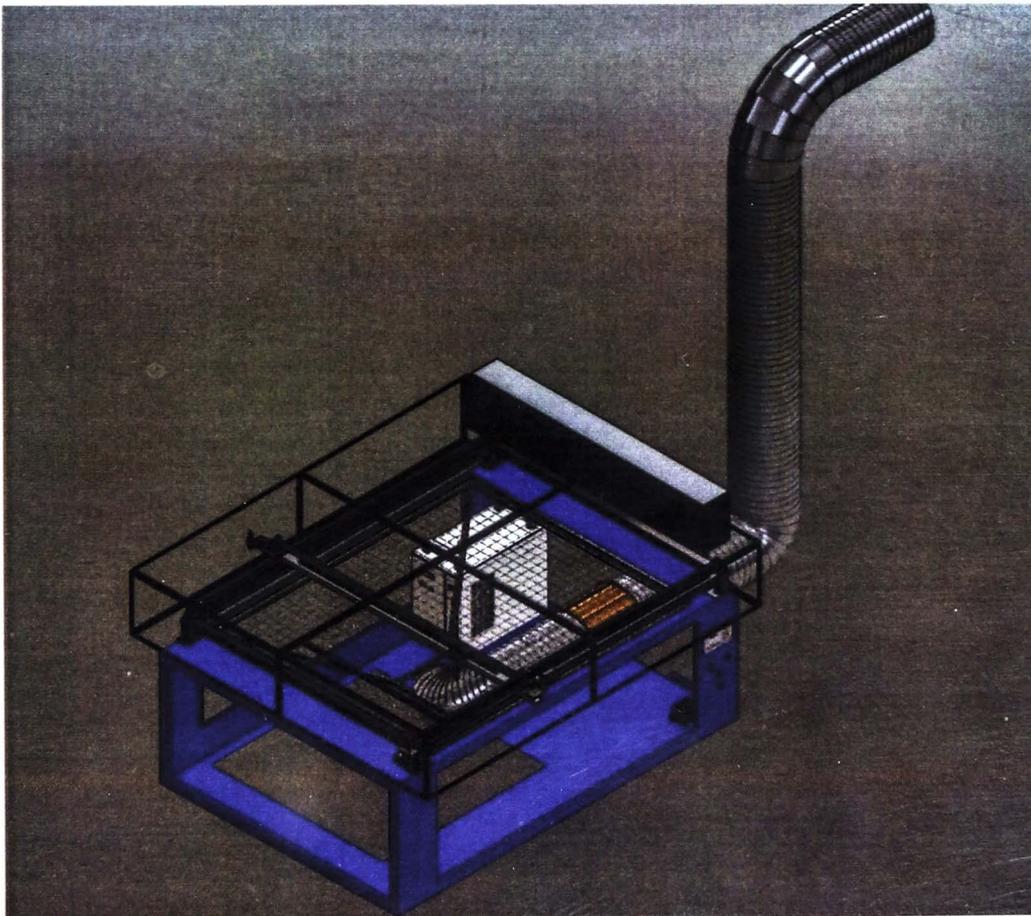
En la figura 5.36 también se observa un botón rojo que su funcionamiento es en caso exista una falla en el sistema de la máquina, es decir el botón rojo se presiona en caso de alguna emergencia. Al presionar el botón rojo se origina que la fase del circuito se desconecte, por ende, el sistema se detiene completamente.

5.13 DISEÑO DE LA MÁQUINA CNC LÁSER DE CO_2

En el diseño de la máquina CNC láser de CO_2 se observa la ubicación de los componentes seleccionados. Además, se tiene en cuenta que al realizar el funcionamiento de la máquina se encuentre cerrada es por ello que en el diseño se realiza una compuerta elevadora accionada por unos amortiguadores neumáticos.

El plano estructural de la máquina CNC láser de CO_2 se observa en el anexo 10.

Figura 5.37 Diseño en SolidWorks de la máquina CNC láser de CO_2



Fuente propia

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD

El análisis de la productividad consiste en comparar el tiempo invertido al realizar un corte manual comparado con el tiempo invertido al realizar un corte en la máquina láser de CO_2

Las mediciones del tiempo en el corte manual se han realizado midiendo el tiempo con un cronómetro desde el proceso de trazado y el proceso corte.

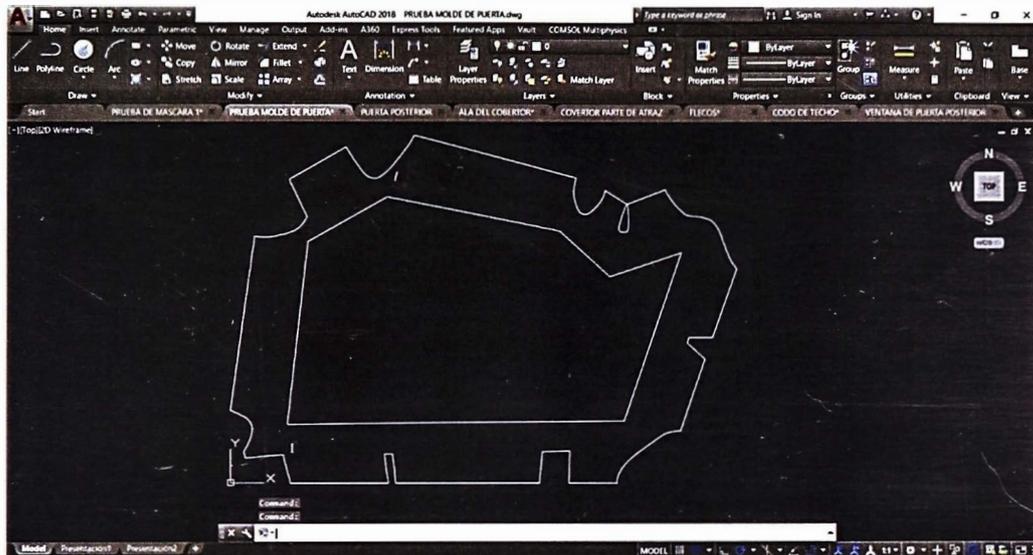
Las mediciones del tiempo en el corte con la máquina CNC láser de CO_2 se realiza primero realizando el diseño en AutoCAD para luego vectorizarlo en el CorelDRAW para que posteriormente se importe en RD Works. En la figura 6.1 se observa el molde y en la figura 6.2 se observa el diseño en AutoCAD.

Figura 6.1 Molde de una puerta delantera



Fuente propia

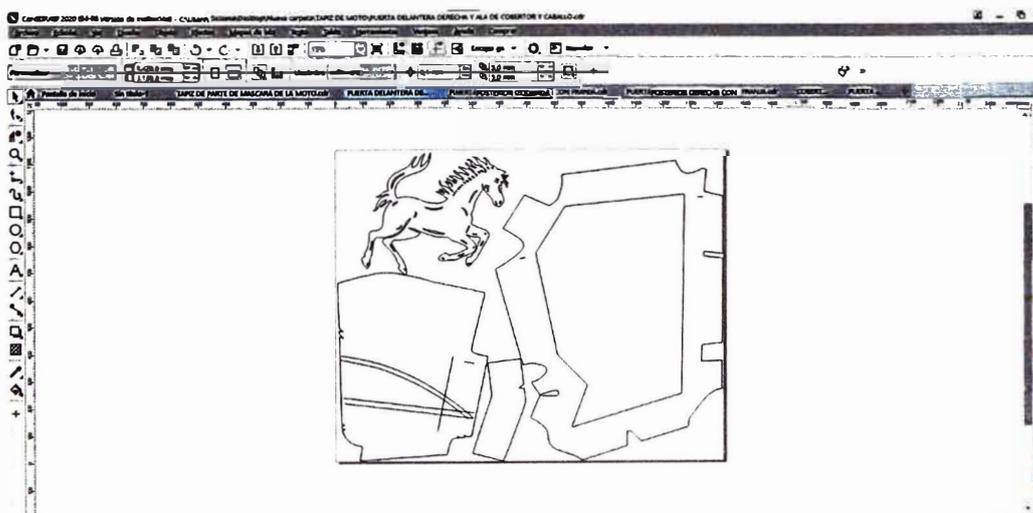
Figura 6.2 Diseño del molde de una puerta delantera



Fuente propia

En la figura 6.2 se observa el diseño de un molde de tapiz una puerta delantera de un mototaxi, es así como se realiza el diseño de todas las piezas. Después de realizar el diseño en AutoCAD se importa a CorelDRAW para que el dibujo se vectorice como se observa en la figura 6.3.

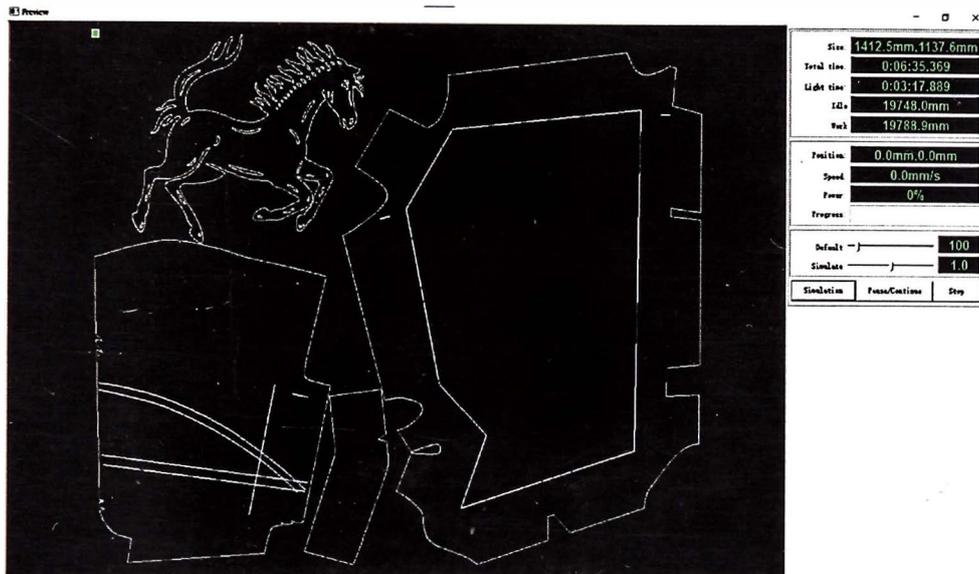
Figura 6.3 Vectorización de una puerta delantera



Fuente propia

En la figura 6.4 se observa la simulación de corte en el software RD Works y se determina el tiempo de corte.

Figura 6.4 Simulación de corte en software RD Works



Fuente propia

El proceso se realiza para medir el tiempo de todas las piezas de tapiz. En la tabla 6.1 se obtiene una comparación del tiempo invertido en el corte manual y en el corte de la máquina CNC.

Tabla 6.1 Medición del tiempo de corte manual y de la máquina CNC

Medición de tiempo para el corte de tapiz de lona PVC			
N°	Descripción	Tiempo CNC	Tiempo manual
1	Techo	2min 16s	11min 30s
2	Máscara	4min 31s	9min 50s
3	Puertas delanteras	3min 8s	9 min
4	Puertas posteriores	3min 8s	8min 20s
5	Cobertor	5min 16s	9min 48s
6	Dibujo de caballito	1min 48s	9min 50s
7	Dibujo Nike	41s	7min 20s
8	Flecos	8min 36s	14min 20s
9	Posicionamiento del molde	8 min	16min 12s
10	Ubicación del material	10min	14min14s
Tiempo total		47min 24s	1h 38min 54s

En la tabla 6.1 se observa el tiempo que se invierte en realizar un tapiz completo. Al determinar el tiempo invertido se obtiene la cantidad de tapices diarios que se puede cortar como se observa en la tabla 6.2, cabe resaltar que se considera 8 h diarias de trabajo, además al valor del tiempo manual se multiplica por un valor de 1.5 ya que se considera que el trabajador durante su labor está expuesto a distracciones y su eficiencia disminuye debido al cansancio del corte manual.

Tabla 6.2 Producción diaria de corte de tapices completos

	Producción diaria de tapices		
	Horas de trabajo	Tiempo de corte	Producción diaria
Máquina CNC	8 h	47 min 24 s	10
Personal para el corte manual	8 h	2h 28 min 21 s	3

En la tabla 6.3 se observa el valor de ganancia que se obtiene para la empresa, cabe resaltar que para determinar el valor de la plusvalía se calcula como la diferencia del valor que se obtiene al multiplicar la cantidad de tapices diarios por el precio que cuesta al realizar el tapiz al destajo menos el valor de costo de inversión diaria.

El costo de inversión diaria del personal que habilita el corto se basa en el sueldo de S/1100 dividido en 30 días. El costo de inversión de la máquina CNC se calcula de la suma del sueldo diario del operador calificado que usará la máquina más el costo de la energía eléctrica consumida diariamente.

El costo de la energía eléctrica consumida diariamente se observa en la tabla 6.3.

Tabla 6.3 Costo de energía eléctrica consumida diariamente

Costo de energía eléctrica consumida diariamente	
Descripción	Cantidad
Potencia de máquina láser	2000 W
Horas trabajadas diariamente	8 h
Precio de un KWh	S/0.65
Total de costo de energía diariamente	S/10.4

En la tabla 6.4 se observa la ganancia diaria que se obtendría si se realiza corte manualmente o la ganancia diaria con el corte de la máquina CNC.

Tabla 6.4 Ganancia diaria en el proceso de corte

Ganancia diaria en el proceso de corte				
	Cantidad de tapices diario	Precio tapiz destajo	Costo de inversión corte por día	Ganancia
Personal habilitación	3	S/15	S/ 36.66	S/8.34
Máquina CNC	10	S/15	S/ 47.14	S/102.86

En la tabla 6.4 se observa que la ganancia generada por la máquina CNC es mayor comparada con la ganancia originada por el personal de habilitación y esto se da debido a que la máquina CNC es más productiva.

Además, se tiene que el material sobrante originada por la máquina CNC láser de CO_2 tiene una masa de un 1 Kg y material sobrante que se origina con el corte manual es de 1.5 Kg

6.2 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE CORTE

6.2.1 Prueba de corte

Al realizar el corte la lona PVC se tiene que la calidad del corte varía de acuerdo a la potencia y a la velocidad es por ello que se digita en el programa RD Works el valor de la velocidad y el porcentaje de potencia con la que se realiza el corte en la máquina CNC.

El análisis de la variación de la velocidad se realiza a una velocidad inicial de $5^{mm}/s$ y va aumentando en $5^{mm}/s$ hasta llegar al valor de $30^{mm}/s$, a partir de $30^{mm}/s$ irá aumentando en $10^{mm}/s$ hasta llegar al valor máximo $180^{mm}/s$. La potencia varía del de 10% al 100%. La variación se realiza en el software RD Works en la figura 6.1.

Figura 6.5 Variación de potencia y velocidad en el software RD Works

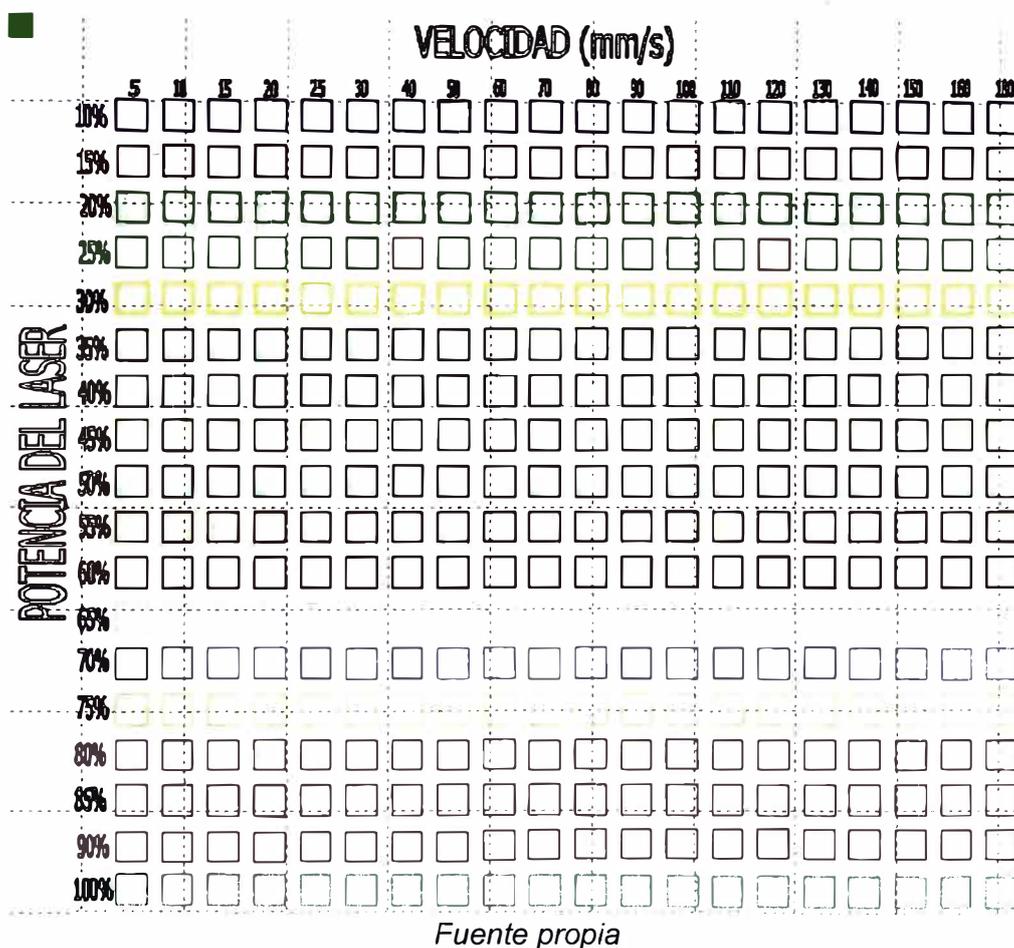
Capas	Modo	Salida	Esco
	Corte	Si	Ni

Color	
Min Poder (%) -1	50.0
Max Poder (%) -1	50.0
Velocidad (mm/s)	100.00
Prioridad	17

Fuente propia

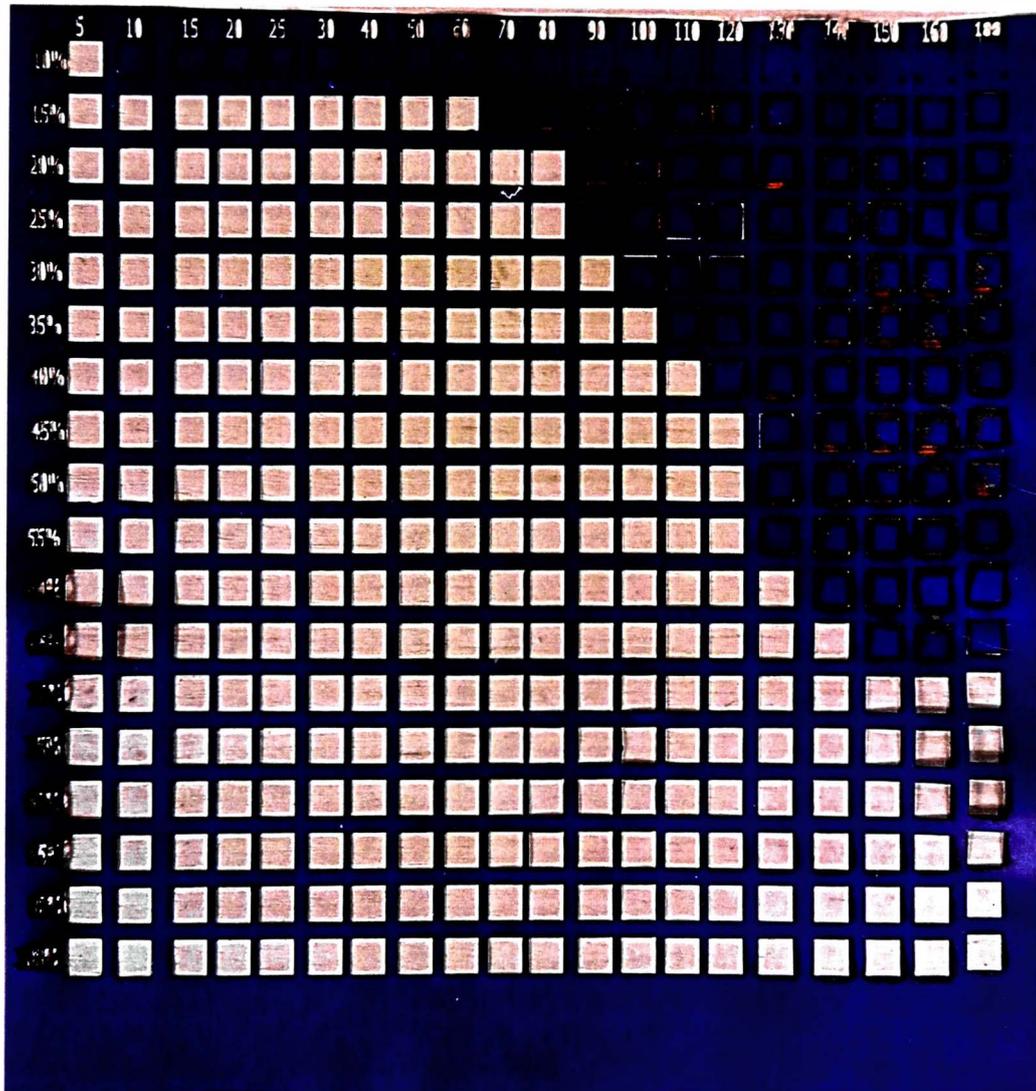
En la figura 6.6 se observa el diseño que se realiza en RD Works, este diseño es para realizar el corte de los cuadrados. El corte se realiza por columnas ya que cada color es para la misma velocidad variando solo el porcentaje de la potencia.

Figura 6.6 Diseño para la prueba de corte en RD Works



En la figura 6.7 se observa la realización del test de prueba para el corte. Donde el corte se aprecia de mejor calidad a un 50% de potencia y a una velocidad de $100^{mm}/s$, además se observa que a mayor velocidad y a bajo porcentaje de potencia no se realiza el corte de lona PVC.

Figura 6.7 Prueba de corte en la máquina CNC láser de CO₂ a una distancia focal óptima



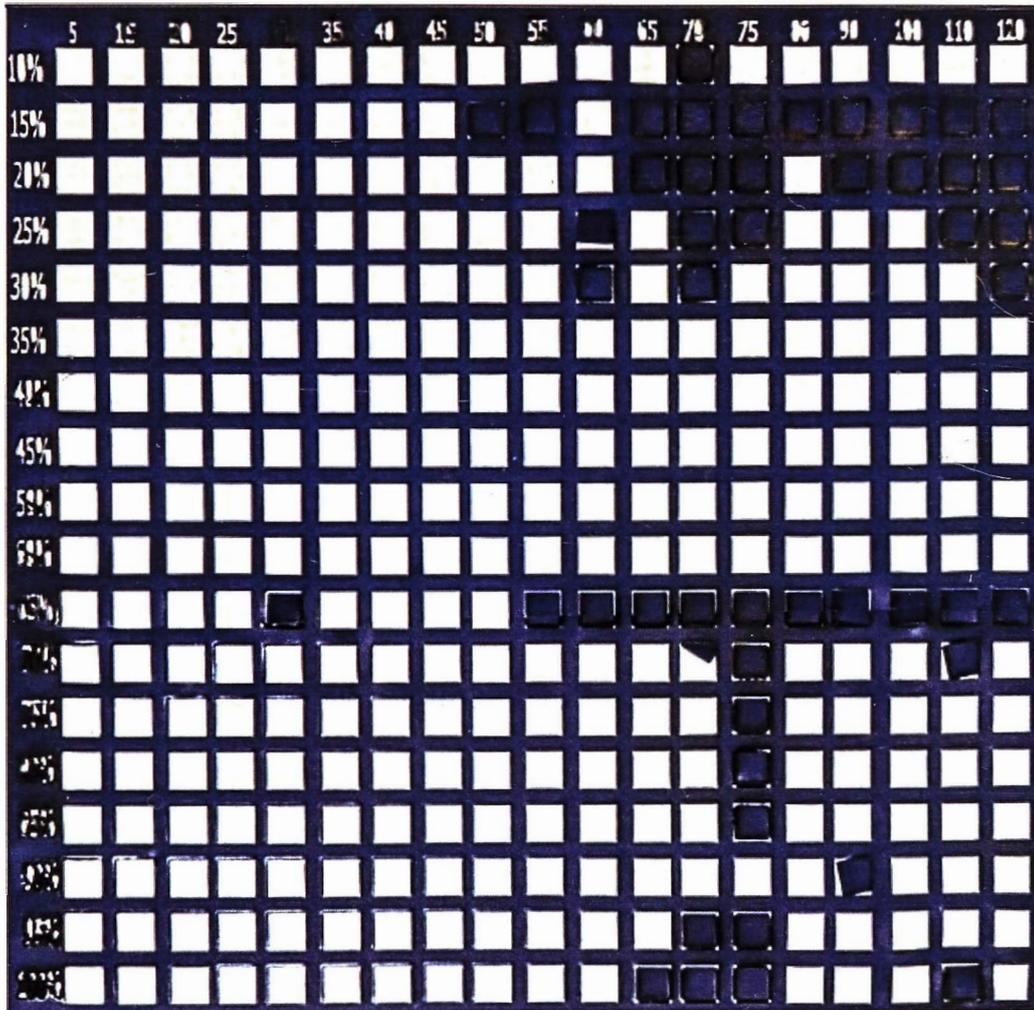
Fuente propia

Al realizar el corte a mayores velocidades y menores potencias se obtiene mayor cantidad de partículas del material donde se observa que el material se mancha por el polvo de color negro.

La prueba realizada en la figura 6.7 es a una distancia focal de 5.08 mm. Se realizaron varias pruebas como se observa en la figura 6.8 y se

observa que existe algunos cortes que no se han realizado ya que la distancia focal se descalibró.

Figura 6.8 Prueba de corte variando la altura del cabezal láser con la máquina CNC láser de CO₂



Fuente propia

6.3 COSTOS DE LA MÁQUINA CNC LÁSER DE CO_2

En la tabla 6.5 se tiene el costo de cada componente de la máquina CNC láser de CO_2 valorizado en dólares.

Tabla 6.5 Costo de los componentes

Costo de componentes		
Cantidad	Descripción	Precio
1 JUEGO	Kit de partes mecánicas	\$ 264.00
2 JUEGOS	Motores 573S15-15 con driver 3DM580	\$206.82
1 UNID	Fuente de poder tubo láser 100w	\$ 141.24
1 UNID	Filtro EMI 20 A	\$10.45
1 JUEGO	3 espejos y 1 lente focal	\$36.52
1 UNID	Fuente de mainboard 24V 75W	\$ 21.75
1 UNID	Tarjeta de control y pantalla	\$224.10
1 UNID	Tubo láser CO_2 75W	\$ 482.44
1 UNID	Varilla acerada 12mm X 150CM	\$ 31.00
1 UNID	Correa de transmisión 15mm X 1600CM	\$ 128.37
2 UNID	Guía lineal HGR15 X3000mm	\$ 267.56
2 UNID	Carril HGR15	\$ 36.48
4 UNID	Sensor PL-05N	\$ 32.43
1 UNID	Bomba de aire ACO-008 ^a	\$ 130.00
1 UNID	Fuente de 36V 360W	\$41.00
1 UNID	Chiller CW5000	\$ 762.00
VARIOS	Cables, borneras, interruptores	\$ 35.14
VARIOS	Pernos M4, M5, 1/4 in, 3/8 in	\$ 13.50
1 UNID	Manguera de 3/8 X 3 m y niples	\$21.60
1 UNID	Malla de la mesa 1.70 m	\$ 10.81
1 UNID	Tubo rectangular de aluminio	\$ 10.00
1 JUEGO	Sistema de extracción de aire	\$ 148.65
2 UNID	Tubo rectangular 60X40X1,5mm 6M	\$ 23.85
2 UNID	Plancha de 1/16	\$ 68.00
1 UNID	Jebe Z 3 m	\$ 6.00
1 UNID	Plancha acrílica 1,80*2,2*1,5	\$ 54.00
2 UNID	Amortiguador de neumático	\$ 13.00
3 UNID	Angulo 1/2 X 1,5mm	\$ 27.00
Suma total de los componentes (USD)		\$ 3,247.71

En la tabla 6.6 se tiene el costo de los servicios a requerir para la realización de la máquina CNC láser de CO_2 valorizado en dólares.

Tabla 6.6 Costo de los servicios

Costo de servicios	
Descripción	Precio
Servicio de ensamblado	\$ 200.00
Servicio de pintado al horno	\$ 14.70
Servicio de soldado	\$ 16.66
Servicio de dobléz de plancha	\$ 5.00
Servicio de corte de tubos	\$ 5.00
Pago de importación	\$150.00
Suma total de los servicios (USD)	\$ 391.36

El diseño de la máquina CNC de CO_2 se encuentra valorizada en \$ 3639,07 que multiplicada por un tipo de cambio de 4.1 se obtiene S/14920,19.

En la tabla 6.7 se observa que la inversión se recupera en un estimado de 6 meses y dos días.

Tabla 6.7 Tiempo de recuperación de inversión

Tiempo de recuperación de inversión	
Descripción	Valor
Costo de la máquina	S/14,920.19
Ganancia mensual	S/2,461.44
Recuperación de inversión	6.06 meses

En la figura 6.9 se observa la máquina CNC láser de CO_2 .

Figura 6.9 Máquina CNC láser de CO_2



Fuente propia

CONCLUSIONES

- Se verifica que el diseño de la máquina CNC aumenta la productividad en el proceso de corte de lona ya que comparando el corte manual y el corte de la máquina CNC se demuestra que aumentó en el 233.33%.
- Se valida que los componentes seleccionados son los correctos esto es debido a que permite que la máquina CNC láser sea eficiente en la calidad de corte de la lona, donde se tiene que el corte de calidad se realiza a una velocidad 100 mm/s y a una potencia del 50 % de esta manera se corrobora las consideraciones teóricas con las pruebas experimentales. Además, el diseño estructural de la máquina CNC láser de CO_2 es la correcta ya que se comprueba mediante la simulación en SolidWorks que las deformaciones en la estructura son mínimas.
- Se demuestra que el costo del corte lona disminuye cuando se utiliza una máquina CNC láser esto es comparado con el corte manual ya que si se requiere obtener la misma producción entonces la cantidad de operarios aumentarían por ende generaría una mayor inversión. Asimismo, se tiene que los desperdicios han disminuido en 500 g con el corte de la máquina ya que en programa RD Works se ubica con mayor precisión el diseño del molde.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se realice un diseño mejorado de la máquina CNC de CO_2 donde se implemente un sistema de rodillo para que de esa manera la lona PVC se desplace en el área de trabajo, además en el diseño se tiene que incorporar sensores en la tapa de protección de la máquina, para que así solo se utilice cuando la máquina se encuentra cerrada correctamente. Cabe resaltar que se requiere de una tarjeta de control dedicada.
- Se recomienda realizar mantenimientos preventivos a los componentes de la máquina CNC láser de CO_2 , donde se realice la lubricación del sistema de transmisión, la limpieza de los lentes, la limpieza del extractor de humo, la regulación en el tensado de las fajas y la calibración de los lentes reflectantes y el lente focal para garantizar la calidad de corte de la lona.
- Se recomienda incorporar personal capacitado para la operación de la máquina CNC para prevenir daños de la máquina por una incorrecta utilización y evitar los altos costos que se generaría producto de una reparación. Además, al personal se le recomienda el uso de los equipos de protección personal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acedo, R. P. (2021). *Análisis de las mejoras de las prestaciones de una máquina de grabado y corte por láser.*
- AISLA.PE. (2019). *LONAS DE POLIESTER RECUBIERTAS DE PVC.*
- Arias, C. A. (2022). *Diseño de extractor de humos de soldadura en la planta Renault Sofasa.*
- Armando, S. D. (2020). *Diseño de máquina de control numérico computarizado para la transformación de varillas de metal a baja escala. Perú.*
- Arrasco, P. A. (2020). *Propuesta de mejora del proceso productivo en la empresa Planet Motor SAC para incrementar el nivel de servicio. Universidad católica santo toribio de mogrovejo, Perú Chiclayo.*
- Bernal, E. H. (2017). *Diseño de un multiplicador de velocidad de relación de transmisión para el acople a una fresadora CNC.*
- Bestcutter. (2019). *Presión del aire comprimido.* Obtenido de <https://www.láserlatino.com/versa-force-2022>
- Cabrera Soria Andres Alejandro, C. T. (2019). *Repotenciación de una CNC de corte láser y diseño de su sistema de producción.*
- (2023). *Capacidad calorífica específica de los materiales.* Obtenido de <https://material-properties.org/heat-capacity-of-materials/>

- CEDRE. (2015). *Cloruro de vinilo*. Obtenido de <https://wwz.cedre.fr/content/download/2782/140127/file/Extract-vinyl-chloride.pdf>
- Céspedes, H. V. (1998). *Motores Lineales*.
- CHILLER, S. (2023). *Temperaturas óptimas del láser CO₂*. Obtenido de https://scychiller.com/es/why-you-need-a-laser-chiller-to-protect-your-laser-cutting-engraving-machine/#Why_Do_Lásers_Produce_Heat
- Co, W. H. (2015). *Spring Steel YAG Láser Cutting Machine*.
- Control, Z. o. (2018). *Tamaños de bastidor NEMA y lo que significan*. Obtenido de <https://zikodrive.com/es/uFAQs/nema-motor-marco-tamanos-media/>
- Cuesta, A. (2010). *Tecnología láser y sus aplicaciones industriales*.
- Daniel Arévalo, D. H. (2014). *Diseño y construcción de una prototipadora CNC que realiza el ruteo de pistas y el taladro de circuitos impresos, utilizando procesamiento de imágenes en Lab VIEW*.
- Delgado Mendoza Ignacio Javier, M. S. (2019). *Desarrollo e implementación de un sistema CNC de corte por láser de 5.5W de potencia*. Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil Ecuador.
- Dunlop. (2023). *Correa de transmisión cálculo y diseño*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html#anexos1>
- Echemi. (2022). *¿Cuáles son los pasos seguidos en el proceso de fabricación de cloruro de vinilo?* Obtenido de

<https://www.echemi.com/cms/710373.html#:~:text=Vinyl%20chloride%20has%20a%20boiling,from%20the%20substrate%20by%20distillation>

Editorial Vertice. (2008). *La calidad en servicio al cliente*.

ENERGÉTICA, E. E. (2018). *Motores eléctricos*.

Espinoza, A. R. (2015). *Diseño de una cortadora láser CNC de CO₂ para acrílicos y madera*. Lima.

Espinoza, A. R. (2015). *Diseño de una cortadora láser CNC de CO₂ para acrílicos y madera*. Lima.

Estevez, J. P. (2017). *Máquina CNC para corte láser de perfiles metálicos: Sistema de atenuación de los ejes de manipulación de los perfiles*. Universidade do porto.

Fabricio, P. C. (2022). *Construcción de un sistema de refrigeración en Procesos de corte*.

G.Thawari, J. S. (Mayo de 2005). *Influencia de los parámetros del proceso durante el corte por láser Nd-Yag superaleaciones a base de níquel*.

Gilson Fernando Moreno Muso, V. F. (2022). *CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDACTICO PARA EL MONTAJE Y ANÁLISIS DE FALLOS DE SISTEMAS DE TRANSMISIÓN POR ENGRANAJES RECTOS, HELICOIDALES Y TORNILLO SIN FIN*.

Group, S. P. (2016). *Capítulo 5: Cálculos y aplicación práctica para una correcta circulación de aire por conductos*. Obtenido de <https://www.solerpalau.mx/ASW/recursos/mven/Capitulo%205%20Manual%20de%20Ventilacion.pdf>

Guillermo Ruiz Olalde, A. J. (2015). *Estudio sobre la implementación de una máquina corte por láser de fibra y simulación del efecto que supone en el sistema productivo de la empresa TERU*.

Herramientas, D. m. (2014). *Sistema piñón y cremallera*.

HIWIN. (2022). *LINEAR GUIDEWAY*.

Juan Carlos Castillo Briceño, R. F. (2018). *Diseño y construcción de una máquina CNC para corte de poliestireno expandido por hilo caliente de 2500 mm de longitud con recorrido de 2600mm en eje X y 1300 en Y*.

Juarez Solorio Moises, R. H. (2013). *Sistema de marcado y corte a materiales utilizando el láser de CO₂*. Mexico.

L.Bachs, J. . (1988). *Aplicaciones industriales del láser*.

LASERGRAAF. (2023). *Refrigeración por láser :potencia activa o pasiva*. Obtenido de <https://lasergraaf.nl/es/laser-koeling-vermogen-passief-of-actief/>

Leadshine. (2021). *User manual 3DM580S*. Obtenido de <https://cloudray2021.oss-us-west->

1.aliyuncs.com/AliExpress/AE04/%E8%AF%B4%E6%98%8E%E4%B9%A6/3DM580S%20User%20Manual.pdf

Leadshine. (2023). 573S15-L. Obtenido de <https://www.leadshine.com/product-detail/573S15-L.html>

López, P. J. (2011). *Diseño de una máquina CNC genérica*.

Luna, S. D. (2022). *Rediseño de máquina láser CNC*.

Luz Bibiana Castaño Loaiza, M. P. (2015). *Servomotor modulo 4*.

Ministerio de producción. (2019). Obtenido de <https://www.produce.gob.pe/documentos/mype-industria/dire/empresas-con-autorizacion-de-planta.xlsx>

Ministerio de producción. (31 de Julio de 2020). Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/produce/informes-publicaciones/274172-empresas-que-cuentan-con-la-autorizacion-de-planta-vigente-emitida-por-produce-segun-actividad>

Multitop. (2020). *Toldos motocar , lonas y telas platificadas*. Obtenido de https://www.multitop.pe/telas-plastificadas/TOLDOS%20MOTOCAR?PS=12&map=c,specificationFilter_71

Norelem. (2013). *Indicación técnica* . Obtenido de https://www.norelem.com/doc/by/de/did.257624/22062-Technischer-Hinweis-fuer-Zahnriemen-22062_DE.pdf

Nur Hidayanti Binti Ambrizal, A. F. (2017). *Desing and Development of CNC Robotic Machine Integrate-able with Nd-Yag Laser Device*. Universidad de Malaya.

Oliveira, N. C. (2020). *Adaptacao de robo cartesiano para máquina de corte a laser*. Univerisidad Federal de Uberlandia Ingenieria Mecatronica, Uberlandia.

Omega, O. (2023). *Manual técnico*. Obtenido de <https://www.rodaunion.es/media/imagenes/Catalogos/Transmision/Optibelt/Manual%20tecnico%20Omega.pdf>

Paola Leon, D. A. (2016). *Foamy CNC Laser Cutting Machine*.

Piña, J. F. (2015). *Máquina CNC de Control Numérico Computarizado de 3 ejes para el Grabado de para el Grabado de Placas Conmemorativas implementado en el Taller de Joyeria Campoverde*.

Producción, M. d. (24 de Abril de 2019). EMPRESAS QUE CUENTAN CON LA AUTORIZACIÓN DE PLANTA VIGENTE EMITIDA POR PRODUCE SEGÚN ACTIVIDAD: FABRICACIÓN, ENSAMBLAJE, MONTAJE Y MODIFICACIÓN DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE TERRESTRE.

Producción, M. d. (31 de Julio de 2020). *Empresas que cuentan con la autorización de planta vigente emitida por produce según actividad: fabricación, ensamblaje, montaje y modificación de vehículos de transporte terrestre*.

Qintao. (2023). *Medidas físicas del ventilador de flujo axial*. Obtenido de https://www.aliexpress.us/item/3256804878241566.html?spm=a2g0o.productlist.main.51.40b45b1415nQuW&algo_pvid=bd626091-9f15-4c58-b9cc-01f0707304b0&algo_exp_id=bd626091-9f15-4c58-b9cc-01f0707304b0-25&pdp_npi=4%40dis%21PEN%211212.53%211212.53%21%21%212311.34%

Rameshkumar, R. K. (2016). *Desing and fabrication of 3 axis computer numerical control (CNC) laser cuter*.

RECI. (2008). *Manual de instrucciones modelo W*. Obtenido de <https://www.reci-laser.com/wp-content/uploads/2022/03/CO2-laser-tube-manual-W-series.pdf>

reductores, C. I. (2023). *Mecanizado de engranajes de CLR: qué es y qué piezas se obtienen*.

Remache, K. E. (2018). *Cortadora láser CNC*.

Renato Francisco Tumbaco Toala, B. E. (2018). *Diseño e implementación de un módulo didáctico para el control de motores paso a paso utilizando controladores lógicos programables*.

Rent-table. (2023). *Ventilador - Extractor de humo*. Obtenido de <https://www.rent-table.es/transporte-urgente-a-obra/>

Rojas, J. C. (2017). *El gasto público en ciencia , tecnología e innovación y su impacto en el crecimiento económico del Perú*. Lima, Perú.

- RUIDA. (2021). *Manual RDC6442 G*. Obtenido de <https://www.ruidacontroller.com/wp-content/uploads/2021/10/RDC6442GU-DFM-RD-Control-System-V1.3-Manual.pdf>
- S&A. (2013). *Manual del chiller industrial CW-5000*. Obtenido de https://images10.newegg.com/UploadFilesForNewegg/itemintelligence/Callaway%20Golf/CW_5000_hiendro1445108848123.pdf
- S.A.C, P. C. (2023). *Area de corte lona de PVC*.
- SAC, P. C. (2023). *Cantidad de mototaxis solicitadas diariamente*.
- Saisac. (2020). *Faja GT2 nylon/caucho 6mmx 22 cm*.
- Schaeffler, G. (2023). *Selección de sistemas de guiado lineal*.
- ServicolombiaDC. (2021). *Chiller CW-5000*. Obtenido de [https://servicolombiadc.com.co/es/piezas-y-repuestos/m%C3%A1quinas-l%C3%A1ser-CO₂-fibra-op/chiller-industriales.html](https://servicolombiadc.com.co/es/piezas-y-repuestos/m%C3%A1quinas-l%C3%A1ser-CO2-fibra-op/chiller-industriales.html)
- Silvia Elizabeth Cuenca Ramos, J. A. (2018). *Construcción de un controlador de temperatura basado en lógica difusa aplicado al sistema de enfriamiento del láser de una máquina de corte de CNC*.
- sincronizada, C. (2023). *Diseño de transmisiones por correa*. Obtenido de <https://forums.autodesk.com/t5/diseño-y-manufactura-inventor/diseño->

de-correas-sincronas-como-incluir-correas-htd-3m-5m-8m/td-p/6896951

sincronizada, C. (2023). *Diseño de transmisiones por correa sincrona*.

Obtenido de <https://forums.autodesk.com/t5/diseño-y-manufactura-inventor/diseño-de-correas-sincronas-como-incluir-correas-htd-3m-5m-8m/td-p/6896951?attachment-id=590129>

Sincronizada, C. (2023). *Diseño de transmisiones por correa sincrona*. Obtenido

de <https://forums.autodesk.com/t5/diseño-y-manufactura-inventor/diseño-de-correas-sincronas-como-incluir-correas-htd-3m-5m-8m/td-p/6896951>

Solutions, C. i. (2023). *Trayectoria de la luz láser*. Obtenido de

[https://www.cloudraylaser.com/products/cloudray-CO₂-laser-usa-cvd-znse-meniscus-focus-lens?_pos=1&_sid=962ac9fa3&_ss=r](https://www.cloudraylaser.com/products/cloudray-CO2-laser-usa-cvd-znse-meniscus-focus-lens?_pos=1&_sid=962ac9fa3&_ss=r)

Stanser. (2019). *Capacidades de corte láser CO₂*. Obtenido de

[https://www.stanser.com/capacidades-corte-laser-CO₂/](https://www.stanser.com/capacidades-corte-laser-CO2/)

Step™, S. (2016). *Selección del sistema SureStep APENDICE A*. Obtenido de

<https://cdn.automationdirect.com/static/manuals/surestepmanuals/appxa.pdf>

Studocu. (2011). *Ashrae*.

System, L. L. (2023). *Máquina de corte por láser de gran formato*. Obtenido

de [https://liqui-laser.com/productos/resumen/laser-CO₂-gran-formato/](https://liqui-laser.com/productos/resumen/laser-CO2-gran-formato/).

Tech, L. (2015). *Tornillo sin fin*.

Tecnopower. (2023). *Husillos de bolas*.

Toribio, J. P. (2006). *Proyecto para la fabricación de matrices de superficies complejas aplicando CNC en la industria plastica*. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

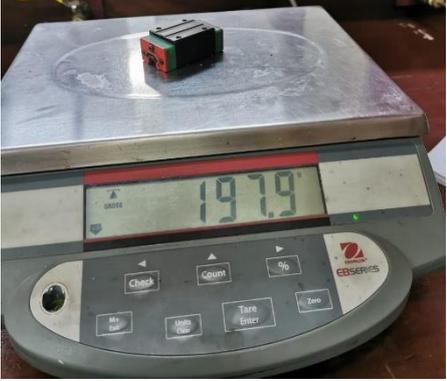
Vapor, T. c. (2023). *Dimensionamiento de tubería para aire por caída de presión*. Obtenido de <https://www.tlv.com/global/LA/calculator/air-pipe-sizing-pressure-loss.html>

William M. Steen, J. M. (2010). *Laser Material Processing*.

Zhongpin, G. (2022). *Máquina de corte por láser de fibra con plataforma de intercambio ZPG-3015A*.

ANEXOS**ANEXO 1: Masa de los componentes**

Las mediciones de las masas de los componentes se realizaron en el laboratorio que se encuentra en la facultad de ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Masas de los componentes	
Carril	
Riel	

Faja de transmisión



La polea y su base



Base del motor paso a paso



Polea reductora en relación de 1 a 3

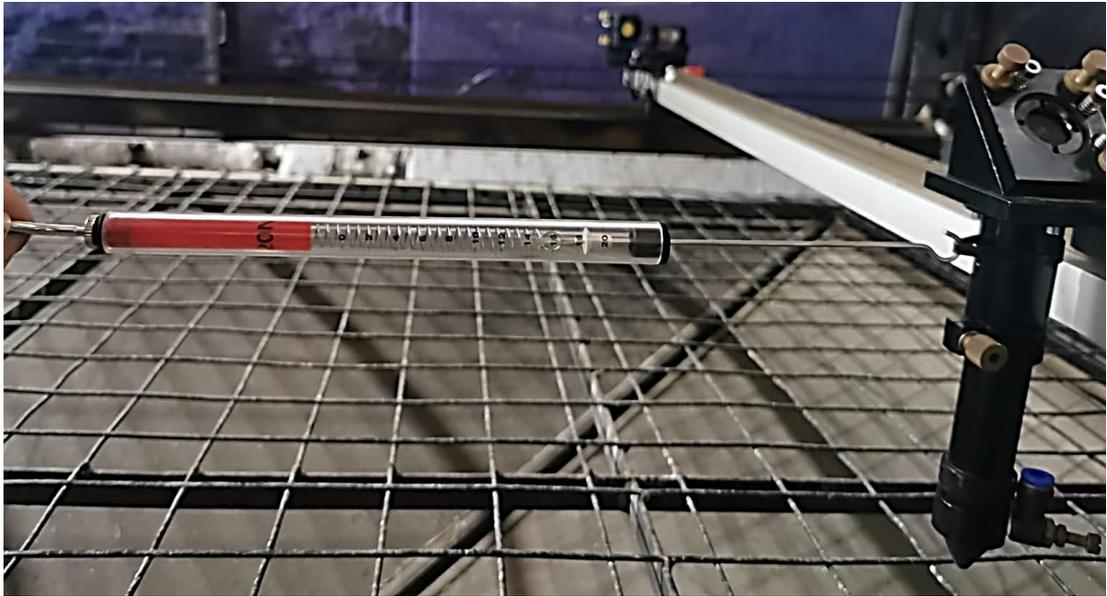


Cabezal láser



Lente de la base



ANEXO 2: Valor de la fuerza para el cálculo de M_p **ANEXO 3: Valor de la fuerza para el cálculo de M_y** 

ANEXO 4: Rozamiento del carril y el riel

Selección de sistemas de guiado lineal

A medida que aumentamos la velocidad de producción, las máquinas requieren mayor dinámica en los movimientos. Las guías lineales, son un elemento fundamental en la reducción de la fricción aportando precisión y larga vida, pero sólo un dimensionado correcto garantizará el alcance de las prestaciones con un coste razonable. En el presente artículo introduciremos los conceptos técnicos fundamentales, que hemos de considerar para la selección de guías lineales, presentando las diversas configuraciones de sistemas de guiado lineal que en la actualidad existen en el mercado.

Fundamentos técnicos

Básicamente, los requerimientos fundamentales para la selección de los sistemas de guiado son:

- Rozamiento
- Capacidad de Carga
- Rigidez
- Precisión
- Velocidad

Rozamiento (Fig.1)

Las guías deslizantes, engrasadas, presentan coeficientes de rozamiento entre $f = 0,05$ y $0,2$, según la velocidad y pasan del estado de reposo ($f_{0\text{máx}} = 0,3$) al de movimiento, a velocidades reducidas, con desplazamientos discontinuos y con atascos (stick-slip). Por el contrario, las guías con rodadura sólo presentan pérdidas por microresbalamiento, propias de la rodadura, por lo que los coeficientes de rozamiento son mucho menores ($\mu = 0,0005$ a $0,005$).

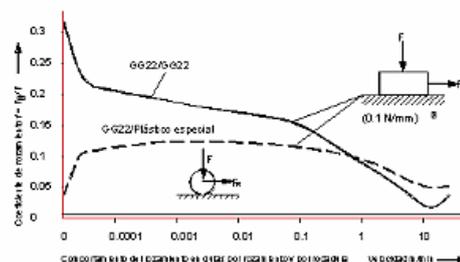


Fig. 1

ANEXO 5: Tiempo del driver 3DM580

El tiempo para el driver en recomendado por el fabricante es de 25 ms

Smoothing Time	SW9	SW10
0ms (Disable)	ON	ON
6ms	OFF	ON
12ms	ON	OFF
25ms (Default)	OFF	OFF

ANEXO 6: Ficha técnica de la polea

Referencia	Forma	Perfil	B	D	D1 máx.	D3	D4 máx.	L	Anchura de correa	Número de dientes
22004-031516	A	HTD3M	19,5	15,28	10	14,52	17,5	26	15	16
22004-031518	A	HTD3M	19,5	17,19	11	16,43	20	26	15	18
22004-031520	A	HTD3M	19,5	19,1	13	18,34	23	26	15	20
22004-031521	A	HTD3M	19,5	20,05	13	19,29	25	26	15	21
22004-031522	A	HTD3M	19,5	21,01	13	20,25	25	26	15	22
22004-031524	A	HTD3M	19,5	22,92	14	22,16	25	26	15	24
22004-031526	A	HTD3M	19,5	24,83	16	24,07	28	26	15	26
22004-031528	A	HTD3M	19,5	26,74	18	25,98	32	26	15	28
22004-031530	A	HTD3M	19,5	28,65	20	27,89	32	26	15	30
22004-031532	A	HTD3M	19,5	30,56	22	29,8	36	26	15	32
22004-031536	A	HTD3M	20	34,38	26	33,62	39	30	15	36
22004-031540	A	HTD3M	20	38,2	28	37,44	42	30	15	40
22004-031544	A	HTD3M	20	42,02	33	41,26	48	30	15	44
22004-030948	G	HTD3M	13,4	45,84	33	45,08	-	22,2	9	48
22004-030960	G	HTD3M	13,4	57,3	33	56,54	-	22,2	9	60
22004-030972	G	HTD3M	13,4	68,75	33	67,99	-	22,2	9	72
22004-031548	G	HTD3M	20	45,84	33	45,08	-	30	15	48
22004-031560	G	HTD3M	20	57,3	33	56,54	-	30	15	60
22004-031572	G	HTD3M	20	68,75	33	67,99	-	30	15	72
22004-030910	P	HTD3M	10,2	9,55	13	8,79	13	17,5	9	10
22004-030912	P	HTD3M	10,2	11,46	15	10,7	15	17,5	9	12
22004-030914	P	HTD3M	10,2	13,37	18	12,61	16	17,5	9	14
22004-030915	P	HTD3M	10,2	14,32	18	13,56	17,5	17,5	9	15
22004-031510	P	HTD3M	17	9,55	13	8,79	13	26	15	10
22004-031512	P	HTD3M	17	11,46	15	10,7	15	26	15	12
22004-031514	P	HTD3M	17	13,37	18	12,61	16	26	15	14
22004-031515	P	HTD3M	17	14,32	18	13,56	17,5	26	15	15

ANEXO 7: Fuerza de la faja en el eje Y



ANEXO 8: Ficha técnica de la lona PVC

LONA CONCORD ZDARÍO MEJÍA
HENA O SAS.**INFORMACIÓN BÁSICA**

Ancho: 1.50 m.
Longitud: 56 m.

Película de PVC flexible con soporte de tejido de punto 100% poliéster.

APLICACIONES

- Publicitarias.
- Carpas.
- Parasoles.
- Sombrillas.

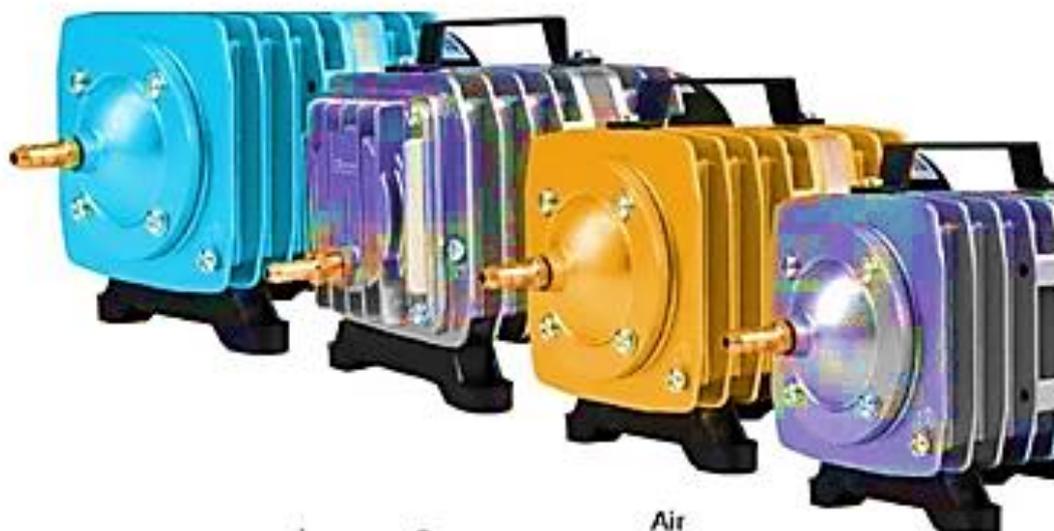


PROPIEDAD	VALORES	UNIDAD	MÉTODO
Peso	620 +/- 25	g/m ²	ASTM D751
Calibre	0.51 +/- 0.03	mm	SAE J882
Resistencia tensión	L: 430 min	N	NTC 3583
	T: 430 min	N	NTC 3583
Elongación	L: 40 min	%	NTC 3583
	T: 60 min	%	NTC 3583
Resistencia rasgado	L: 30 min	N	NTC 3583
	T: 25 min	N	NTC 3583
Resistencia adherencia	L: 18 min	N/2.5 cm	NTC 3583

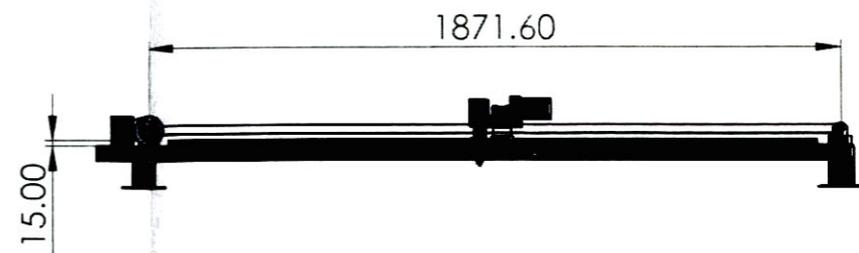
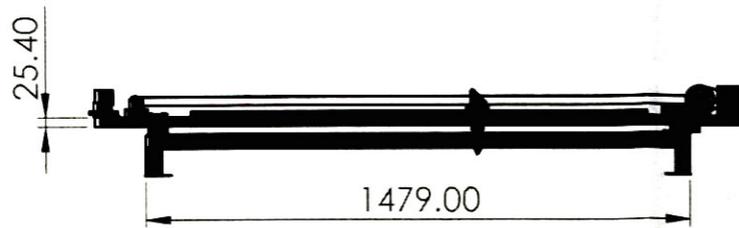
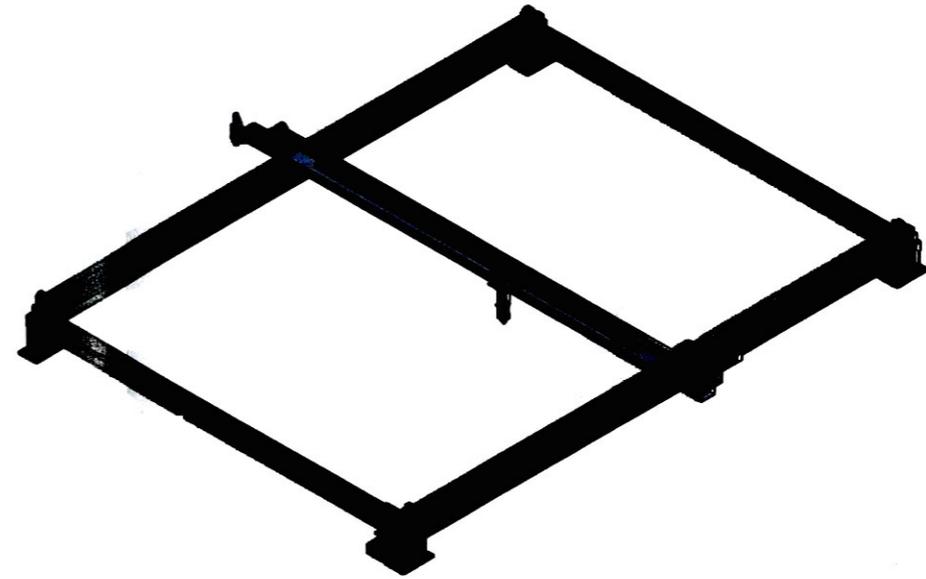
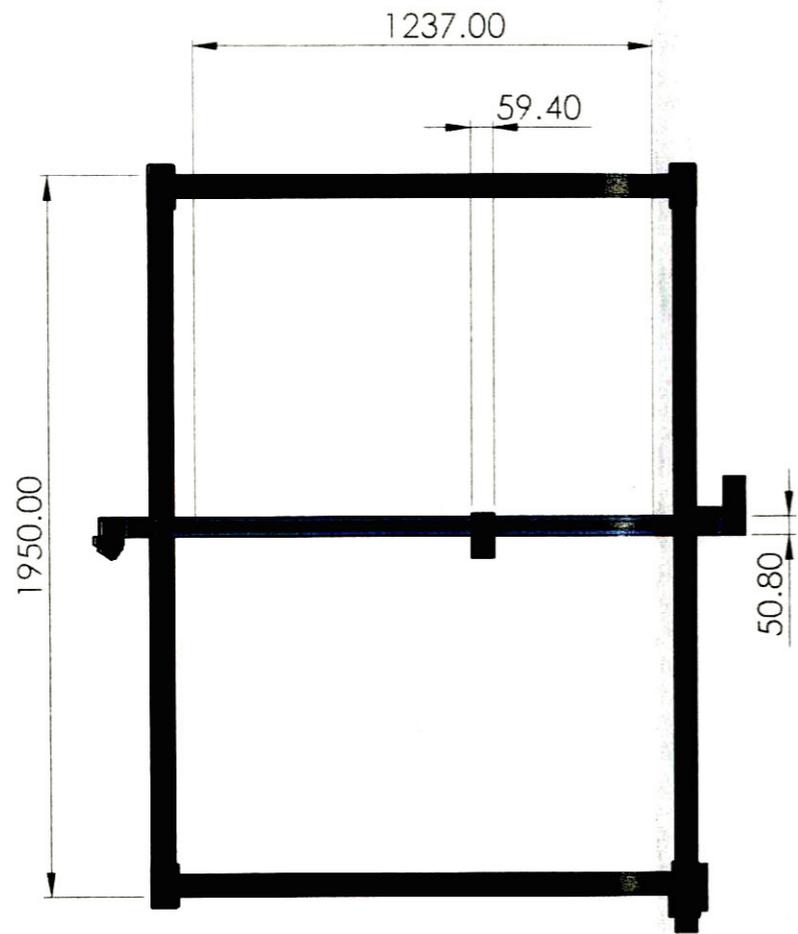
L: Dirección longitudinal

T: Dirección transversal

ANEXO 9: Ficha técnica de la bomba de aire



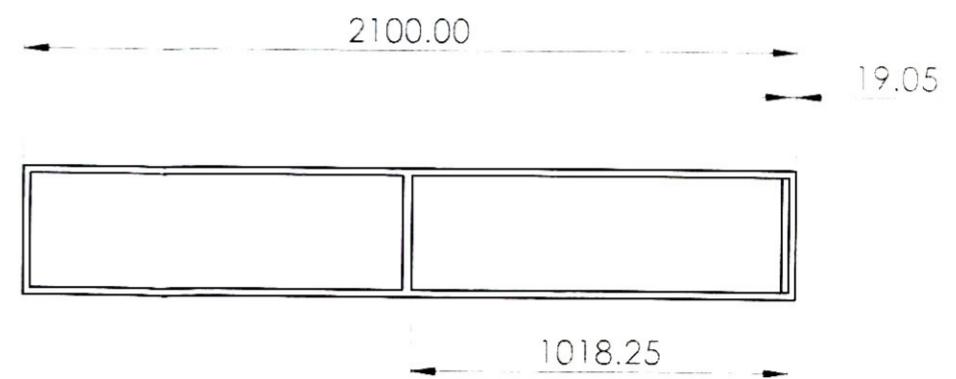
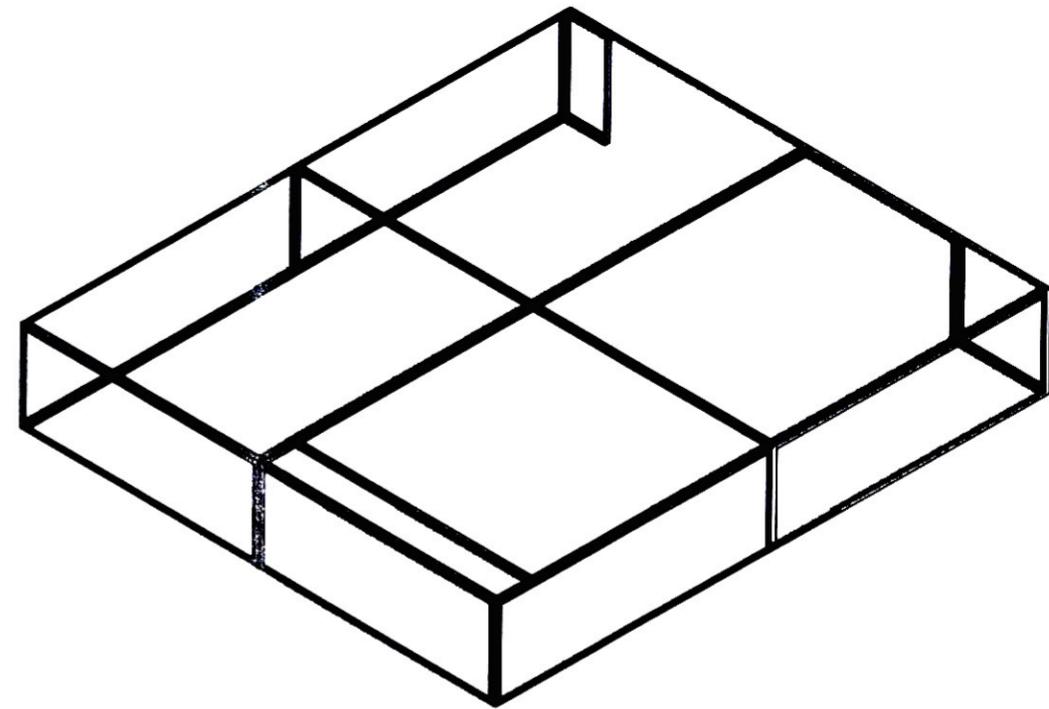
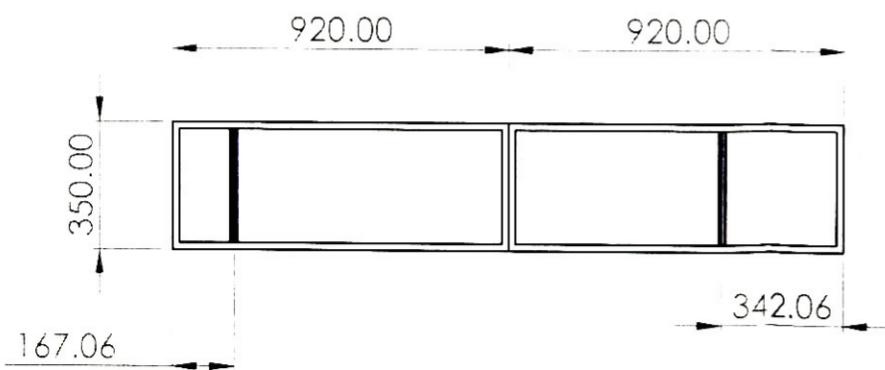
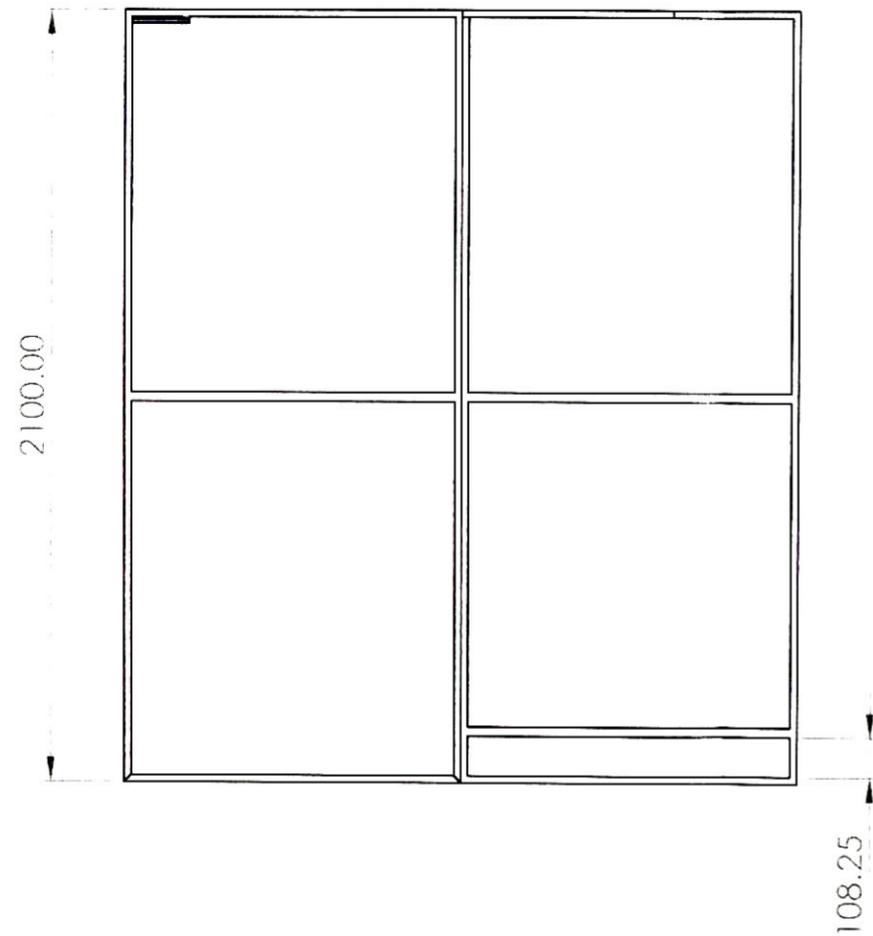
Model	Power	air pressure	Gas volume	weight	Air nozzle diameter	shunt	size
ACO-001	18W	0.020Mpa	25L/Min	1.0Kg	8mm	6FL	145x85x95mm
ACO-002	25W	0.020Mpa	40L/Min	1.0Kg	8mm	6FL	145x85x95mm
ACO-003	35W	0.027Mpa	65L/Min	1.7Kg	8mm	6FL	178x95x122mm
ACO-004	58W	0.028Mpa	75L/Min	2.2Kg	10mm	8FL	180x118x120mm
ACO-005	75W	0.029Mpa	80L/Min	2.2Kg	10MM	8FL	180x118x120mm
ACO-006	80W	0.030Mpa	88L/Min	3.2Kg	10mm	8FL	228x118x135mm
ACO-008	120W	0.032Mpa	110L/Min	4.6Kg	10mm	12FL	275x150x155mm
ACO-008B	135W	0.033Mpa	100L/Min	4.6Kg	10mm	12FL	275x150x155mm
ACO-008A	160W	0.033Mpa	115L/Min	5.3Kg	12mm	16FL	275x150x155mm
ACO-010	200W	0.033Mpa	135L/Min	5.6Kg	12mm	16FL	283x150x155mm
ACO-012	320W	0.035Mpa	143L/Min	6.1Kg	16mm	22FL	290x150x165mm
ACO-012A	390W	0.036Mpa	158L/Min	6.7Kg	16mm	22FL	305x150x165mm
ACO-018	420W	0.038Mpa	195L/Min	8.3Kg	16mm	22FL	325x180x190mm
ACO-018A	520W	0.040Mpa	200L/Min	8.3Kg	16mm	22FL	325x180x190mm



TÍTULO	ESTRUCTURA COMPUESTA PARA EL DESPLAZAMIENTO DEL CABEZAL LASER		A3
DISEÑO	RAISSA CORDERO CORDOVA		
APROBO	DR. ING. HUGO ELISEO GAMARRA CHINCHAY		FECHA: 17/08/2023
ESCALA	1:20	UNIDADES MILÍMETROS	



PROFESIONALES COSECA S.A.C



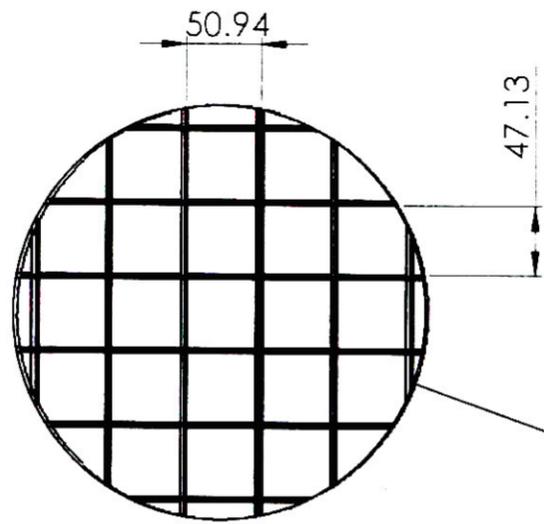
TÍTULO COMPUERTA DE LA MÁQUINA CNC LÁSER
 DISEÑO RAISSA CORDERO CORDOVA
 APROBO DR. ING. HUGO ELISEO GAMARRA CHINCHAY
 ESCALA 1:20 UNIDADES MILÍMETROS

A3

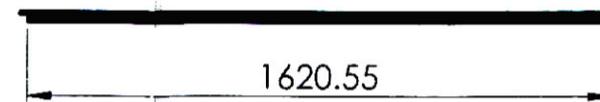
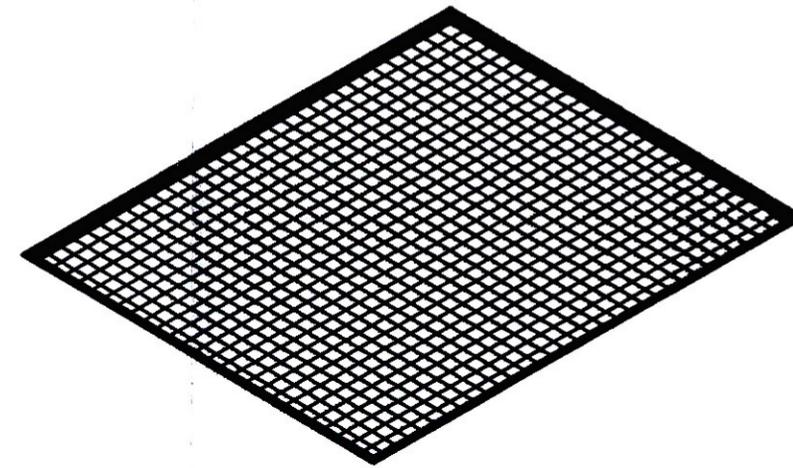
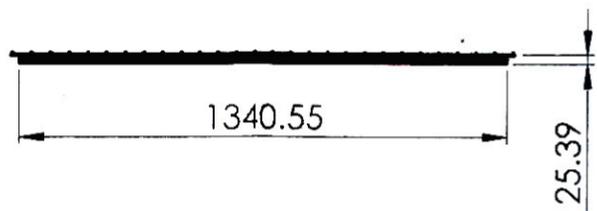
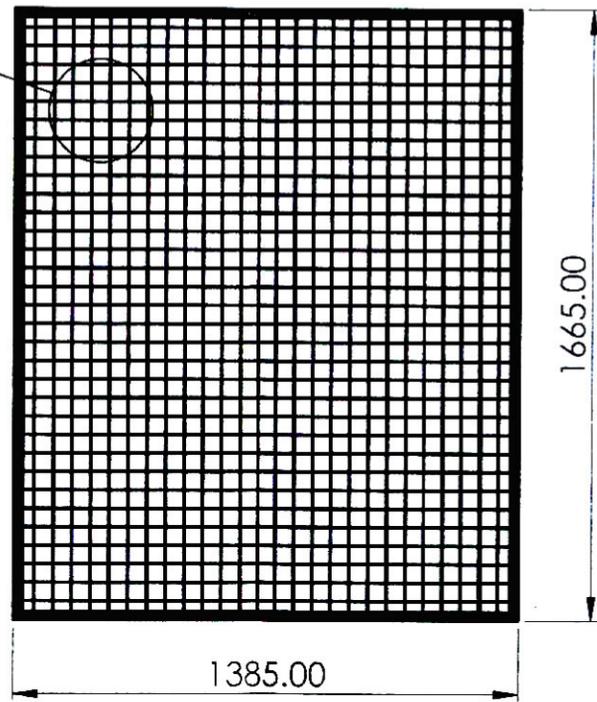
FECHA:
17/08/2023



PROFESIONALES COSECA S.A.C



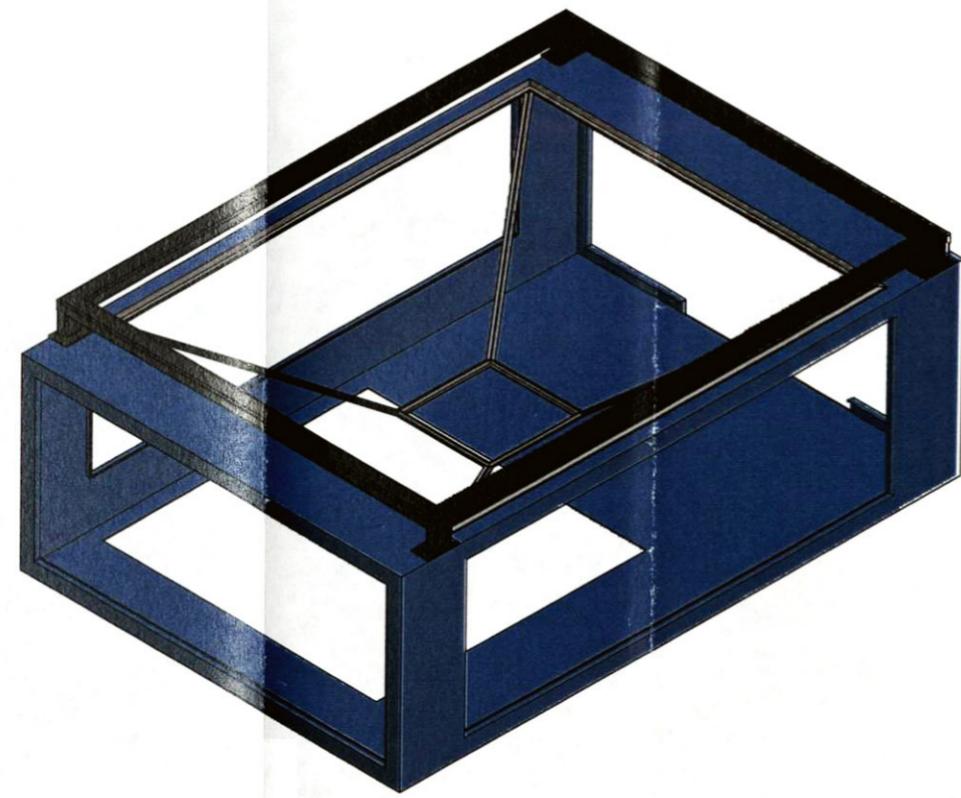
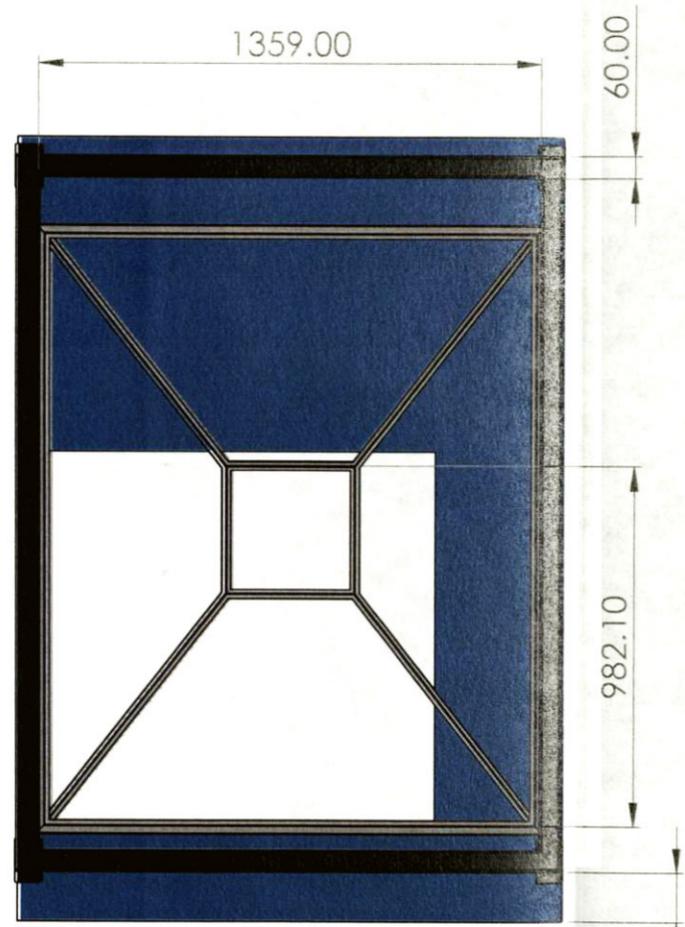
DETALLE B
ESCALA 1:5



TÍTULO	MESA DE MALLA			A3
DISEÑO	RAISSA CORDERO CORDOVA			
APROBO	DR. ING. HUGO ELISEO GAMARRA CHINCHAY			FECHA: 17/08/2023
ESCALA	1:20	UNIDADES	MILÍMETROS	

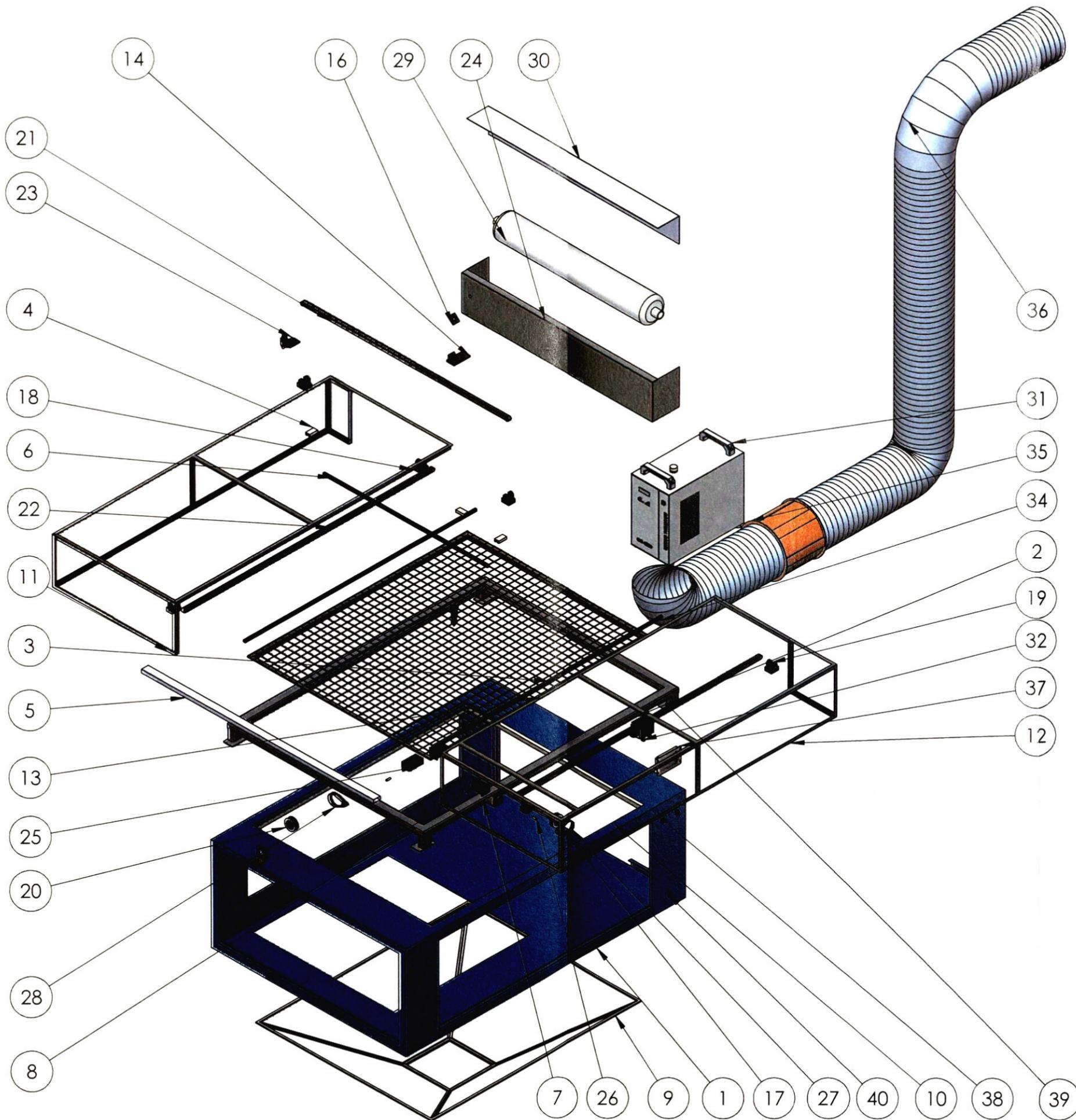


PROFESIONALES COSECA S.A.C



TÍTULO	DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA MÁQUINA CNC CO2		A3
DISEÑO	RAISSA CORDERO CORDOVA		
APROBO	DR. ING. HUGO ELISEO GAMARRA CHINCHAY		FECHA: 17/08/2023
ESCALA	1:20	UNIDADES MILÍMETROS	

 **PROFESIONALES COSECA S.A.C**



N°	COMPONENTE	CANT.
1	Estructura de Lata	1
2	Tubo rectangular 60x40mm	1
3	Riel HG15	2
4	Carril HGH-15CA	3
5	Barra de aluminio 2"x1"	1
6	Riel HG15	1
7	Soporte del motor	2
8	Motor Nema 23	2
9	Campana del extractor	1
10	Soporte de malla	1
11	Base de compuerta	1
12	Base de compuerta elevadiza	1
13	Mesa de malla	1
14	Cabezal laser	1
15	Puntero laser	1
16	Soporte de espejo	1
17	Polea de motor	2
18	Base de polea	6
19	Polea de 24 dientes	6
20	Polea de 72 dientes	2
21	Correa de transmisión eje Y	1
22	Correa de transmisión de eje X	2
23	Soporte de espejo	1
24	Soporte de cajón láser	1
25	Soporte auxiliar del motor	1
26	Eje del motor Nema 23	2
27	Correa cerrada eje X	1
28	Correa cerrada eje Y	1
29	Tubo de laser Co2	1
30	Tapa del laser	1
31	Chiller	1
32	Bomba de aire	1
33	Niple neumático de 6mm	1
34	Codo 1 del extractor	1
35	Extractor de humo	1
36	Codo 2 de extractor	1
37	Ruida RDC6442G	1
38	Botón de encendido de la máquina	1
39	Botón de emergencia	1
40	Boton de encendido de extractor	2

TÍTULO	EXPLOSIONADO DEL DISEÑO DE MÁQUINA CNC DE CO2	A3
DISEÑO	RAISSA CORDERO CORDOVA	
APROBO	DR. ING. HUGO ELISEO GAMARRA CHINCHAY	FECHA:
ESCALA	1:23	17/08/2023



PROFESIONALES COSECA S.A.C