

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**SIMULACIÓN DE LA MÁQUINA PARA LA FABRICACIÓN DE
TRAPEADORES EN LA ÁREA MICROLIMPIA DE LA EMPRESA
ENKADOR S.A**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA**

JORGE DANIEL MALDONADO CELI

jorge.maldonado@epn.edu.ec

ELMAN JOEL LÓPEZ SAÉNZ

elman.lopez01@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. ABRAHAM ISMAEL LOJA ROMERO MSC.

abraham.loja@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA MSC.

carlos.romo@epn.edu.ec

QUITO, SEPTIEMBRE 2020

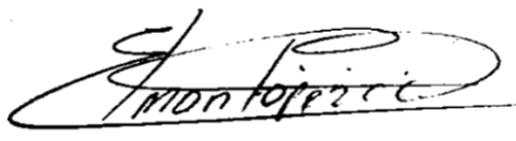
DECLARACIÓN

Nosotros, Jorge Daniel Maldonado Celi y Elman Joel López Saénz, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación -COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional. Entregaremos toda la información técnica pertinente. En el caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente".



Jorge Daniel Maldonado Celi



Elman Joel López Saénz

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Jorge Daniel Maldonado Celi y Elman Joel López Saénz, bajo nuestra supervisión.



**Ing. Abraham Ismael Loja Romero MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO**



**Ing. Carlos Orlando Romo Herrera MSc.
CODIRECTOR DE PROYECTO**

DEDICATORIA

Todo el trabajo desarrollado está dedicado a mis padres, mi hermana y amigos que siempre serán el mejor regalo que me ha dado la vida, ya que en cada momento compartido junto a ellos han marcado un hermoso recuerdo en mi memoria.

Jorge Daniel Maldonado Celi

AGRADECIMIENTO

A todos los ingenieros que siempre nos compartieron su buenos valores y conocimientos con tanto esfuerzo, para ser excelentes personas y grandes profesionales que contribuyen al desarrollo técnico y tecnológico del país.

A la ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS que nos brindó un centro de estudios de calidad para nuestra formación como Tecnólogos Electromecánicos del Ecuador.

Jorge Daniel Maldonado Celi

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mis padres y a mi hermano, en especial para Mirian Sáenz quien fue la persona que me educo con valores y ética, que me han servido durante mi carrera universitaria para finalizar mis estudios.

Elman Joel López Saéñz

AGRADECIMIENTO

A mi familia por darme el apoyo suficiente para seguir adelante, a Mirian Sáenz que hoy ya no me acompaña; pero fue la persona que me dejó un camino trazado, lo cual me ha permitido seguir adelante en la vida.

A mis amigos, que me han brindado su amistad, su solidaridad. Con los cuales he pasado momentos agradables y tristes.

A los ingenieros que me han compartido sus conocimientos académicos, lo cual me permitió crecer como persona y como profesional graduado de la ESCUELA POLITECNICA NACIONAL.

A la ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNOLOGOS que me brindó su infraestructura y el estudio de calidad en la formación como persona y profesional.

Elman Joel López Saéñz

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.2. Descripción	14
1.2. Justificación.....	14
1.3. Objetivos	15
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	16
2.1. Diseño Asistido por Computadora (CAD):.....	16
2.2. Elementos mecánicos.....	17
2.3. Elementos y dispositivos Eléctricos	23
2.4. Electrónica y Control.....	26
3. METODOLOGÍA.....	29
3.1. Tipo de investigación	29
3.2. Descripción de la metodología usada	29
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. Requerimientos de la máquina	31
4.2. Diseño de la máquina.....	39
4.3. Programación del algoritmo de control.....	95
4.4. Simulación de la máquina para la fabricación de traperos.....	100
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
5.1. Conclusiones.....	106
5.2. Recomendaciones.....	107
REFERENCIAS	109
TABLA DE ANEXOS.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Diseño de prototipo asistido por computador (CAD)	16
Figura 2.2: Estructura base de una máquina.....	17
Figura 2.3: Carcasa metálica para equipos grandes.	18
Figura 2.4: Componentes de una polea	18
Figura 2.5: Representación de un sistema de transmisión de poleas.	19
Figura 2.6: Tipos de correas de transmisión.	19
Figura 2.7: Componentes de una correa trapezoidal.	20
Figura 2.8: Tornillo sin fin y rueda dentada.	20
Figura 2.9: Eje de transmisión hueco y macizo	21
Figura 2.10: Componentes de un rodamiento.	22
Figura 2.11: Representación de los tipos de chumaceras.....	22
Figura 2.12: Motor Eléctrico Trifásico.....	24
Figura 2.13: Motor eléctrico asíncrono (rotor bobinado).....	24
Figura 2.14: Representación de la curva de funcionamiento motor-carga.	25
Figura 2.15: Sensor capacitivo.....	25
Figura 2.16: Interruptores o finales de carrera.	25
Figura 2.17: Representación gráfica de un contactor.....	26
Figura 2.18: Proceso controlado por un PLC.	27
Figura 2.19: Interfaz Humano Máquina (HMI).	27
Figura 2.20: Variador de frecuencia SINAMICS SIEMENS.....	28
Figura 4.1: Carretes de hilo en la máquina de enrollado.....	32
Figura 4.2: Ajuste del cabo del hilo provenientes de los carretes.....	32
Figura 4.3: Selección de la regleta de acuerdo con el tipo de trapero.....	33
Figura 4.4: Enrollado de la madeja para el trapero Hogar.....	33

Figura 4.5: Corte de la madeja para el trapero Hogar.	34
Figura 4.6: Centrado de la madeja para el trapero Hogar.	34
Figura 4.7: Amarrado del centro de la madeja para el trapero Hogar.	35
Figura 4.8: Retirada de la madeja para el trapero Hogar de la regleta.	35
Figura 4.9: Trapero Industrial final.	36
Figura 4.10: Capuchón para los traperos Económico y Hogar.	36
Figura 4.11: Base de capuchón para los traperos Económico y Hogar.	37
Figura 4.12: Sistema de prensado neumático.	37
Figura 4.13: Trapero Económico Final.	38
Figura 4.14: Representación esquemática de la estructura principal.	39
Figura 4.15: Elementos de la estructura principal.	40
Figura 4.16: Diagrama de cuerpo libre del conjunto 1.	43
Figura 4.17: Diagrama de cuerpo libre del conjunto 2.	44
Figura 4.18: Diagrama de cuerpo libre del conjunto 3.	45
Figura 4.19: Diagrama de cuerpo libre del conjunto 4.	46
Figura 4.20: Diagrama de cuerpo libre del conjunto 5.	47
Figura 4.21: Resultados de tensión del análisis de fuerza uno.	48
Figura 4.22: Resultado de factor de seguridad uno.	49
Figura 4.23: Resultados de tensión del análisis de fuerza dos.	50
Figura 4.24: Resultado de factor de seguridad dos.	51
Figura 4.25: Resultados de tensión del análisis de fuerza tres.	52
Figura 4.26: Resultado de factor de seguridad tres.	53
Figura 4.27: Estructura secundaria (carcasa).	54
Figura 4.28: Cuadro de selección del tipo de sección de la polea menor.	60
Figura 4.29: Polea menor, diámetro 71 (mm).	67

Figura 4.30: Dimensiones de la polea menor de diámetro 71 (mm).....	68
Figura 4.31: Polea mayor, diámetro 355 (mm).	68
Figura 4.32: Dimensiones de la polea menor de diámetro 355 (mm).....	69
Figura 4.33: Rodamiento FAG 11205TV.	70
Figura 4.34: Eje de transmisión.....	70
Figura 4.35: Conjunto regleta y soporte guía hilo.....	71
Figura 4.36: Elementos del sistema de transmisión de potencia por poleas uno.	72
Figura 4.37: Tornillos sin fin y ejes.	73
Figura 4.38: Conjunto de elementos de la Guía de Hilo (Bocín).	73
Figura 4.39: Elementos del sistema de transmisión de potencia por poleas dos.	74
Figura 4.40: Sistema neumático de prensado para la máquina.	76
Figura 4.41: Elementos del sistema de prensado.	77
Figura 4.42: Desplazamiento, velocidad y fuerza del cilindro de recorrido.....	78
Figura 4.43: Desplazamiento, velocidad y fuerza del cilindro de inyección A. .	78
Figura 4.44: Desplazamiento, velocidad y fuerza del cilindro de inyección B. .	79
Figura 4.45: Diagrama de tiempo de los cilindros neumáticos de Recorrido, A y B.....	79
Figura 4.46: Diagrama del sistema eléctrico	85
Figura 4.47: Ventana principal de inicio.	96
Figura 4.48: Ventana de mantenimiento.	97
Figura 4.49: Ventana de mantenimiento con P&ID.	98
Figura 4.50: Ventana de operación.	98
Figura 4.51: Ventana de operación con P&ID.	99

Figura 4.52: Elementos del sistema de transmisión de potencia uno.....	100
Figura 4.53: Elementos del sistema de transmisión de potencia dos.....	101
Figura 4.54: Simulación del tiempo de operación, trapero económico.	102
Figura 4.55: Simulación del tiempo de operación, trapero hogar.	102
Figura 4.56: Simulación del tiempo de operación, trapero Industrial.	103
Figura 4.57: Sistema de transmisión uno (Etapa de enrollado).....	103
Figura 4.58: Sistema de transmisión dos (Etapa de enrollado).....	104
Figura 4.59: Sistema de prensado neumático.	105

RESUMEN

El presente proyecto de titulación, “SIMULACIÓN DE LA MÁQUINA PARA LA FABRICACIÓN DE TRAPEADORES EN LA ÁREA MICROLIMPIA DE LA EMPRESA ENKADOR S.A.”. Dicho proceso está gobernado por un Controlador Lógico Programable (PLC), el cual se encarga supervisar y controlar los distintos componentes eléctricos que conforma la máquina.

El diseño de la máquina fue elaborado en el software CAD Solid Edge, y está conformada por los elementos mecánicos tales como: Una estructura de soporte, poleas, tornillo sin fin, chumaceras, matrices (base del trapero), ejes de transmisión, regleta y la guía del hilo.

Además, consta de dispositivos eléctricos y de control tales como: Motores, variador de frecuencia, sensores de posición, finales de carrera, cilindros neumáticos, electroválvulas, y pulsadores. Estos dispositivos interactúan en conjunto para realizar el proceso de enrollado del trapero y prensado de la base en una sola etapa.

El algoritmo de control de la máquina fue programado mediante el software TIA PORTAL V15 en lenguaje FBD (Diagrama de Bloques de Función). Dicho programa controla la máquina de manera física por medio de pulsadores y de forma remota a través de un Interfaz Humano Máquina (HMI).

Por medio de la simulación del algoritmo y de los movimientos mecánicos, se visualizó el control y el funcionamiento de la máquina tanto en el proceso de enrollado y la colocación de la base del trapero en una sola etapa. Por lo cual, las actividades manuales que se desarrollaban en la etapa de enrollado fueron eliminadas de acuerdo con el diseño realizado de la máquina.

Palabras claves: Trapero, enrollado, PLC, CAD, matrices, regleta.

ABSTRACT

The present degree projects, "MACHINE SIMULATION FOR MANUFACTURE OF MOPS IN THE MICROLIMPIA AREA OF THE ENKADOR S.A COMPANY". This process is governed by a Programmable Logic Controller (PLC), which is supervising and controlling the different electrical components that make up the machine.

The design of the machine was developed in Solid Edge CAD software and is made up of mechanical elements such as: a support structure, pulleys, endless screw, bearings, dies (mop base), transmission shafts, strip and the thread guide.

In addition, it consists of electrical and control devices such as: Engines, frequency variator, position sensors, limit switches, pneumatic cylinders, solenoid valves, and push buttons. These devices interact together to carry out the process of winding the mop and pressing the base in a single stage.

The machine control algorithm was programmed using the TIA PORTAL V15 software in FBD language (Function Block Diagram). This program controls the machine physically by means of buttons and remotely through a Human Machine Interface (HMI).

Through the simulation of the algorithm and mechanical movements, the control and operation of the machine was visualized both in the winding process and in the placement of the mop base in a single stage. Therefore, the manual activities that were developed in the winding stage were eliminated according to the design of the machine.

Key words: Mop, coiled, Programmable Logic Controller, Computer Aided Design, dies, strip.

1. INTRODUCCIÓN

1.2. Descripción

En la actualidad la fabricación de trapeadores (económico, hogar e industrial) dentro del área de Microlimpia de la empresa ENKADOR S.A. consta de dos etapas principales. La primera etapa radica en realizar el enrollado del traperero sobre una regleta (marco donde se envuelve el traperero), mientras que la segunda etapa consiste en la colocación del capuchón (base del trapeador) en la agrupación de los hilos de microfibra. Dentro de dichos procesos, las actividades que se desarrollan son manuales y demanda más tiempo para la elaboración de los trapeadores.

Durante la fabricación de los trapeadores, un operario realiza algunas actividades manuales dentro de la primera etapa, tales como: Dar continuidad al hilo, acomodar el hilo, colocar soporte, contar vueltas del hilo, desatar hilo, amarrar la agrupación de hilos y retirar regleta, mientras que en la segunda etapa otro operario desarrolla las actividades, tales como: Colocación del capuchón en las matrices, prensar capuchón, reabastecer capuchón.

1.2. Justificación

El diseño de sistemas mecánicos de calidad debe basarse en un amplio conocimiento de la teoría del cálculo de fuerzas, dibujo aplicado a la ingeniería y de diversos estándares y recomendaciones existentes en la particular área de diseño, así como de la propia experiencia del diseñador. Actualmente las computadoras suelen asistir el proceso de creación de cualquier equipo mecánico complejo, tanto en la primera etapa del diseño (CAD), como en la última de la manufactura (CAM). El diseño debería fundamentarse en un modelo computarizado especialmente desarrollado de la estructura mecánica deseada. [1]

El uso eficiente de estas herramientas permite a las empresas acelerar la innovación, evaluando en poco tiempo las distintas alternativas de diseño, realizar experimentos sobre los prototipos, conocer el rendimiento real del equipo, calibrar el modelo virtual, simularlo ante otras condiciones no ensayadas y proceder a la optimización antes de su operación. [1]

Con el diseño y la simulación de la máquina para la fabricación de traperos, se analiza y rediseña los diversos elementos mecánicos y eléctricos. De esta manera se

visualiza la fabricación del trapero en una sola etapa, eliminando algunas actividades manuales que se realizan dentro del proceso.

Además, con el diseño y simulación de este proyecto se contribuye al desarrollo tecnológico del área de Microlimpia de la empresa ENKADOR S.A., que busca mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de producción y mejorando la calidad de sus productos, para así competir con diferentes industrias en el mercado nacional.

1.3. Objetivos

Objetivo general

Simular la máquina para la fabricación de trapeadores en el área de MICROLIMPIA de la empresa ENKADOR S.A.

Objetivo específico

1. Elaborar un estudio preliminar de los tiempos de fabricación de los trapeadores.
2. Elaborar el diseño de la máquina utilizada en la etapa de enrollado del trapero y colocación del capuchón, mediante el uso de software de diseño mecánico.
3. Diseñar el algoritmo de control del proceso de enrollado del trapero y colocación del capuchón para la elaboración del trapeador.
4. Simular el algoritmo de control y los movimientos mecánicos de la máquina.
5. Elaborar los planos de construcción de la máquina.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Diseño Asistido por Computadora (CAD):

El diseño asistido por computadora, conocido por sus siglas inglesa CAD, brinda una variedad de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y a otros profesionales. En la actualidad el diseñador utiliza este tipo de software, puesto que le permite crear modelos tridimensionales (sólidos o de líneas estructurales) con todas las características, y visualizar de manera ortogonal el sólido hasta el mínimo detalle. Sin necesidad de fabricar un prototipo se puede analizar, calcular y comprobar propiedades que se desea añadir al diseño como se muestra en la Figura 2.1.

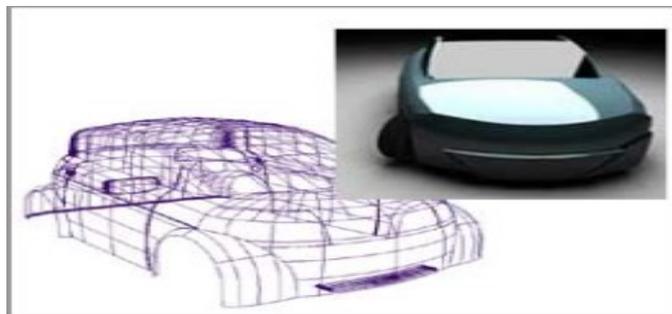


Figura 2.1: Diseño de prototipo asistido por computador (CAD). [1]

La importancia del diseño asistido por computadora es facilitar toda la información al diseñador, por medio de los siguientes elementos: Representación gráfica, análisis de diseño, revisión y evaluación, documentación para la construcción del sistema.

Actualmente, existe una técnica de diseño principal para cualquier profesional de ingeniería. El CAD Paramétrico difiere de otros programas, ya que se utiliza para definir sus límites y acciones dentro del software de diseño.

La información que se visualiza está disponible en el banco de datos, el cual representa un objeto dentro de la memoria de la computadora. En el programa CAD Solid Edge V20, la operación síncrona en un modelado es un conjunto de caras que precisan la forma de operación. No se guarda el historial de la operación síncrona, pero se puede editar las caras de un modelado realizado; a diferencia de la operación ordenada (asíncrono).

2.2. Elementos mecánicos

- **Estructura base (soporte de la máquina)**

Una estructura es un grupo de elementos unidos entre sí a través de tornillos o soldadura para formar un cuerpo sólido como se observa en la Figura 2.2. Generalmente las estructuras son de acero “hierro y carbón inferior al 2%” con el objetivo de otorgar ciertas propiedades a este material (aceros aleados), ya que está destinado a resistir grandes fuerzas aplicadas sobre este.

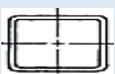


Figura 2.2: Estructura base de una máquina. [8]

La Estructura principal es la parte sobre la cual se apoyan los demás elementos que conforman la estructura principal de la máquina. Está conformada principalmente por perfiles estructurales de acero.

Perfiles estructurales de acero: Es el producto fabricado a partir de la laminación del acero caliente. Por el tipo de aplicación en la cual se implementa, se define el tipo perfil y sus cualidades. Los más utilizados en estructuras son los ángulos estándar perfiles “L”, canales perfiles “C”, tubo estructural “rectangular y cuadrado” como se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Designación de los perfiles de acero y aluminio.

Nombre del Perfil	Perfil	Símbolo	Designación	Descripción
Ángulo		L	$L4 \times 3 \times \frac{1}{2}$	Lado mayor = 4 (in). Lado menor = 3 (in). Espesor = $\frac{1}{2}$ (in).
Canal		C	C15 × 50	Lado vertical = 15 (in). peso = 50 (lb/pie)
Tubo estructural - rectangular		-	$4 \times 4 \times \frac{1}{4}$	Lado mayor = 4 (in). Lado menor = 4 (in). Espesor = $\frac{1}{4}$ (in).

Fuente: [2]

Estructura secundaria: También llamada subestructura, conformada principalmente por la cubierta (carcasa) y se coloca sobre de la estructura metálica principal como se muestra en la Figura 2.3. Se usa para proteger la máquina y sus componentes internos, priorizando la protección y seguridad del operario ante cualquier peligro o riesgo de un accidente



Figura 2.3: Carcasa metálica para equipos grandes. [9]

Existen tipos de uniones para que una estructura metálica actúe de acuerdo con el diseño realizado, es indispensable que su estructura principal y secundaria se unan o ensamblen adecuadamente. Por lo que hay que tener en cuenta como el tipo de unión realizado se comporta ante los esfuerzos internos o externos que debe soportar la máquina. Para lo cual existen dos tipos generales de unión, los cuales son: Soldadura y tornillos.

- **Poleas y correas de transmisión.**

Poleas de transmisión: Es una rueda compuesta por un perímetro exterior definido específicamente para proporcionar el contacto entre la garganta “canal” de la polea y las bandas. Toda polea generalmente está compuesta por: Cuerpo, cubo, chavetero y garganta como se muestra en la Figura 2.4.

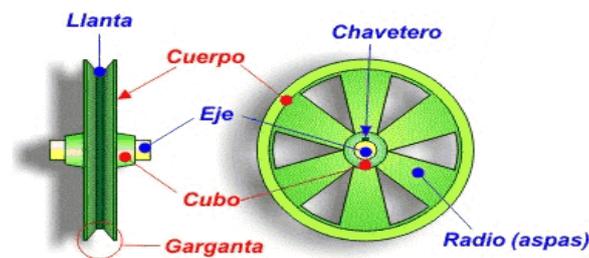


Figura 2.4: Componentes de una polea. [10]

Las poleas de transmisión es un sistema formado por pares de ruedas situadas a cierta distancia, con ejes normalmente paralelos que giran simultáneamente transmitiendo el movimiento desde el eje de entrada o motriz hasta el eje de salida o conducido mediante una correa. Su representación gráfica normalizada se muestra en la Figura 2.5.

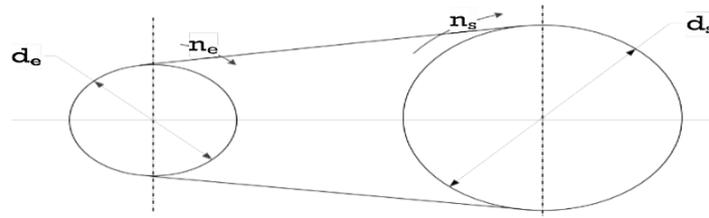
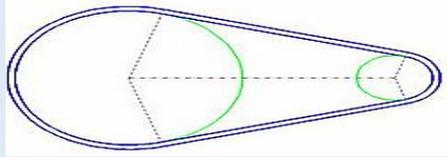


Figura 2.5: Representación de un sistema de transmisión de poleas. [3]

Existe un sistema de transmisión fundamental que permiten transmitir el movimiento y la potencia de una polea a otra, el cual está descrita en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2: Tipos de sistemas de transmisión.

Tipo	Definición	Imagen
Directo	Compuesta por dos poleas que están acopladas por una banda conectada directamente	

Fuente: [3]

Correas de transmisión: Son elementos mecánicos que transmiten el movimiento y el par de giro de una polea a otra, compuestas por materiales de naturaleza elástica y flexible. Se comportan como amortiguadores reduciendo la vibración que se puede ejercer entre los ejes de transmisión.

Su principio de trabajo es por el rozamiento ejercido entre los canales de las poleas que van montadas, por lo que se produce un desgaste habitual debido a las largas jornadas de operación. Las correas de transmisión se encuentran clasificadas en: Trapezoidales, redondas, planas y dentadas como se observa en la Figura 2.6.

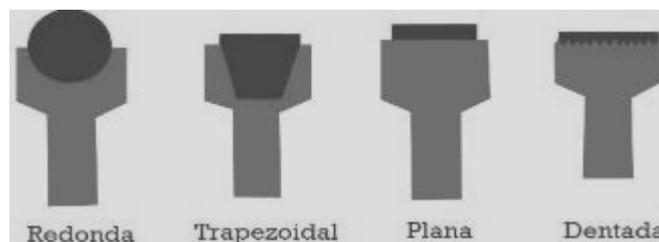


Figura 2.6: Tipos de correas de transmisión. [11]

Según las normas ISO y las BS "*British Standard*" existen correas con perfiles clásicos de secciones "Z, A, B, C, D y E" y las correas de estrechas secciones "SPZ, SPA, SPB y SPC". Las correas trapezoidales tipo "V" son de mayor uso ya que se acoplan firmemente al canal impidiendo que la correa y la banda se deslice. Este tipo de correas están compuestas por: un núcleo "1", tensores o fibras resistentes "2" y su recubrimiento "3". La sección principal de la correa está definida por: Ancho base superior "a", altura "h" y ancho primitivo "ap" como se observa en la Figura 2.7.

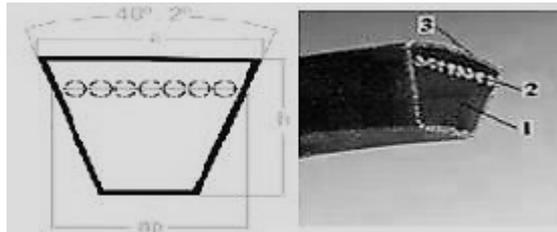


Figura 2.7: Componentes de una correa trapezoidal. [11]

- **Tornillo sin fin**

Es un elemento roscado empleado para transmitir el movimiento y la potencia de un eje a otro perpendicular entre sí, como se observa en la Figura 2.8. En un pequeño espacio se pueden obtener satisfactoriamente relaciones de velocidad comparativamente altas.



Figura 2.8: Tornillo sin fin y rueda dentada. [12]

Sus dimensiones se encuentran definidas en función de su módulo y diámetro primitivo, las cuales se encuentran descritas en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3: Elementos principales de un tornillo sin fin.

Partes del tornillo sin fin		
Elemento	Descripción	Ilustración
Ángulo de la hélice “ β ”	Formado por la tangente al filete con un plano perpendicular al eje del tornillo.	
Paso de la hélice “Ph”	Es la distancia entre dos hilos de un mismo filete.	
Paso axial “Px”	Distancia entre dos hilos consecutivos, medida en el sentido axial.	
Paso normal “Pn”	Distancia entre dos hilos consecutivos, medida según un plano normal al filete (compuesto por un módulo “m”).	
Número de entradas “n”	Es el número de filetes tallados.	

Fuente: [4]

- **Ejes de transmisión**

Los ejes o arboles son elementos giratorios que transmiten una potencia “P” con una velocidad de giro “ ω ”. El diseño de estos elementos mecánicos como se observa en la Figura 2.9, es de sección circular (macizos y huecos). Los cuales están sometidos a cargas de flexión, tracción y compresión. Se utilizan para dar soporte y eje de rotación a los elementos como: Engranajes, poleas, volantes, etc.

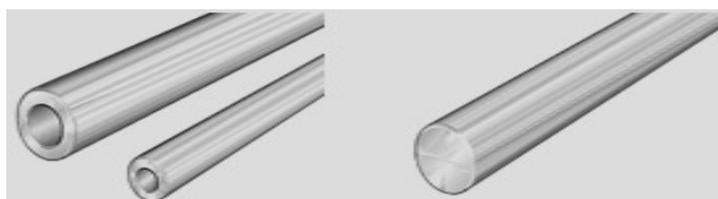


Figura 2.9: Eje de transmisión hueco y macizo. [13]

- **Rodamientos y Chumaceras.**

El Rodamiento: Es un elemento mecánico que se encuentra entre dos componentes de una máquina que simultáneamente permite a un eje girar libremente y soportar la carga. Dicho elemento mecánico tiene la función de ser puntos de apoyo de

ejes y árboles de leva para sostener su peso y guiarlos en sus movimientos, con lo cual se reduce las pérdidas por fricción y el desgaste entre las superficies en contacto.

Las partes de un rodamiento como se muestra en la Figura 2.10. Están conformados por un anillo interior, un anillo exterior, un conjunto de elementos rodantes (bolas, rodillos o conos) y elementos auxiliares como jaulas o elementos separadores de los elementos rodantes.



Figura 2.10: Componentes de un rodamiento. [14]

La chumacera: Es un rodamiento montado como se observa en la Figura 2.11, su función es dar apoyo a un eje de rotación. Este elemento mecánico se encuentra generalmente en una línea paralela en el eje del árbol.



Figura 2.11: Representación de los tipos de chumaceras. [14]

- **Sistema neumático**

Los sistemas neumáticos son aquellos que utilizan aire como medio de transmisión de la energía requerida para mover y hacer funcionar mecanismos.

Los sistemas neumáticos son utilizados con frecuencia en la automatización de máquinas y en el campo de los controladores automáticos. En una instalación de aire comprimido el principal elemento es el aire exterior de la atmósfera que se encuentra a unas condiciones específicas de presión, temperatura y humedad propias de cada lugar. Con lo cual, es importante tener en cuenta las unidades de medición y parámetros, los cuales son:

- **La Presión máxima de trabajo:** Es la que necesita una herramienta para su funcionamiento, se mide en atmosferas, bares o libras por pulgada (psi). La mayoría de las herramientas neumáticas funciona a una presión de 90 (psi) o 6,2 (bares).
- **El Caudal o consumo de aire:** Es la cantidad de aire por unidad de tiempo que debe suministrarse a la herramienta o actuador neumático, se mide en (m³/min) o (lts/min). [5]

Dentro del sistema neumático los componentes principales son los siguientes: Compresor, equipos de tratamiento, sistemas de almacenamiento, accesorios y controles. De igual forma existen componentes de ejecución que proporcionan movimiento rectilíneo o giratorio. Algunos de estos componentes son: cilindros neumáticos, válvulas de control, motores neumáticos, etc.

2.3. Elementos Eléctricos

- **Protecciones eléctricas**

Los elementos de protección realizan las funciones como: Prevenir fallas en equipos instalados, reducir cortes de energía y proteger la salud personal. Las fallas que se presenta en un sistema eléctrico son causadas por las condiciones anormales que se observa en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4: Causas anormales en un sistema eléctrico.

Causas Anormales en un sistema eléctrico			
Eventos Naturales	Fallas de Equipos	Accidentes Físicos	Mala operación
Descargas atmosféricas	Fallas internas en equipos	Accidentes imprevistos a causa del entorno físico	Aterrizar circuitos conectados a tierra
Terremotos	Deterioro del Aislamiento	Explosiones	Mala instalación

Elaboración: Propia

Las fallas generales en un circuito eléctrico son: Subtensión, sobretensión, sobrecargas, fallas transitorias y permanentes. Por lo que las protecciones deben poseer tres características principales como: Velocidad, selectividad y fiabilidad.

Los objetivos principales de todos los sistemas de protección son: Prevenir el deterioro de los materiales que conforma un circuito eléctrico, conservar la estabilidad y la

continuidad de servicio de la red, proteger a las personas, limitar los esfuerzos térmicos, dieléctricos y mecánicos en los equipos. [6]

- **Motores eléctricos**

Los motores son máquinas eléctricas que transforman la energía eléctrica absorbida de la red en energía mecánica a través de su eje, hacia una máquina acoplada a este equipo como se observa en la Figura 2.12. Dependiendo del tipo de corriente que usa para su operación se clasifica en: Motores de corriente continua y alterna.



Figura 2.12: Motor Eléctrico Trifásico. [15]

Cada uno de estos motores posee una aplicación específica de acuerdo con el tipo de corriente que emplea para su operación. Los de corrientes alterna asíncronos (monofásicos y trifásicos) son de uso más general ya que son de bajo costo, fácil uso y mínimo mantenimiento.

Motores asíncronos: Es una máquina eléctrica trifásica que gira una velocidad inferior a la del sincronismo. Al momento de la operación el estator absorbe una corriente de arranque tres veces mayor a la corriente nominal, generando un par de arranque o torque inicial. El rotor está construido de dos formas distintas (jaula de ardilla y rotor bobinado), como se observa en la Figura 2.13.



Figura 2.13: Motor eléctrico asíncrono (rotor bobinado). [15]

La variación de velocidad es el momento en el que un motor desplaza una carga mecánica con una velocidad constante. Se dice que hay un equilibrio entre el torque proporcionado por la máquina “M” y el par resistente de la carga “Mr”, otorgando un punto

de operación “P” como se verifica en la igualdad “ $M = M_r$ ” (punto de funcionamiento) como se observa en la Figura 2.14.

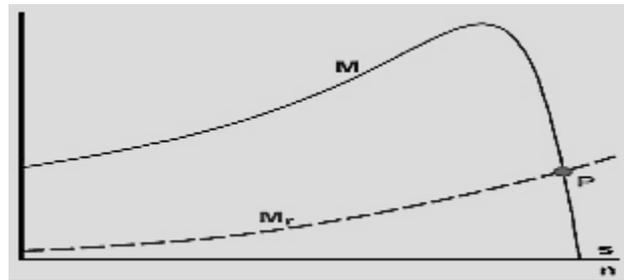


Figura 2.14: Representación de la curva de funcionamiento motor-carga. [15]

- **Sensores de presencia capacitivo.**

El sensor capacitivo como se muestra en la Figura 2.15, es un interruptor electrónico el cual se acciona sin contacto. Su funcionamiento se basa en la interacción de los materiales a detectar como el papel, vidrio, plástico, así como los metales y el campo electrostático que genera el sensor.



Figura 2.15: Sensor capacitivo. [16]

- **Finales de carrera**

Son dispositivos electromecánicos o neumáticos también conocidos como interruptores de límite como se observa en la Figura 2.16. Ya sea para abrir o cerrar un circuito eléctrico, estos elementos son usado en varias aplicaciones y distintos ambientes gracias a su simple instalación, fácil operación, resistencia y confiabilidad.



Figura 2.16: Interruptores o finales de carrera. [17]

- **Contactador**

Es un dispositivo de maniobra cuya función es abrir o cerrar sus contactos para encender un circuito eléctrico. El contactador actúa cuando la bobina recibe corriente eléctrica, esto provoca que se comporte como un electroimán atrayendo a dichos contactos.

Su estructura se muestra en la Figura 2.17, está compuesto por contactos principales cuya función es abrir o cerrar el circuito de potencia. Estos contactos están representados mediante números los cuales son: 1-2, 3-4, 5-6. De igual forma, está constituido por contactos auxiliares se emplean en circuitos de mando estos son: 13-14 (Normalmente Abierto).

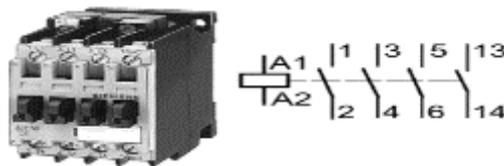


Figura 2.17: Representación gráfica de un contactador. [7]

Para la selección del contactador se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- **La Tensión de alimentación de la bobina:** Es el voltaje del dispositivo, puede ser alimentado con corriente alterna o continua, los valores estandarizados de tensión son: 12 (V) ,24 (V) y 220 (V).
- **El Número de apertura y cierre del circuito electromagnético:** Es el número de apertura y cierre que realiza en un día, debido a que se produce un arco eléctrico y esto genera el deterioro del dispositivo.
- **La corriente de servicio:** Según la Norma IEC947-4 establece que el uso de los contactores va en función de la corriente y tensión asignada de servicio. Con lo cual, la norma establece la clasificación de los contactores por corrientes estos son: Corriente alterna (Categoría AC) y corriente continua (Categoría DC). [7]

2.4. Electrónica y Control

- **Controlador Lógico Programable (PLC).**

El controlador lógico programable conocido por sus siglas en inglés PLC (*Programmable Logic Controller*) es un computador industrial diseñado para la automatización de una máquina o proceso industrial. El PLC dentro de un proceso realiza las funciones de controlar, supervisar y actuar con respecto a las señales de entrada.

Dentro de un proceso el PLC recibe señales digitales o analógicas provenientes de un sensor. El cual, detecta las variables físicas como: temperatura, presión, humedad, etc. Una vez que el PLC recibe las señales actúa sobre el proceso modificando la posición del actuador; es decir, transforma la señal de control por una señal de fuerza, este ciclo se observa en la Figura 2.18.



Figura 2.18: Proceso controlado por un PLC. [18]

- **Interfaz humano máquina (HMI)**

Una Interfaz Hombre – Máquina permite al operador encargado del proceso monitorear, supervisar y controlar las distintas variables que forman parte del sistema. La interacción con los sistemas industriales actuales ofrece modernas funciones de manejo y visualización como se observa en la Figura 2.19. Adicionalmente, otorgan características específicas a cada necesidad o aplicación gracias a que cada interfaz es estandarizada y de desarrollo abierto, tanto en hardware como en software, logrando así una eficiente integración en un sistema automatizado.

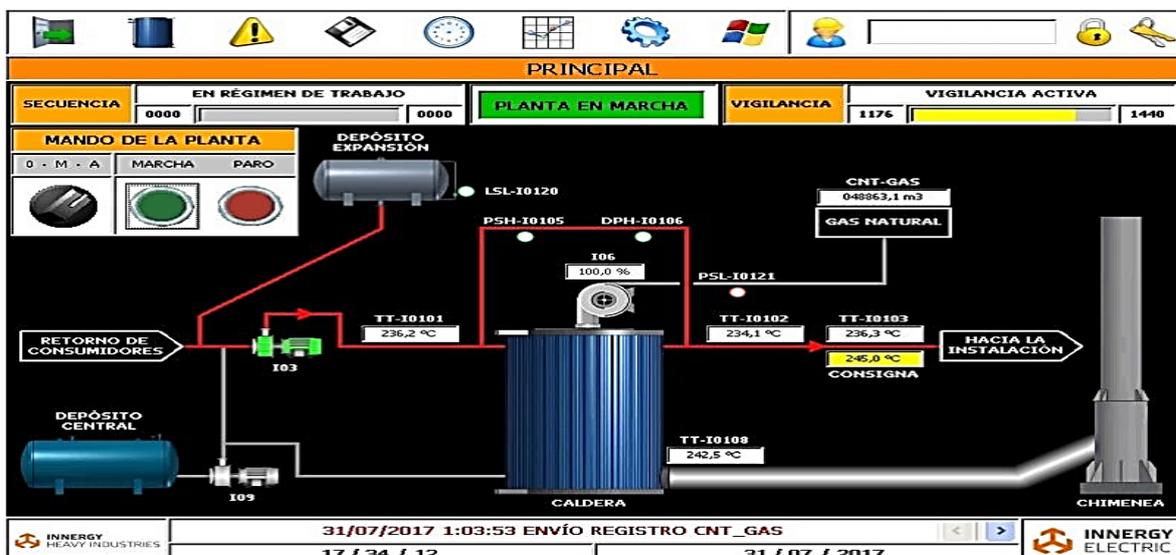


Figura 2.19: Interfaz Humano Máquina (HMI). [19]

- **Variador de frecuencia.**

Es un dispositivo de precisión empleados en motores de inducción de corriente alterna (monofásicos o trifásicos) específicamente para controlar su velocidad sin afectar su consumo eléctrico nominal, torque, flujo magnético. Este elemento como se observa en la Figura 2.20, viene integrado con una interfaz que permite la interacción con el operario, el control de la velocidad, la aceleración y desaceleración requerida para el motor.



Figura 2.20: Variador de frecuencia SINAMICS SIEMENS. [20]

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

El proyecto se fundamenta en la implementación de los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en la carrera. También se toma en cuenta la metodología experimental, ya que por medio del diseño y la simulación de los componentes que conforman la máquina se procede a realizar las pruebas simuladas que garantice su correcto funcionamiento, analizando futuras mejoras o cambios para optimizar recursos humanos y económicos dentro de la empresa.

En este contexto, se concibe una investigación experimental por la innovación técnica e industrial, los cuales hacen referencia al esfuerzo metódico y social para la resolución del problema práctico.

3.2. Descripción de la metodología usada

Inicialmente, se elaboró un estudio preliminar de los tiempos de fabricación de los traperos (económico, hogar e industrial) confeccionados en el área de Microlimpia de la empresa ENKADOR S.A. En donde se determinó el peso de cada trapero, la cantidad de producción y el tiempo que exigen las actividades dentro de las etapas de enrollado y prensado en una jornada de trabajo diaria, semanal y mensual en la elaboración de cada trapeador.

El diseño y dimensionamiento de la estructura principal de la máquina (soportes y perfiles), se realizó en base a la estatura promedio de un hombre y una mujer dentro del territorio ecuatoriano. El largo y ancho de los trapeadores fabricados dentro del área Microlimpia fueron empleados para definir las dimensiones de los elementos mecánicos y el diseño de los sistemas encargados del enrollado y prensado del trapero.

Después, se realizó la programación del algoritmo de control del PLC mediante el software TIA PORTAL SIEMENS V15. Donde se desarrolló el control de las etapas de enrollado y prensado del capuchón (base del trapero), en base al estudio preliminar de los tiempos de fabricación. Evidenciando los posibles conflictos que puede tener el operario durante la operación de la máquina, tanto en el mantenimiento y en la operación.

La simulación de movimientos de los elementos de la máquina se realizó en el software CAD Solid Edge V20. En donde, se define los materiales de cada pieza mecánica, la distancia y velocidad de desplazamiento de los elementos móviles. Adicionalmente, se

realizó la simulación del algoritmo de control en el software TIA PORTAL SIEMENS V15. En donde, se controla y supervisa la operación de la máquina tanto en la etapa de enrollado y prensado, por medio de un interfaz humano máquina (HMI).

Los planos de construcción fueron desarrollados en el software CAD Solid Edge V20, con respecto al diseño de los componentes de la máquina desarrollados previamente. Contemplando las dimensiones respectivas de cada elemento y verificando que cada componente acople adecuadamente al conjunto principal del cual forma parte.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Requerimientos de la máquina

- **Tiempos de fabricación de los traperos.**

Dentro del ANEXO A: Tiempo de fabricación de los traperos del área de Microlimpia de la empresa ENKADOR S.A., se enlista las actividades que están involucradas en la etapa de enrollado, prensado y control con los respectivos tiempos que exige cada actividad. De acuerdo con el tipo de trapero a fabricar.

De igual manera, en el ANEXO B: Relación de número de cabos y vueltas para los traperos de la empresa ENKADOR. S.A.. Se define el peso de cada uno de los traperos que son fabricados dentro del área de Microlimpia.

Con el estudio realizado de los tiempos de fabricación de los traperos, se define el tiempo requerido de cada elemento mecánico móvil que conforma la máquina. En la Tabla 4.1, se encuentra descrito un resumen de las etapas involucradas y el tiempo que exigen cada una, la cantidad total y los tiempos de producción respectivos en la fabricación de los traperos (económico, hogar e industrial).

Tabla 4.1: Resumen de los tipos de traperos, tiempo, cantidad y peso.

Tipo de trapero	Producción		Peso	Actividades		
	Cantidad	Tiempo (hh:mm:ss)	Unitario (gr)	Valor	Etapas	Tiempo (hh:mm:ss)
Económico	356	08:00:00	130	Real	Enrollado	00:00:51
	45	01:00:00			Prensado	00:00:29
	1	00:01:20			Control	00:00:04
	392	08:00:00	137.6	Requerido	Enrollado	00:00:54
	49	01:00:00			Prensado	00:00:15
	1	00:01:13			Control	00:00:04
Hogar	353	08:00:00	280	Real	Enrollado	00:00:52
	44	01:00:00			Prensado	00:00:30
	1	00:01:26			Control	00:00:04
	389	08:00:00	323.07	Requerido	Enrollado	00:00:60
	49	01:00:00			Prensado	00:00:15
	1	00:01:19			Control	00:00:04
Industrial	553	08:00:00	320	Real	Enrollado	00:00:54
	69	01:00:00				
	1	00:00:54				
	553	08:00:00	320	Requerido	Enrollado	00:00:54
	69	01:00:00				
	1	00:00:54				

Elaboración: Propia

- **Etapa de Enrollado**

Dentro de esta etapa se realizan un número total de ocho actividades que son desarrolladas repetitivamente en la fabricación de los tres tipos de traperos. Las cuales son:

Dar continuidad al hilo: El operario coloca los carretes de hilo en los soportes de la máquina. Después toma una hebra de cada carrete y la pasa a través de doce guías de hilo como se observa en la Figura 4.1.

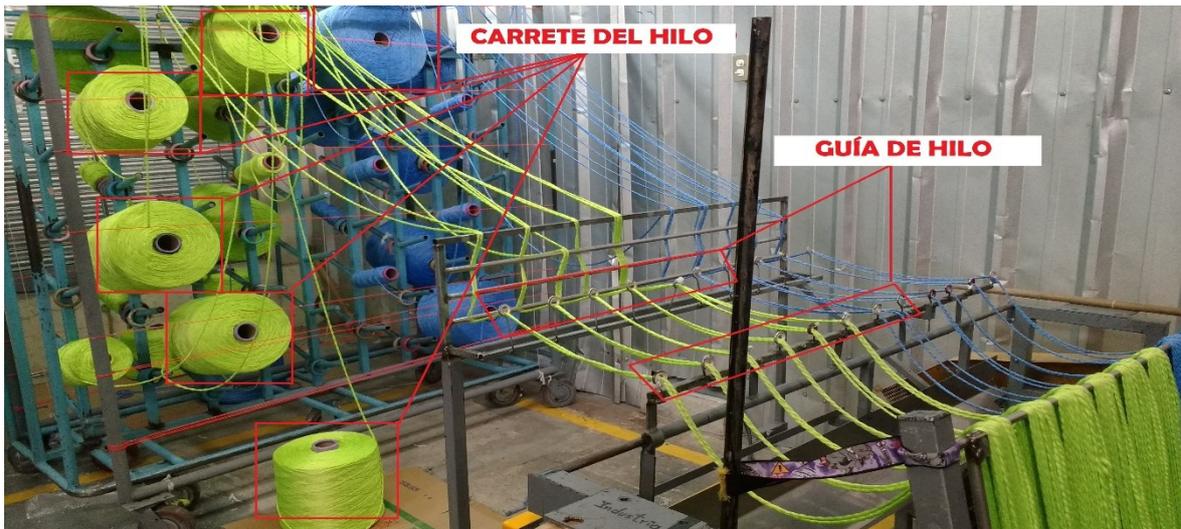


Figura 4.1: Carretes de hilo en la máquina de enrollado.
Elaboración: Propia

Acomodar el hilo: El operario acomoda el cabo o conjunto de hilos, verificando que exista un desplazamiento continuo desde los carretes a través de las guías de hilo hasta el soporte de la regleta de los traperos, como se observa en la Figura 4.2.



Figura 4.2: Ajuste del cabo del hilo provenientes de los carretes.
Elaboración: Propia

Colocar soporte: De acuerdo con del tipo de trapero a fabricar (económico, hogar o industrial), se selecciona la regleta adecuada como se observa en la Figura 4.3. Luego se coloca en el soporte base de la regleta y se amarra cada uno de los cabos de hilo a un extremo.



Figura 4.3: Selección de la regleta de acuerdo con el tipo de trapero.
Elaboración: Propia

Enrollado del trapero: El operario acciona un motorreductor conectado a un piñón que transmite su movimiento al soporte de la regleta con las madejas de hilos, como se observa en la Figura 4.4. De acuerdo con el tipo de trapero a fabricar, el operario determina el número de cabos y el total de vueltas.



Figura 4.4: Enrollado de la madeja para el trapero Hogar.
Elaboración: Propia

Desatar hilo: El operario amarra, corta y desata cada extremo de los cabos de hilo provenientes de los carretes. Verificando que cada madeja se encuentre adecuadamente enrollada y tensada sobre la regleta, como se observa en la Figura 4.5.

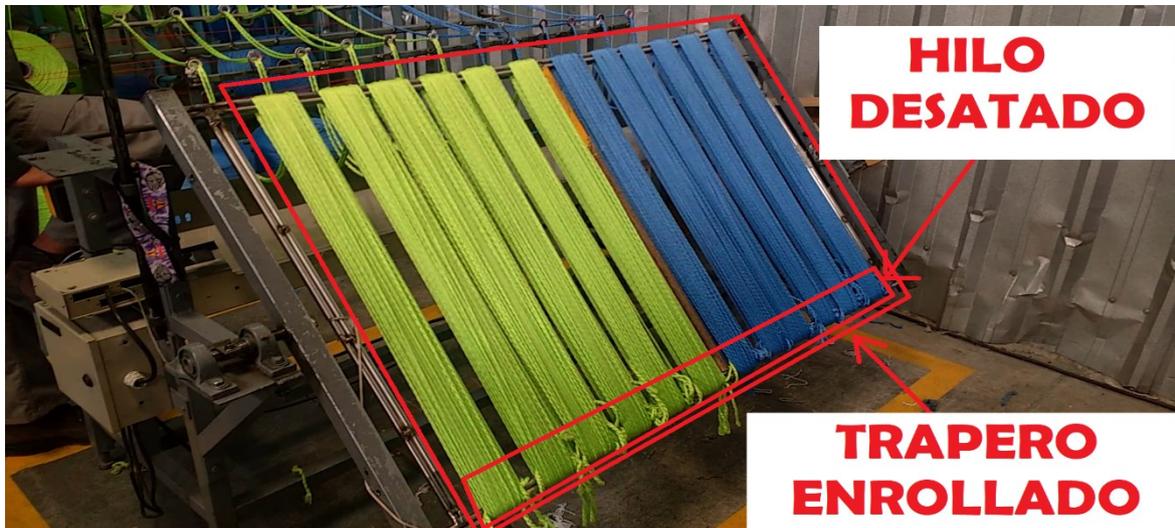


Figura 4.5: Corte de la madeja para el trapero Hogar.
Elaboración: Propia

Centrar cuerda: El operario centra y verifica que cada madeja de hilos se encuentre sin ningún desperfecto físico como se observa en la Figura 4.6. Después coloca en posición vertical la regleta de los traperos y continua con la siguiente actividad.

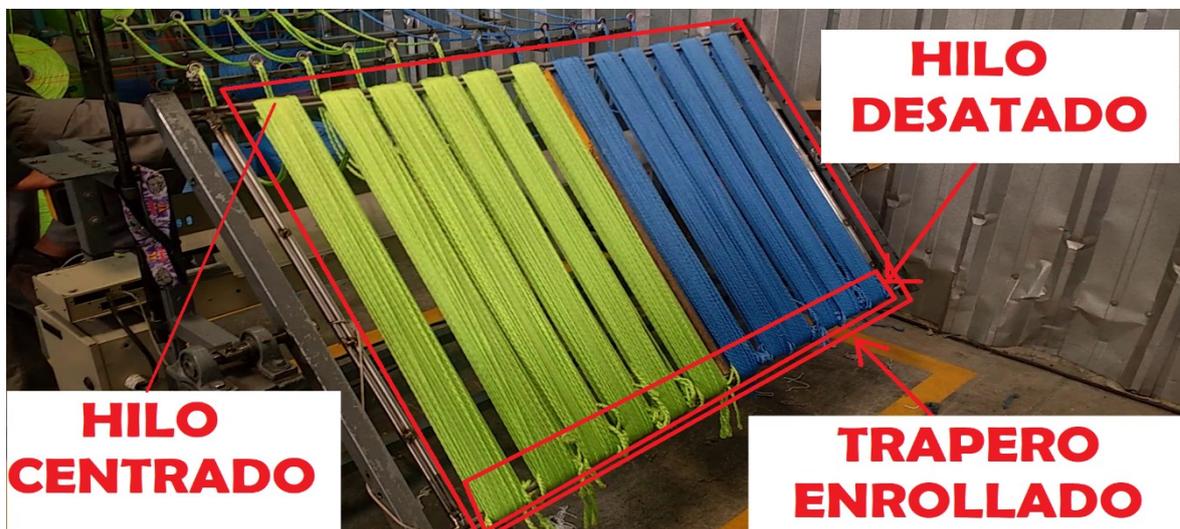


Figura 4.6: Centrado de la madeja para el trapero Hogar.
Elaboración: Propia

Amarrar y cortar centro: El operario se encarga de amarrar y cortar cada una de las madejas que conforman la base del trapero hogar como se observa en la Figura 4.7. Se debe asegurar de una forma correcta, ya que así se garantiza que el prensado del capuchón abarque todo el centro del trapero.



Figura 4.7: Amarrado del centro de la madeja para el trapero Hogar.
Elaboración: Propia

Retirar regleta: Se retira la regleta de su soporte con las doce madejas que conforman la base de los traperos Hogar como se observa en la Figura 4.8. El operario verifica que cada uno esté amarrado correctamente tanto en sus extremos y su centro, garantizando un adecuado enrollado de la madeja de hilos.



Figura 4.8: Retirada de la madeja para el trapero Hogar de la regleta.
Elaboración: Propia

- **Etapa de prensado del trapero (colocación del capuchón y su base)**

Debido a la densidad, peso y material del cual está fabricado la madeja para el trapero Industrial (85% poliéster y 15% poliamida o nylon), es zurcido en una base especial que abarca y sujeta todo el centro como se observa en la Figura 4.9.



Figura 4.9: Trapero Industrial final. [21]

Por lo que, se realiza un número total de cinco actividades, que son desarrolladas para prensar los traperos económico y hogar respectivamente. Las cuales son las siguientes:

Colocación del capuchón: El operario verifica que el capuchón esté en óptimas condiciones y no posea algún desperfecto como se observa en la Figura 4.10.



Figura 4.10: Capuchón para los traperos Económico y Hogar.

De igual forma se comprueba que la base se encuentre en perfectas condiciones como se observa en la Figura 4.11.

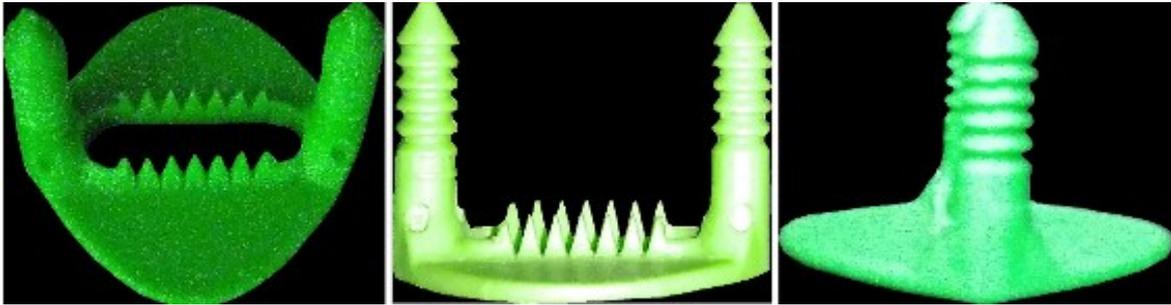


Figura 4.11: Base de capuchón para los traperos Económico y Hogar. [21]

Seguido, se coloca el capuchón y su base en dos matrices (moldes) que sirven de apoyo y forman parte de un sistema de prensado neumático.

Prensar capuchón: Después de colocar el capuchón y su base en sus respectivas matrices, se prensa la madeja del traperero económico o hogar con la ayuda de un cilindro neumático que es accionado por una electroválvula. La cual es controlada por un pulsador, como se observa en la Figura 4.12.

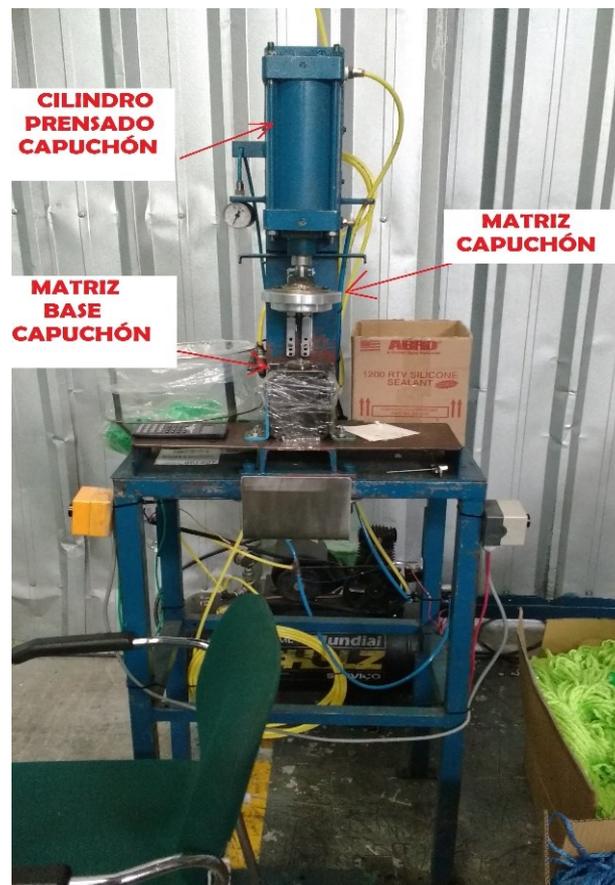


Figura 4.12: Sistema de prensado neumático.
Elaboración: Propia

Reabastecer capuchón: Para que la producción de traperos se produzca en serie. Es necesario que el operario reabastezca continuamente a la máquina con un capuchón y su base al sistema de prensado neumático, obteniendo como producto final el trapero, como se observa en la Figura 4.13.



Figura 4.13: Trapero Económico Final. [21]

Al finalizar, se pesa y coloca su etiqueta respectiva de acuerdo con el tipo de trapero fabricado dentro del área de Microlimpia.

- **Fallas en la fabricación de traperos**

El tipo de material del cual está fabricado el capuchón y su base es de Polietileno de Alta Densidad - HDPE "*High Density Polyethylene*". Por lo que, si es colocado dentro de su matriz y prensado de forma incorrecta puede producir daños irreversibles en el producto final y retrasando la producción. Con lo cual, se considera dos actividades adicionales en la fabricación de traperos, las cuales son:

- **Retroceso por capuchón roto:** El tiempo que exige esta actividad es de cincuenta y dos segundos (0:00:52) por cada conjunto de capuchón y base del trapero roto.
- **Retroceso por base del capuchón roto:** El tiempo que exige esta actividad es de cuarenta y cuatro segundos (0:00:44) por cada conjunto de capuchón y base del trapero roto.

4.2. Diseño de la máquina.

Inicialmente, para determinar el alto, largo y ancho de la estructura principal y secundaria. Se define y toma como referencia, el espacio designado y las dimensiones de la máquina de enrollado y prensado neumático actualmente existentes en el área de Microlimpia. Por lo que, con el diseño elaborado se simula la máquina para la fabricación de traperos en una solo etapa. De acuerdo con el análisis de tiempos de fabricación y los requerimientos solicitados por la empresa.

- **Diagrama de flujo de la máquina**

La secuencia de actividades involucrados en la fabricación de los traperos se encuentra en el ANEXO C: Diagrama de flujo del control de la máquina. En donde, se observa las etapas involucradas dentro del funcionamiento de la máquina, tanto en el estado de operación y mantenimiento.

- **Dimensionamiento y diseño de los elementos mecánicos.**

Para el desarrollo de la estructura, se tomó en cuenta que los elementos cumplan con las propiedades de estabilidad, rigidez y resistencia. Principalmente, se identificó la estructura principal la cual servirá de soporte general de todos los componentes eléctricos y mecánicos, que formarán parte del sistema de control de la máquina.

Estructura principal

Inicialmente, las dimensiones del espacio físico disponible a ocupar por la máquina son las siguientes: Alto = 2000, ancho = 1700 y largo = 600 (mm). De acuerdo con la estatura promedio de los hombres en el país, se definió las medidas de la estructura principal. Las cuales son: Altura = 1581.6, ancho = 1522 y largo = 400. Seguido, se realizó una ilustración de la estructura como se observa en la Figura 4.14, en donde se describe las dimensiones de la máquina.

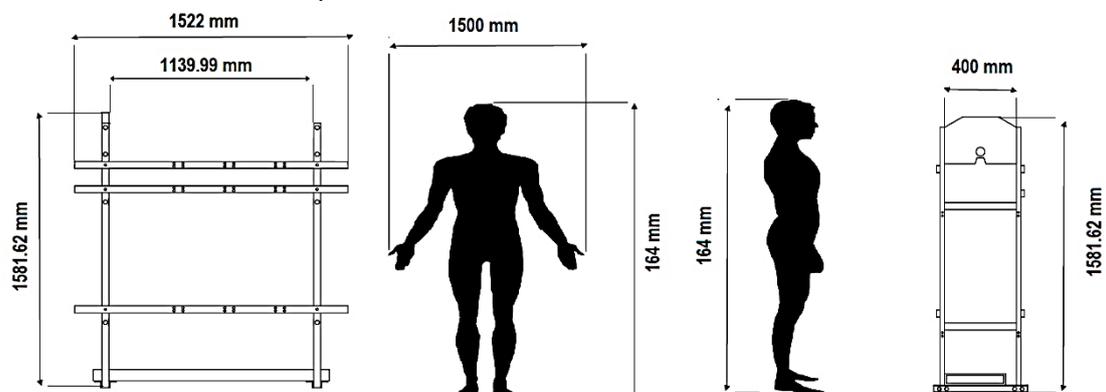


Figura 4.14: Representación esquemática de la estructura principal.
Elaboración: Propia

Después, se realizó el diseño de la estructura principal, como se observa en la Figura 4.15. En base a los modelos de las máquinas existentes en el área de Microlimpia. Con lo cual, se aseguró que el operario no ejerza un esfuerzo excesivo al momento de realizar las respectivas actividades que demanda el proceso para la fabricación de traperos.

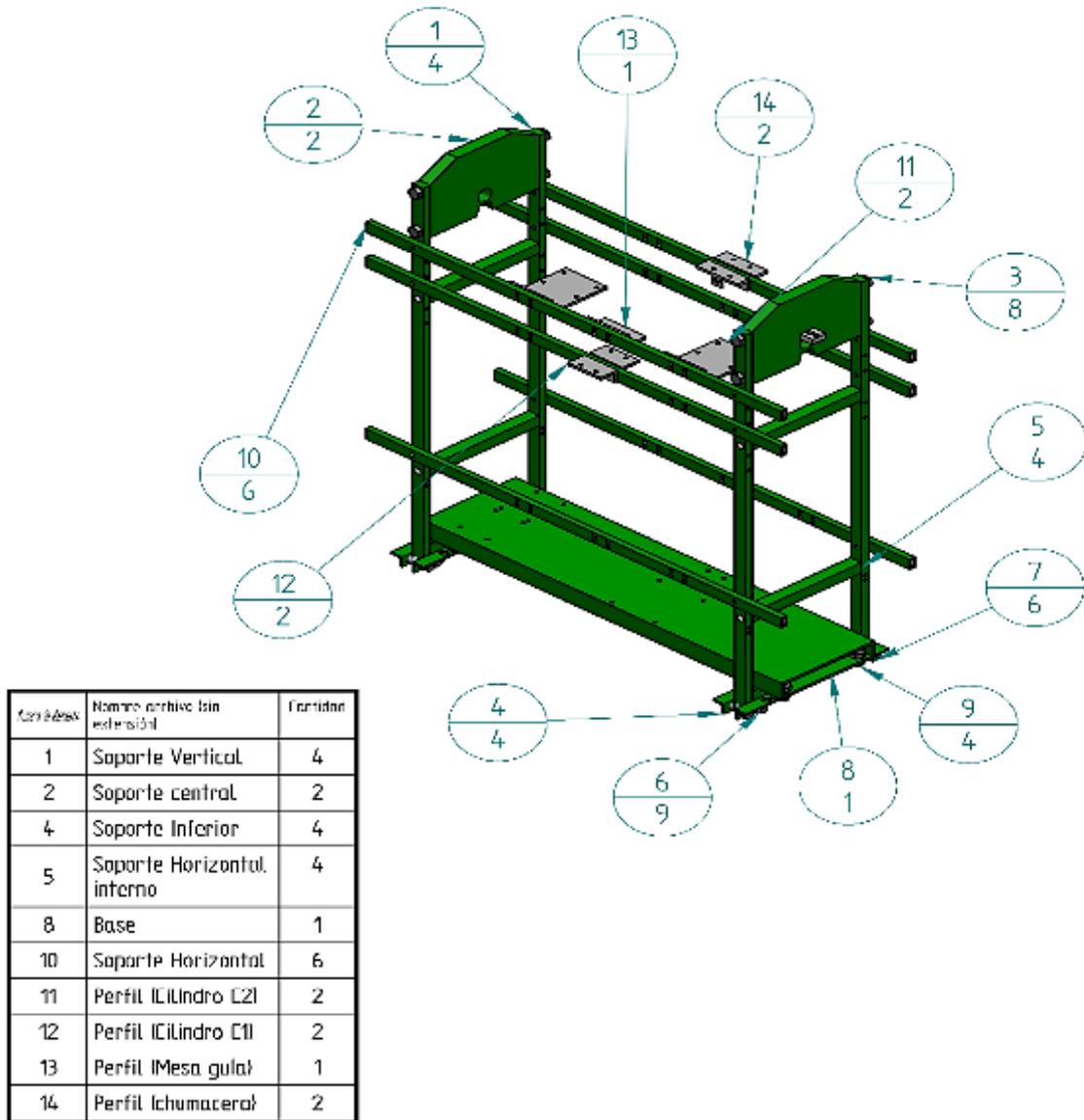


Figura 4.15: Elementos de la estructura principal.
Elaboración: Propia

Selección del material

Dentro del campo de la metalurgia las aleaciones de aluminio poseen una baja densidad alrededor de una tercera parte de acero. Por lo que, el tipo de material seleccionado posee ciertas características que otorga una firmeza adecuada para la estructura principal de la máquina.

Según la Norma AA “Aluminum Association” el material seleccionado es AA3004 con un espesor de 5 (mm), el cual posee las siguientes características:

- AA: Asociación de aluminio americana
- 3: Aleación de Aluminio – Manganeso
- 004: dureza media, resistente a la corrosión, endurecible por trabajo en frío y resistencia a la tensión mecánica.

Después de la selección del tipo de material se enlistó en la Tabla 4.2. la cantidad total, los tipos y las dimensiones de los elementos que forman parte de la estructura principal.

Tabla 4.2: Estructura principal (soportes y perfiles).

Elementos estructura principal					
Conjunto	Elemento	Cantidad	Material	Tipo	Dimensiones
Soporte lateral izquierdo	Soporte central	1	Aluminio, 3004	Sin definir	Ver ANEXO N
	Soporte Horizontal interno	2	Aluminio, 3004	Tubo estructural-cuadrado	$1,57 \times 1,57 \times \frac{1}{5}$ (in) L = 400 (mm)
	Soporte Vertical	2	Aluminio, 3004	Tubo estructural-rectangular	$1,6 \times 0,8 \times \frac{1}{5}$ (in) L = 1522 (mm)
	Soporte inferior	2	Aluminio, 3004	Angulo	$L1,57 \times 1,57 \times \frac{1}{5}$ (in) L = 461 (mm)
Soporte lateral derecho	Soporte central	1	Aluminio, 3004	Sin definir	Ver ANEXO N
	Soporte Horizontal interno	2	Aluminio, 3004	Tubo estructural-cuadrado	$1,57 \times 1,57 \times \frac{1}{5}$ (in) L = 400 (mm)
	Soporte Vertical	2	Aluminio, 3004	Tubo estructural-rectangular	$1,6 \times 0,8 \times \frac{1}{5}$ (in) L = 1522 (mm)
	Soporte inferior	2	Aluminio, 3004	Angulo	$L1,57 \times 1,57 \times \frac{1}{5}$ (in) L = 461 (mm)
Soporte frontal	Perfil (chumacera)	2	Aluminio, 3004	Angulo	$L1,8 \times 1,8 \times \frac{39}{100}$ (in) L = 150 (mm)
	Soporte Horizontal.	3	Aluminio, 3004	Tubo estructural-rectangular	$1,6 \times 0,8 \times \frac{1}{5}$ (in) L = 1522 (mm)
Soporte trasero	Perfil (Cilindro recorrido)	2	Aluminio, 3004	Angulo	$L2,22 \times 8,27 \times \frac{39}{100}$ (in) L = 150 (mm)
	Perfil (Mesa guía)	1	Aluminio, 3004	Angulo	$L2,22 \times 8,27 \times \frac{39}{100}$ (in) L = 150 (mm)

	Perfil (Cilindros A y B)	2	Aluminio, 3004	Angulo	$L_{2,22 \times 8,27} \times \frac{39}{100}$ (in) L = 150 (mm)
	Soporte Horizontal	3	Aluminio, 3004	Tubo estructural- rectangular	$1,6 \times 0,8 \times \frac{1}{5}$ (in) L = 1522 (mm)
Soporte base	Base	1	Aluminio, 3004	Tubo estructural- rectangular	$2,6 \times 13,4 \times \frac{39}{100}$ (in) L = 1315 (mm)

Elaboración: Propia

Después, de definir el tipo de material de cada soporte y perfil. Se describe los tres sistemas principales (transmisión y neumático) que están sobre los perfiles y soportes de la estructura principal de la máquina, con sus respectivos diagramas de cuerpo libre. Para lo cual, se determinó la masa y el peso de los elementos que están involucrados dentro de los sistemas de transmisión de potencia por poleas y prensado neumático.

Sistema de Transmisión de Potencia por Poleas uno: Es donde se produce el movimiento giratorio que envuelve el cabo de hilos sobre la regleta, dando como resultado la madeja del trapero final. Los elementos asociados al conjunto 1 (polea menor uno) se encuentran descritos en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3: Elementos mecánicos de la polea menor uno (enrollado).

Elementos mecánicos del Conjunto 1					
Elemento	Cantidad	Material	Masa (kg)	Velocidad angular (rad/seg)	Velocidad tangencial (m/seg)
Eje 1 (Motor 1)	1	Acero galvanizado	1,15	104,71	3.71
Chumaceras	2	Aluminio	0,31		
Rodamientos	2	Acero	0,45		
Polea menor 1 Ø = 71 (mm)	1	Aluminio	0,19		
TOTAL			2,11		
Peso Total (N)			20,67		

Elaboración: Propia

El diagrama de cuerpo libre correspondiente a la Tabla 4.3, se observa en la Figura 4.16. En donde, se muestra un esquema de los vectores (normal, peso y velocidad tangencial) que forman parte del Conjunto 1.

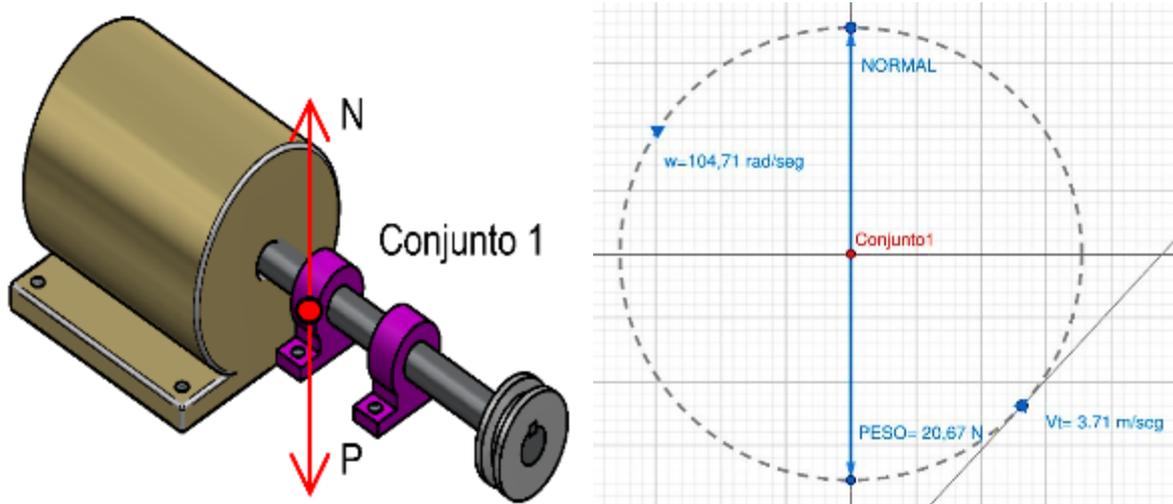


Figura 4.16: Diagrama de cuerpo libre del conjunto 1.
Elaboración: Propia

Los elementos asociados al conjunto 2 (polea mayor uno) se encuentran descritos en la Tabla 4.4, los cuales transmiten el movimiento giratorio hacia la regleta del enrollado.

Tabla 4.4: Elementos mecánicos de la polea mayor (enrollado).

Elementos mecánicos Conjunto 2					
Elemento	Cantidad	Material	Masa (kg)	Velocidad angular (rad/seg)	Velocidad tangencial (m/seg)
Polea mayor 1 $\varnothing = 355$ (mm)	1	Aluminio	3,17	20.94	8.69
Chumaceras	2	Aluminio	0,31		
Rodamientos	2	Acero	0,45		
Eje 2 (Regleta)	1	Acero galvanizado	0,73		
Regleta $\varnothing = 830$ (mm)	1	Aluminio	2,22		
Soporte base de la regleta	2	Aluminio	0,18		
TOTAL			7,07		
Peso Total (N)			69,29		

Elaboración: Propia

El diagrama de cuerpo libre correspondiente a la Tabla 4.4, se observa en la Figura 4.17. En donde, se muestra un esquema de los vectores (normal, peso y velocidad tangencial) que forman parte del Conjunto 2.

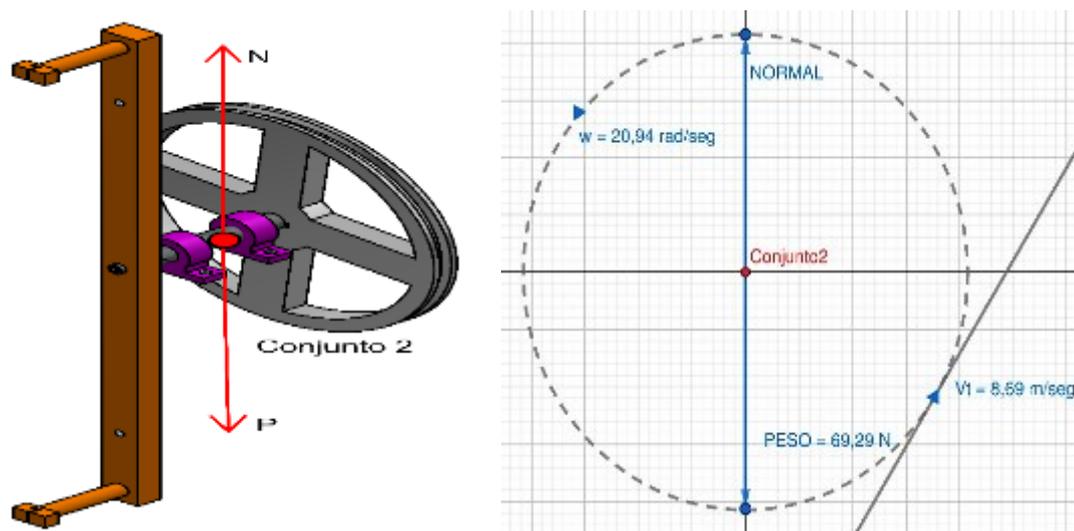


Figura 4.17: Diagrama de cuerpo libre del conjunto 2.
Elaboración: Propia

Sistema de Transmisión de Potencia por Poleas dos: Es donde se controla el movimiento horizontal (izquierda - derecha) de la guía del hilo, la cual se encarga de desplazar el cabo de hilos sobre la regleta. Los elementos asociados al conjunto 3 (polea menor dos) se encuentran descritos en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5: Elementos mecánicos de la polea menor dos (guía del hilo).

Elementos mecánicos Conjunto 3					
Elemento	Cantidad	Material	Masa (kg)	Velocidad angular (rad/seg)	Velocidad tangencial (m/seg)
Eje 3 (Motor 2)	1	Acero galvanizado	1,15	104,71	3.71
Chumaceras	2	Aluminio	0,31		
Rodamientos	2	Acero	0,45		
Polea menor 2 Ø = 71 (mm)	1	Aluminio	0,19		
TOTAL			2,11		
Peso Total (N)			20,67		

Elaboración: Propia

El diagrama de cuerpo libre correspondiente a la Tabla 4.5 se observa en la Figura 4.18. En donde, se muestra un esquema de los vectores (normal, peso y velocidad tangencial) que forman parte del Conjunto 3.

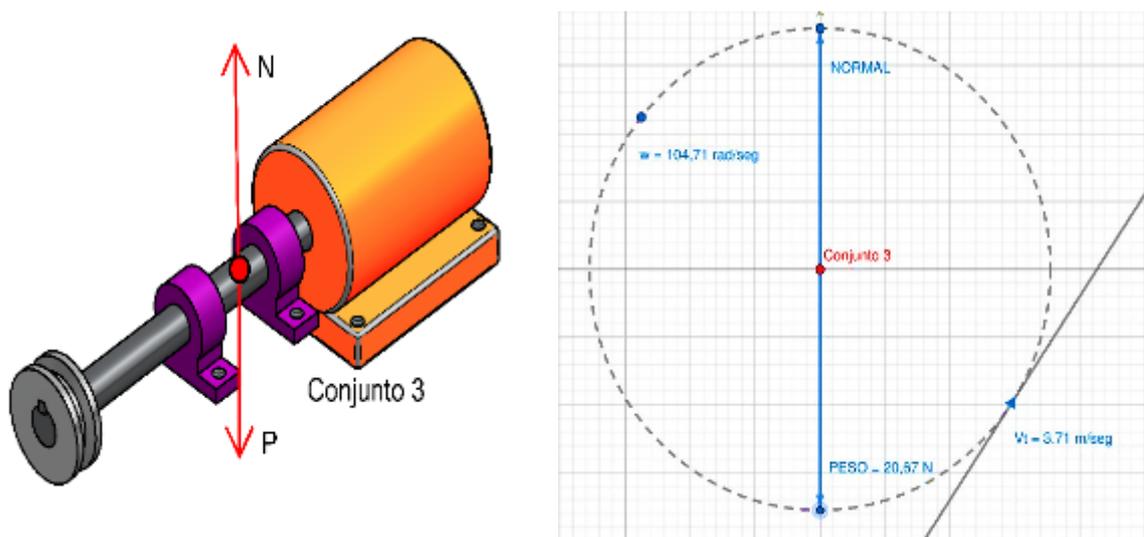


Figura 4.18: Diagrama de cuerpo libre del conjunto 3.
Elaboración: Propia

Los elementos asociados al conjunto 4 (polea mayor dos) se encuentran descritos en la Tabla 4.6. Los cuales transmite el movimiento proveniente del motor dos hacia el tornillo sin fin, el cual se encuentra acoplado a la guía del hilo (bocín).

Tabla 4.6: Elementos mecánicos de la polea mayor dos.

Elementos mecánicos Conjunto 4					
Elemento	Cantidad	Material	Masa (kg)	Velocidad angular (rad/seg)	Velocidad tangencial (m/seg)
Eje 4	1	Acero galvanizado	1,73	20,94	3,71
Tornillo sin fin	1	Acero	2,05		
Chumaceras	4	Aluminio	0,63		
Rodamientos	4	Acero	0,91		
Polea mayor $\varnothing = 355$ (mm)	1	Aluminio	3,17		
Bocín (guía Hilo)	1	Aluminio	0,84		
TOTAL			9,33		
Peso Total (N)			91,43		

Elaboración: Propia

El diagrama de cuerpo libre correspondiente a la Tabla 4.6 se observa en la Figura 4.19. En donde, se muestra un esquema de los vectores (normal, peso y velocidad tangencial) que forman parte del Conjunto 4.

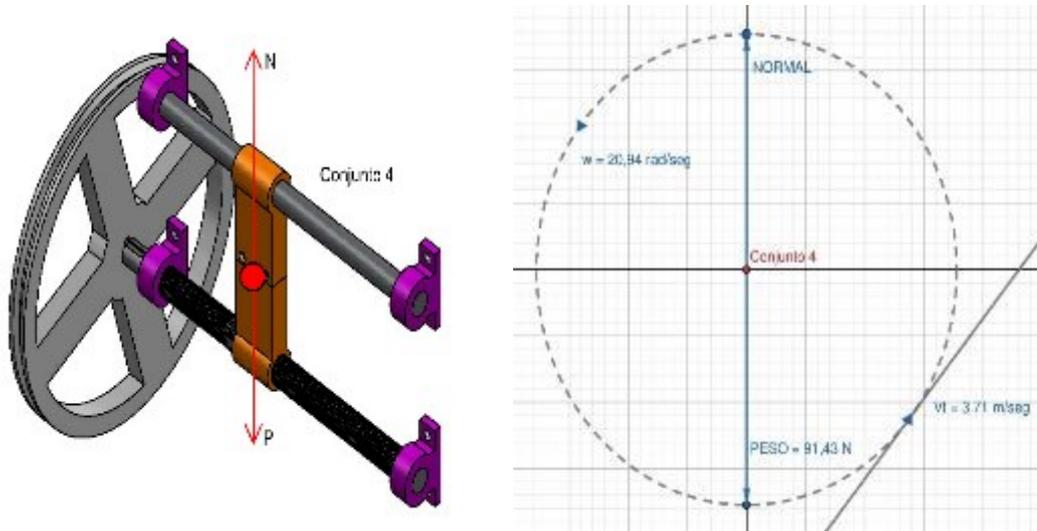


Figura 4.19: Diagrama de cuerpo libre del conjunto 4.
Elaboración: Propia

Sistema de prensado neumático: Es donde, se produce el prensado del capuchón y la base sobre la madeja de hilos enrollada en el soporte de la guía del hilo. Los elementos asociados al conjunto 5 (sistema de prensado) se encuentran descritos en la Tabla 4.7

Tabla 4.7: Elementos mecánicos del sistema de prensado.

Elementos mecánicos del conjunto 5				
Elementos	Cantidad	Material	Masa (kg)	Velocidad lineal (cm/seg)
Cilindro A	1	Sin definir	0,74	18
Perfil Guía 1 izquierda	1	Aluminio	0,75	
Perfil Guía 2 izquierdo	1	Aluminio	0,50	
Matriz capuchón	1	HDPE	0,30	
Cilindro B	1	Sin definir	0,74	11
Perfil Guía 1 derecho	1	Aluminio	0,75	
Perfil Guía 2 derecho	1	Aluminio	0,50	
Matriz base capuchón	1	HDPE	0,14	
Cilindro de Recorrido	1	Sin definir	0,74	22
Mesa guía	1	Aluminio	2,58	
TOTAL			7,74	
Peso Total (N)			75,85	

Elaboración: Propia

El diagrama de cuerpo libre correspondiente a la Tabla 4.7 se observa en la Figura 4.20. En donde, se muestra un esquema de los vectores (normal, peso y velocidad lineal) que forman parte del Conjunto 5.

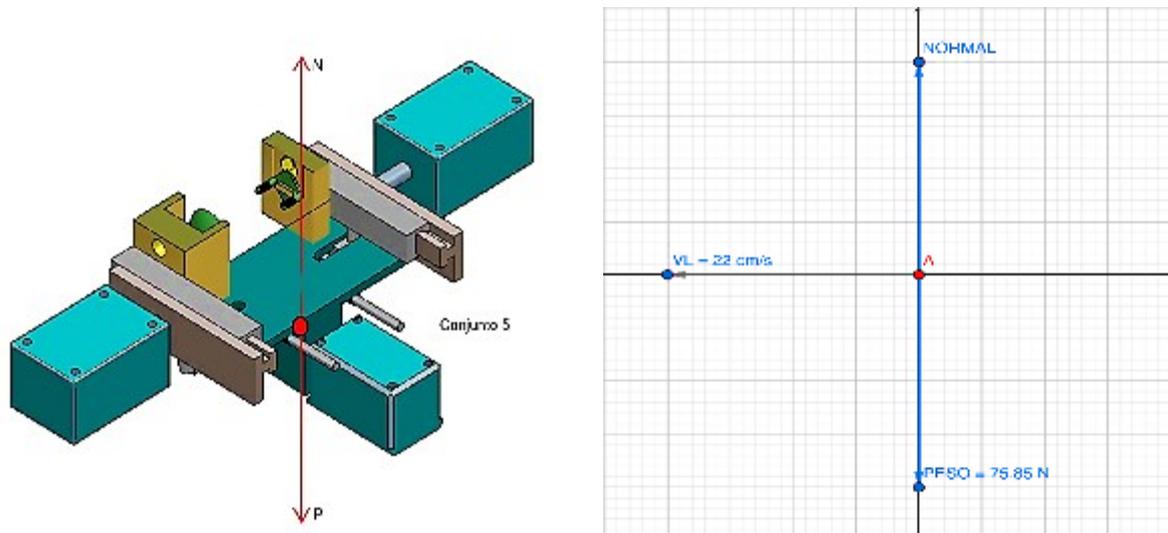


Figura 4.20: Diagrama de cuerpo libre del conjunto 5.
Elaboración: Propia

Después de realizar los diagramas de cuerpo libre, se determina el factor de seguridad y la tensión producida por las fuerzas provenientes de los elementos mecánicos, que se encuentran sobre los soportes y perfiles de la estructura principal. Los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

- **Soporte frontal y perfiles (regleta del enrollado del trapero):** La simulación del análisis de fuerza uno de 69,29 (N) provienen de los elementos mecánicos del conjunto dos descritos en la Tabla 4.4. Aplicadas sobre el soporte frontal y perfiles descritos en la
- Tabla 4.8, los cuales forman parte del sistema de transmisión de potencia por poleas uno.

Tabla 4.8: Elementos sometidos a la fuerza uno.

Elementos del soporte frontal y perfiles					
Nombre del sólido	Cantidad	Material	Masa (Kg)	Volumen (mm ³)	Peso (N)
Perfil (chumacera)	2	Aluminio, 3004	0,32	118459,51	3,14
Soporte Horizontal	1	Aluminio, 3004	2,09	773096,65	20,54

Elaboración: Propia

Resultado de tensión (Von Mises): Por medio de la simulación de esfuerzos hidrostáticos, se aprecia la compresión (esfuerzo de tracción) aplicada sobre los perfiles y soportes. El cual, se fundamenta en la descomposición de las tensiones (tensión inicial, tensión estado ficticio y tensión hidrostática) que es aplicada a cada elemento. Obteniendo el siguiente resultado descrito en la Tabla 4.9.

Tabla 4.9: Resultados de tensión uno.

Componente resultante: Von Mises					
Extensión	Valor (MPa)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Limite elástico (Pa)
Mínima	2,62x10-6	-640,83	375,00	1220,99	68,9
Máxima	0,20	-583,88	395,00	1257,19	

Elaboración: Propia

La representación gráfica de la tensión aplicada sobre el conjunto se observa en la Figura 4.21. En donde se aprecia el límite elástico máximo y mínimo de los elementos.

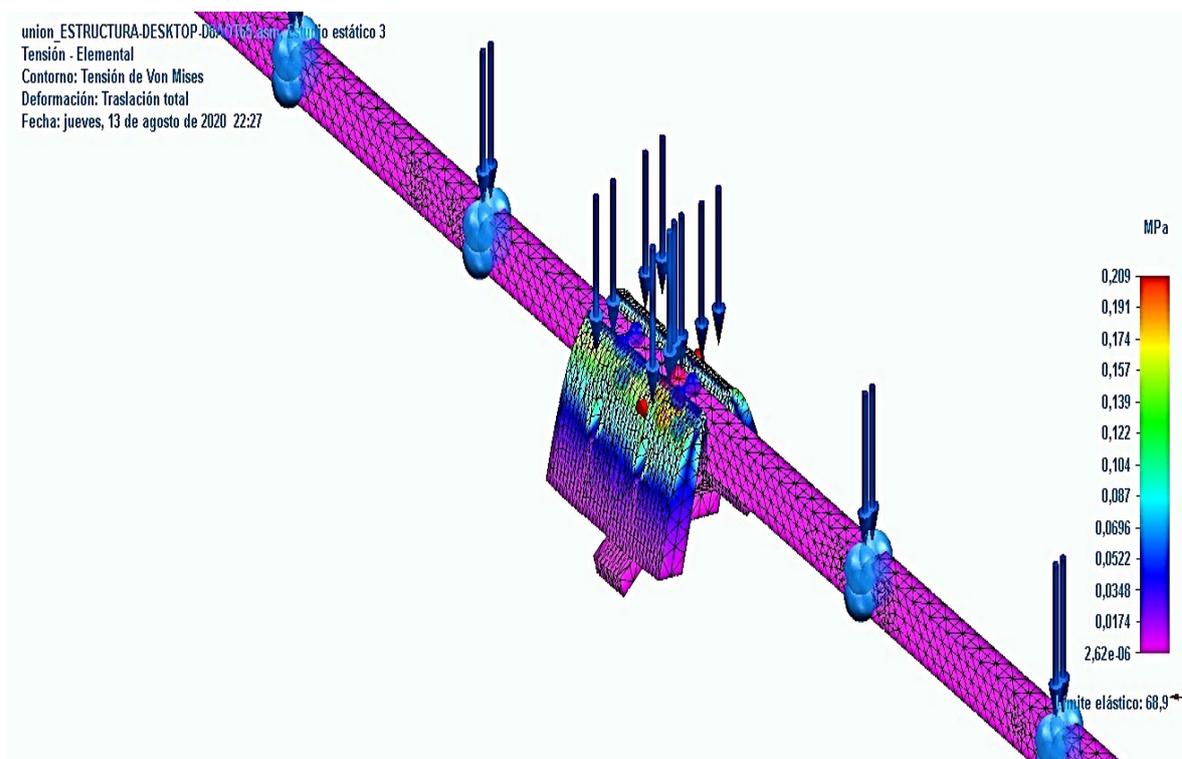


Figura 4.21: Resultados de tensión del análisis de fuerza uno.

Elaboración: Propia

Resultados del factor de seguridad: Es la división entre el esfuerzo de cedencia (zona de deformación elástica permanente) dado por la curva del material, el esfuerzo

calculado y las condiciones a las que está sometido. Obteniendo el siguiente resultado descrito en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10: Resultados de factor de seguridad uno.

Componente resultante: Factor de seguridad				
Extensión	Valor	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
Mínima	330	-583,88	395,00	1257,19
Máxima	2,63x10 ⁷	-640,83	375,00	1220,99

Elaboración: Propia

La representación gráfica del factor de seguridad se observa en la Figura 4.22. Una vez retirada las condiciones a las que se encuentra sometido regresara a su forma original el conjunto analizado.

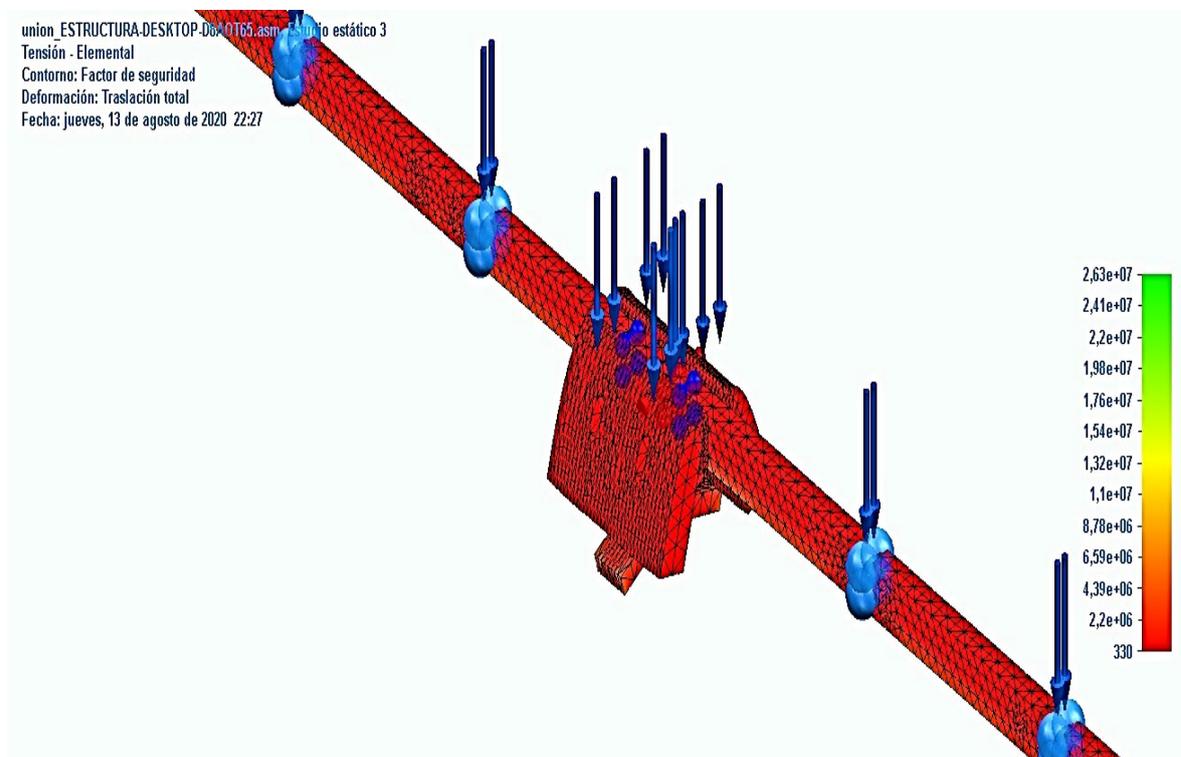


Figura 4.22: Resultado de factor de seguridad uno.
Elaboración: Propia

- **Soporte lateral izquierdo (guía del hilo bocín):** La simulación del análisis de fuerza dos de 91,43 (N), provienen de los elementos mecánicos del conjunto cuatro descritos en la Tabla 4.6. Aplicadas sobre el soporte lateral izquierdo descritos en la Tabla 4.11., los cuales forman parte del sistema de transmisión de potencia por poleas dos.

Tabla 4.11: Elementos del análisis de fuerzas dos.

Elementos del soporte lateral izquierdo guía del hilo					
Nombre del sólido	Cantidad	Material	Masa (Kg)	Volumen (mm ³)	Peso (N)
Soporte inferior	2	Aluminio, 3004	0,56	208011,52	11,06
Soporte central	1	Aluminio, 3004	10,56	3894234,58	103,49
Soporte Horizontal interno	2	Aluminio, 3004	1,24	459044,26	24,44
Soporte Vertical	2	Aluminio, 3004	2,39	884157,73	46,99

Elaboración: Propia

Resultado de tensión (Von Mises): Se obtuvo el siguiente resultado descrito en la Tabla 4.12, aplicados a los elementos del conjunto lateral izquierdo.

Tabla 4.12: Resultados de tensión dos.

Componente resultante: Von Mises					
Extensión	Valor (MPa)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Limite elástico (Pa)
Mínima	$5,46 \times 10^{-6}$	-1267,49	137,57	-31,08	68,9
Máxima	0,375	-1267,49	-77,50	1121,00	

Elaboración: Propia

La representación gráfica de la tensión aplicada sobre el conjunto se observa en la Figura 4.23. En donde, se aprecia el límite elástico máximo y mínimo de los elementos

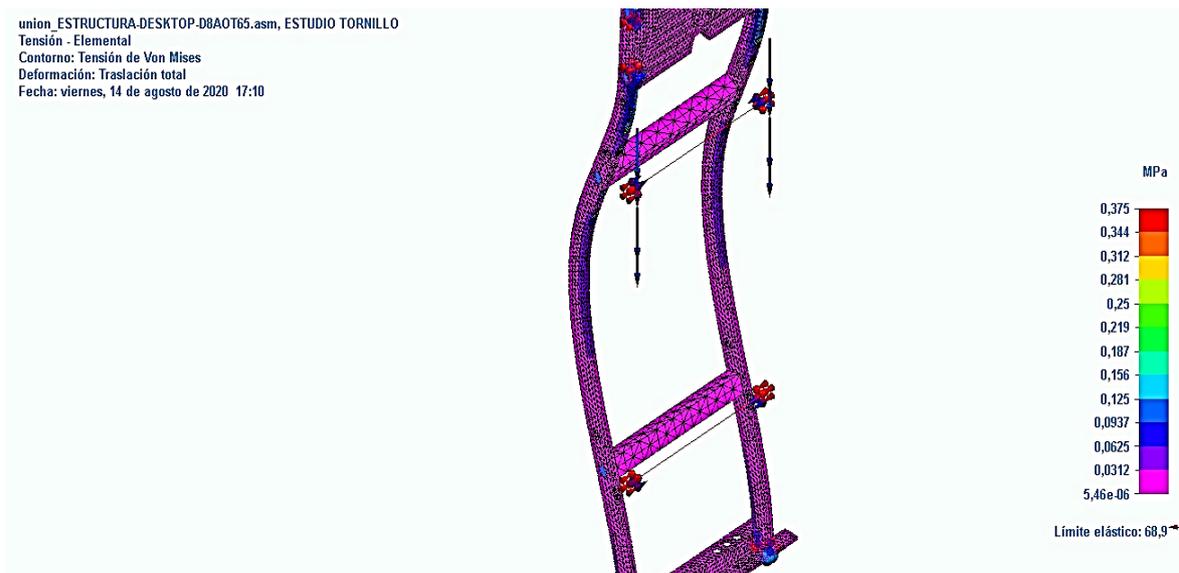


Figura 4.23: Resultados de tensión del análisis de fuerza dos.

Elaboración: Propia

Resultados del factor de seguridad: Se obtuvo el siguiente resultado descrito en la Tabla 4.13. Proveniente de la división entre la curva del material, el esfuerzo calculado y las condiciones a las que está sometido.

Tabla 4.13: Resultados de factor de seguridad dos.

Componente resultante: Factor de seguridad				
Extensión	Valor	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
Mínima	184	-1267,49	-77,50	1121,00
Máxima	1,26 x10 ⁷	-1267,49	137,57	-31,08

Elaboración: Propia

La representación gráfica del factor de seguridad se observa en la Figura 4.24. Una vez retirada las condiciones a las que se encuentra sometido regresara a su forma original el conjunto analizado

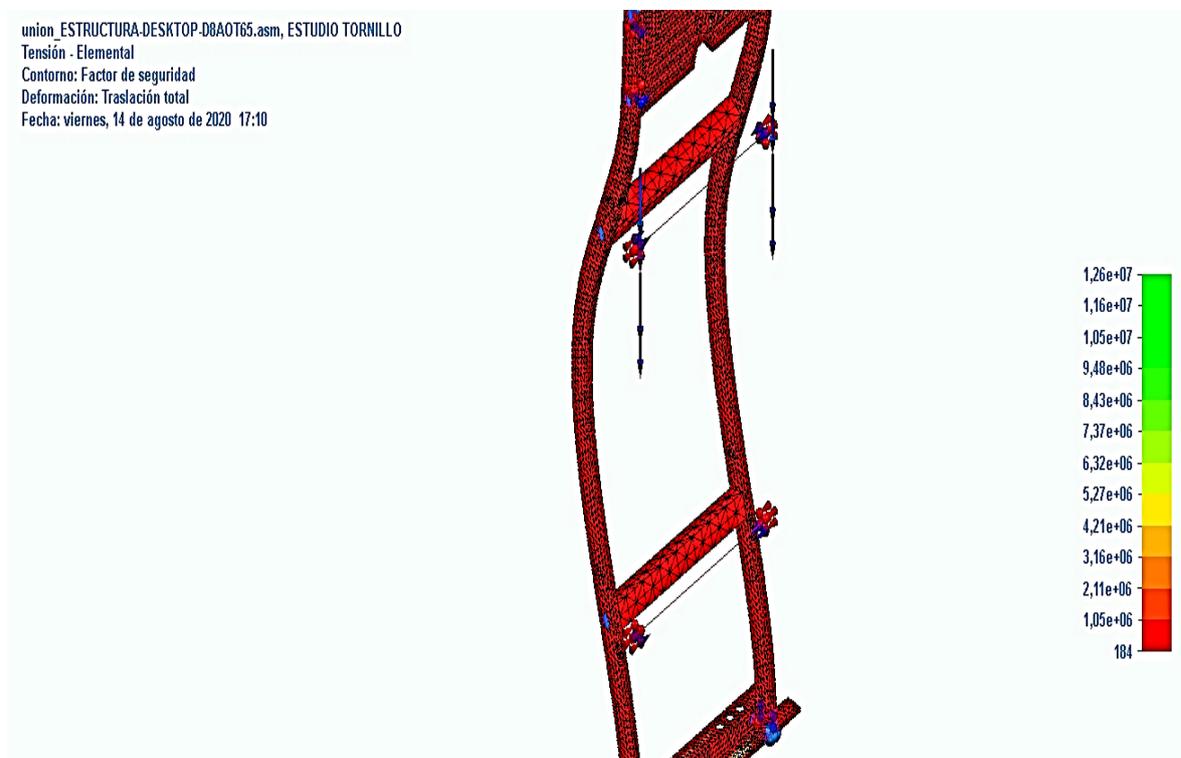


Figura 4.24: Resultado de factor de seguridad dos.

Elaboración: Propia

- **Soporte trasero (sistema de prensado neumático):** La simulación del análisis de fuerza tres de 75,85 (N) provienen de los elementos mecánicos del conjunto cinco descritos en la Tabla 4.7. Aplicadas sobre los soportes y perfiles descritos en la Tabla 4.14, los cuales forman parte del sistema de prensado neumático.

Resultados del factor de seguridad: Se obtuvo el siguiente resultado descrito en la Tabla 4.16. Proveniente de la división entre la curva del material, el esfuerzo calculado y las condiciones a las que está sometido.

Tabla 4.16: Resultados de factor de seguridad tres.

Componente resultante: Factor de seguridad				
Extensión	Valor	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
Mínima	469	-504,03	-79,61	1213,20
Máxima	7,8 x106	-497,57	-115,00	1082,23

Elaboración: Propia

La representación gráfica del factor de seguridad se observa en la Figura 4.26. Una vez retirada las condiciones a las que se encuentra sometido regresara a su forma original el conjunto analizado.

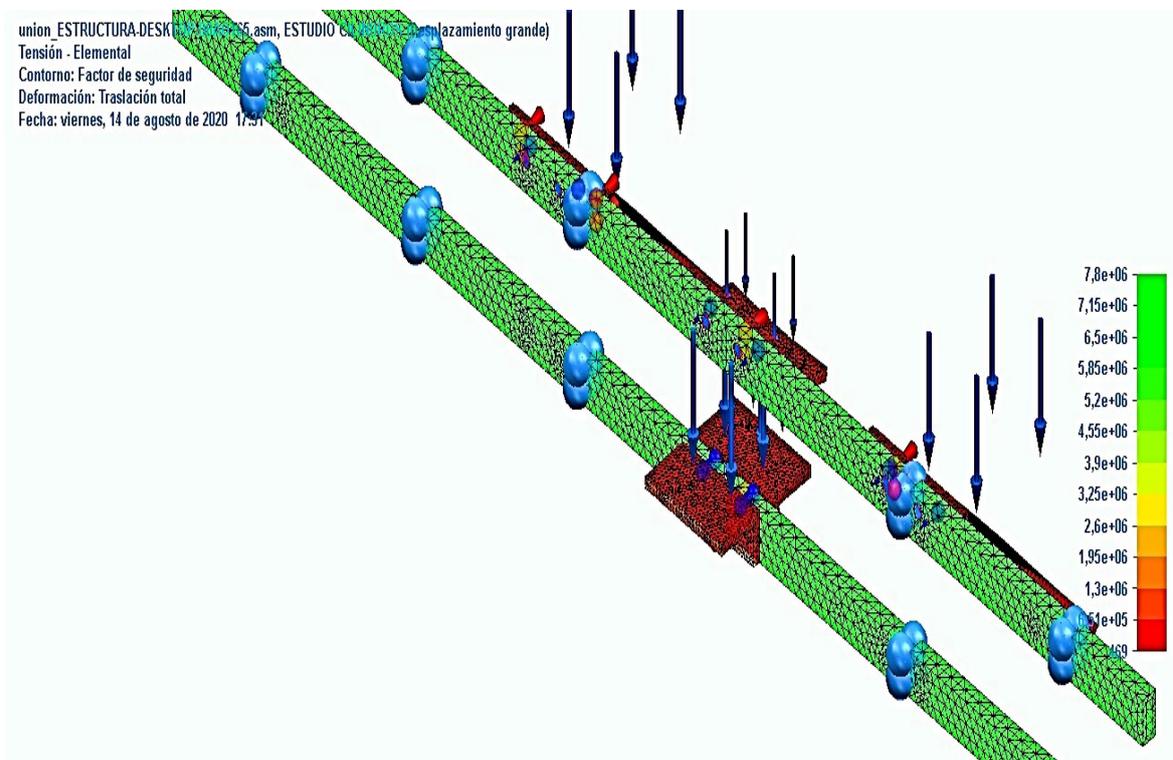


Figura 4.26: Resultado de factor de seguridad tres.

Elaboración: Propia

Para obtener más información sobre las simulaciones de fuerzas realizadas en la estructura principal, se adjunta los tres informes respectivos en el ANEXO E: Informes de análisis de fuerzas aplicadas al soporte frontal, lateral izquierdo y trasero. Al finalizar la simulación del análisis de fuerzas, se selecciona el tipo de material que cumpla con los requerimientos físicos que necesita la estructura principal.

Estructura secundaria (carcasa)

El diseño elaborado de la carcasa se observa en la Figura 4.27. La cual se realizó con respecto a las dimensiones de la estructura principal (soportes, perfiles y base). En donde se priorizó la seguridad del operario y la protección de los componentes internos, garantizando que la máquina otorgue las medidas de seguridad necesarias al momento de realizar el proceso de fabricación de traperos.

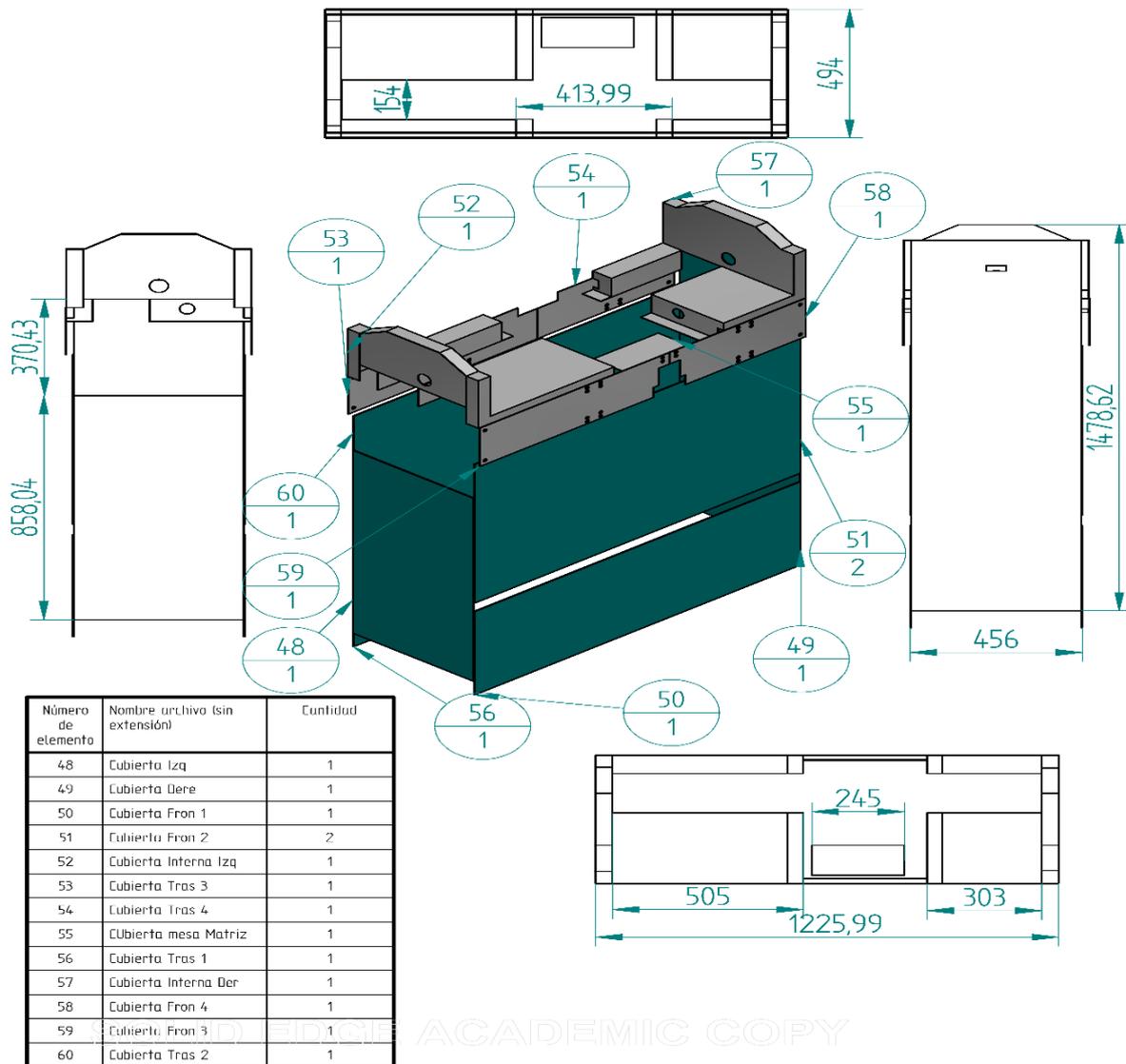


Figura 4.27: Estructura secundaria (carcasa).
Elaboración: Propia

Al finalizar el diseño de la estructura secundaria y sus elementos. Se seleccionó el tipo de material el cual otorga una rigidez y un peso adecuado, para así cumplir con los requerimientos de seguridad de la carcasa.

Selección del material

Según la Norma AA “*Aluminum Association*” el material seleccionado es AA1060, el cual posee las siguientes características:

- AA: Asociación de aluminio americana
- 1: Aluminio al 99%
- 060: No tratable térmicamente, resistente a los agentes atmosféricos, excelente aptitud a la deformación, conductiva térmica y eléctrica elevada.

Finalmente, se definió la cantidad total y las dimensiones de los elementos que forman parte de la estructura secundaria de la máquina. Los cuales se detallan en la Tabla 4.17.

Tabla 4.17: Elementos estructura secundaria (carcasa).

Elementos de la Estructura Secundaria				
Conjunto	Elemento	Cantidad	Material	Dimensiones
Carcasa lateral izquierda	Cubierta izquierda	1	Aluminio, 1060	$17,7 \times 33,8 \times \frac{3}{25}$ (in)
	Cubierta derecho	1	Aluminio, 1060	$17,7 \times 55,8 \times \frac{3}{25}$ (in)
Carcasa frontal	Cubierta frontal uno	1	Aluminio, 1060	$15,4 \times 48,03 \times \frac{3}{25}$ (in)
	Cubierta frontal dos	1	Aluminio, 1060	$25,6 \times 48,03 \times \frac{3}{25}$ (in)
Carcasa trasera	Cubierta trasera uno	1	Aluminio, 1060	$15,4 \times 48,03 \times \frac{3}{25}$ (in)
	Cubierta trasera dos	1	Aluminio, 1060	$25,6 \times 48,03 \times \frac{3}{25}$ (in)
Carcasa interna	Cubierta interna izquierda	1	Aluminio, 3004	Ver ANEXO N
	Cubierta interna derecha	1	Aluminio, 3004	Ver ANEXO N
	Cubierta interna frontal uno	1	Aluminio, 3004	$7,09 \times 17,7 \times \frac{2}{25}$ (in)
	Cubierta interna frontal dos	1	Aluminio, 3004	$7,09 \times 25,6 \times \frac{2}{25}$ (in)
	Cubierta interna trasera uno	1	Aluminio, 3004	$7,09 \times 17,7 \times \frac{2}{25}$
	Cubierta interna trasera dos	1	Aluminio, 3004	$7,09 \times 25,6 \times \frac{2}{25}$ (in)
	Cubierta mesa (matrices)	1	Aluminio, 3004	$4,5 \times 9,7 \times \frac{2}{25}$ (in)

Elaboración: Propia

- **Diagrama P&ID**

En el ANEXO D: Diagrama P&ID de la máquina para la fabricación de traperos de la empresa ENKADOR S.A., se observa los componentes principales (actuadores, sensores, controlador, etc.) ubicados en la estructura principal. Los cuales están conformados principalmente por dos sistemas de transmisión de potencia encargados del enrollado del trapero y un sistema neumático para el prensado del capuchón.

- **Cálculo de los sistemas de transmisión de potencia**

Poleas y correas de transmisión.

Para iniciar con el dimensionamiento de las poleas de los sistemas de transmisión. Se selecciona las máquinas conducidas y conductoras de similares características que actualmente son usadas en la etapa de enrollado del trapero y el movimiento lineal de la guía del hilo respectivamente.

Requerimientos del sistema: Son las características principales de cada máquina conducida y conductora a usar dentro del sistema de transmisión. Para lo cual es recomendable identificar la placa de datos o el catálogo de los equipos.

Las características principales de la máquina conducida y conductora que forman parte del sistema de transmisión uno, están descritas en la Tabla 4.18.

Tabla 4.18: Máquinas del sistema de transmisión uno.

Máquina conducida		Máquina conductora	
Tipo de máquina	Eje Tornillo sin fin	Tipo de máquina	Motor Eléctrico
Tipo de sistema	Directo	Potencia (HP)	4
Horas de trabajo	8 horas por día	Rev. Por minuto (RPM)	1000
Rev. por minuto (RPM)	200	Diámetro polea	Por definir
Diámetro polea (mm)	Por definir	Distancia entre ejes (mm)	1157,2
Condición funcionamiento	Normal	Condición funcionamiento	Normal
Relación máquina conducida – conductora.		Longitud de correa (in).	109
		Distancias entre ejes “E” (mm).	1032,54

Elaboración: Propia

Las características principales de la máquina conducida y conductora que forman parte del sistema de transmisión dos, están descritas en la Tabla 4.19.

Tabla 4.19: Máquinas del sistema de transmisión dos.

Requerimientos del sistema			
Máquina conducida		Máquina conductora	
Tipo de máquina	Eje Tornillo sin fin	Tipo de máquina	Motor Eléctrico
Tipo de sistema	Directo	Potencia (HP)	0,33
Horas de trabajo	8 horas por día	Rev. Por minuto (RPM)	1000
Rev. por minuto (RPM)	200	Diámetro polea	Por definir
Diámetro polea (mm)	Por definir	Distancia entre ejes (mm)	951,09
Condición funcionamiento	Normal	Condición funcionamiento	Normal
Relación máquina conducida – conductora.		Longitud de correa (in).	83
		Distancias entre ejes “E” (mm).	705,82

Elaboración: Propia

Para evitar pérdidas mecánicas, se corrige la potencia de las máquinas conductoras aplicando un factor de corrección de acuerdo con la aplicación del motor conductor y de la máquina conducida que forman parte del sistema de transmisión.

Potencia Corregida “P_c”: Es la potencia máxima que transmitirá el motor conductor hacia el equipo accionado por medio de la correa. (Rodríguez Galvarro, 2013)

Para determinar la potencia corregida de la máquina conductora, se aplica la Ecuación 1.

$$P_c = P \times F_c \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- P_c: Potencia corregida (HP).
- P: Potencia del motor conductor (HP).
- F_c: Factor de servicio.

El cálculo de la potencia corregida de los dos sistemas de transmisión se encuentra descritos en la Tabla 4.20.

Tabla 4.20: Potencia corregida de los sistemas de transmisión.

Cálculo de la potencia corregida			
Sistema de transmisión uno	Factor de servicio "Fc"	1,10	$P_C = 4 \times 1,10$ $P_C = 4,43 \text{ (HP)}$
	Potencia (HP)	4	
Sistema de transmisión dos	Factor de servicio "Fc"	1,10	$P_C = 0,33 \times 1,10$ $P_C = 0,83 \text{ (HP)}$
	Potencia (HP)	0,33	

Elaboración: Propia

Para definir el factor de servicio, se identifica el valor numérico que predice los incrementos de carga que se originan en las correas y la cantidad de horas de operación por día. Para lo cual, se define este valor por medio del coeficiente de corrección descrito en el ANEXO F: Fragmento de la tabla del factor de corrección de potencia.

Seguido, se calcula la relación de transmisión entre la polea de menor y el mayor diámetro.

Relación de transmisión "R": Es la relación que existe entre la velocidad de la polea de menor y mayor diámetro. (Rodríguez Galvarro, 2013)

Para determinar el diámetro o la velocidad de la polea mayor y menor, se aplica la Ecuación 2.

$$R = \frac{N}{n} = \frac{D}{d} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- R: Relación de transmisión.
- N: Velocidad de la polea menor (RPM).
- n: Velocidad de la polea mayor (RPM).
- D: Diámetro de la polea mayor (mm).
- d: Diámetro de la polea menor (mm).

El cálculo de la relación de transmisión de los dos sistemas de potencia por poleas se encuentra descritos en la Tabla 4.21.

Tabla 4.21: Relación de transmisión de los sistemas potencia.

Cálculo de la relación de transmisión			
Sistema de transmisión uno	Velocidad de la polea menor "N" (RPM)	1000	$R = \frac{N}{n} = \frac{1000}{200}$ $R = 5$ $d = \frac{D}{5}$
	Velocidad de la polea mayor "n" (RPM)	200	
Sistema de transmisión dos	Velocidad de la polea menor "N" (RPM)	1000	$R = \frac{N}{n} = \frac{1000}{200}$ $R = 5$ $d = \frac{D}{5}$
	Velocidad de la polea mayor "n" (RPM)	200	

Elaboración: Propia

Para calcular las dimensiones de las poleas, se parte por el diámetro de la polea menor. Por lo que, el diámetro de las poleas menores de los sistemas de transmisión de potencia uno y dos deben ser la quinta parte del diámetro de las poleas mayores

Después, se define la distancia entre los ejes de la máquina conductora y la conducida del sistema de transmisión.

Distancia entre ejes "E": La distancia suele estar establecida inicialmente, pero se puede calcular mediante la relación de transmisión y el diámetro de la polea menor. (Rodríguez Galvarro, 2013)

Por lo que, para efectos de cálculo se emplea la Ecuación 3.

$$E = \frac{(R+1) \times d}{2} + d \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

- E: Distancia entre ejes (mm).
- R: Relación de transmisión.
- d: Diámetro de la polea menor (mm).

Para el cálculo de la distancia entre ejes de los dos sistemas de potencia. Se considera un valor referencial de 71 (mm) para el diámetro de la polea menor, como se describe en la Tabla 4.22.

Tabla 4.22: Distancia entre ejes de los sistemas de transmisión.

Cálculo de la distancia entre ejes			
Sistema de transmisión uno	Relación de transmisión "R"	5	$E = \frac{(5 + 1) \times 71}{2} + 71$ $E = 284 \text{ (mm)}$
	Diámetro de la polea menor "d" (mm)	71	
Sistema de transmisión dos	Relación de transmisión "R"	5	$E = \frac{(5 + 1) \times 71}{2} + 71$ $E = 284 \text{ (mm)}$
	Diámetro de la polea menor "d" (mm)	71	

Elaboración: Propia

Para lo cual, la distancia definida previamente deberá ser mayor o igual a la calculada. Al determinar las dimensiones de las poleas (mayor y menor) y las distancia entre sus ejes, se elige el tipo de sección de la correa adecuada a nuestro sistema.

Selección de la sección de la polea: Según la norma BS 3790 "British Standard" como se muestra en la Figura 4.28. El tipo de sección para cada correa está en función de la potencia corregida y de las revoluciones por minuto de la polea de menor diámetro.

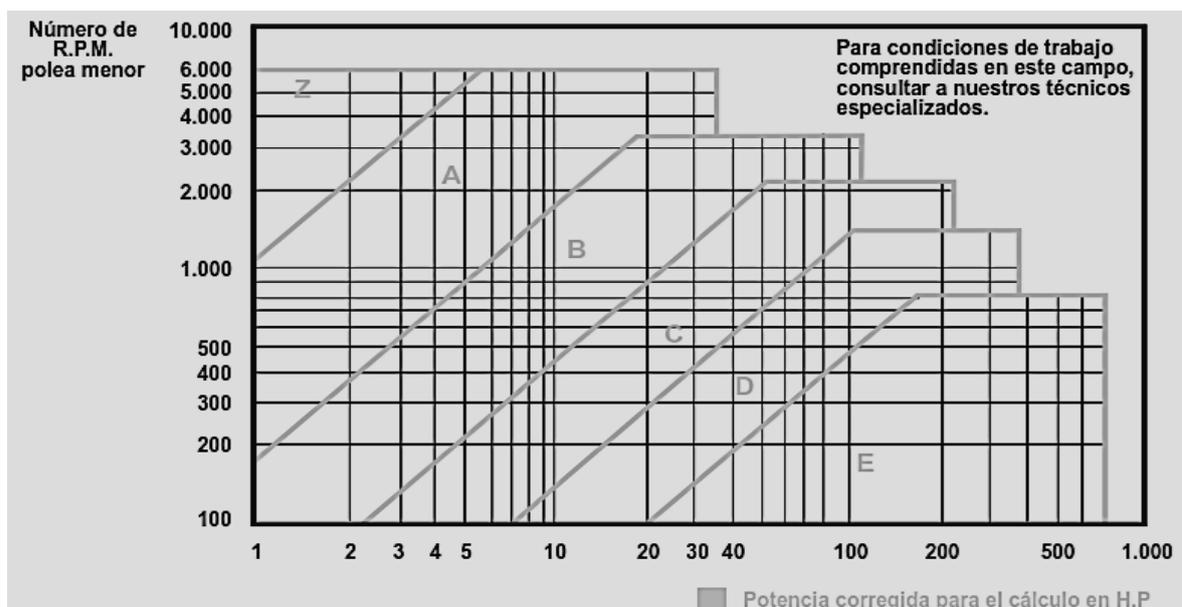


Figura 4.28: Cuadro de selección del tipo de sección de la polea menor.

Elaboración: Propia

Para la selección de la polea de transmisión se traza una línea perpendicular proveniente del eje de las abscisas y otra del eje de las ordenas, de acuerdo con la información de cada sistema de transmisión. Con lo cual, la sección de las poleas seleccionadas es:

- Sistema de transmisión uno: Sección A
- Sistema de transmisión dos: Sección A

Después de elegir la sección de las poleas se procede a seleccionar el tipo de perfil normalizado con sus respectivas dimensiones.

Selección del perfil normalizado de la polea: Según la norma BS 3790 “*British Standard*” como se observa en la Tabla 4.23. Se describe las dimensiones mínimas que debe poseer la garganta o canal de la polea, de acuerdo con cada sección.

Tabla 4.23: Perfiles normalizados de correas trapezoidales.

Sección	a (mm)	h (mm)	ap (mm)
Z	10	6	8.5
A	13	8	11
B	17	11	14

Elaboración: Propia

Por lo que, los perfiles normalizados para las poleas de los dos sistemas de transmisión son:

- Sistema de transmisión uno: a = 13 (mm), h = 8 (mm) y ap = 11 (mm).
- Sistema de transmisión dos: a = 13 (mm), h = 8 (mm) y ap = 11 (mm).

Al finalizar la selección de la sección de la polea, se elige el diámetro normalizado mediante catálogo.

Selección de los diámetros primitivos de las poleas “D – d”: Según la norma BS 3790 “*British Standard*” como se observa en el ANEXO G: Fragmento de diámetros de Poleas nominales. El diámetro de la polea menor mínima permitida no debe modificarse ya que pueden producir un desgaste excesivo en los flancos de la correa. Con lo cual, los diámetros de las poleas seleccionadas son:

- Sistema de transmisión uno: polea menor = 71 (mm) y polea mayor = 355 (mm).
- Sistema de transmisión dos: polea menor = 71 (mm) y polea mayor = 355 (mm).

Para mantener la vida útil de la correa se dimensiona el ángulo de contacto con la polea de menor diámetro seleccionada por catálogo.

Arco de contacto “A”: Es el ángulo que se produce entre la correa sobre las poleas de menor y mayor diámetro. (Rodríguez Galvarro, 2013)

Para determinar el ángulo de contacto, se aplica la Ecuación 4.

$$A = 180 - \frac{57(D-d)}{E} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

- A: Ángulo de contacto.
- D: Diámetro de la polea mayor (mm).
- d: Diámetro de la polea menor (mm).
- E: Distancias entre ejes (mm).

El cálculo del ángulo de contacto de los dos sistemas de potencia por poleas se encuentra descritos en la Tabla 4.24.

Tabla 4.24: Ángulo de contacto de los sistemas de transmisión.

Cálculo del ángulo de contacto			
Sistema de transmisión uno	Diámetro de la polea mayor “D” (mm)	355	$A = 180 - \frac{57(355 - 71)}{1157,4}$ $A = 166,01^\circ$
	Diámetro de la polea menor “d” (mm)	71	
	Distancia entre ejes “E” (mm)	1157,4	
Sistema de transmisión dos	Diámetro de la polea mayor “D” (mm)	355	$A = 180 - \frac{57(355 - 71)}{951,09}$ $A = 162,97^\circ$
	Diámetro de la polea menor “d” (mm)	71	
	Distancia entre ejes “E” (mm)	951,09	

Elaboración: Propia

Es necesario aplicar un factor de corrección descrito en el ANEXO H: Factor de corrección del arco de contacto, longitudes primitivas nominales de la correa.

Para alcanzar un trabajo óptimo la velocidad lineal de las correas trapezoidales no debe superar el rango máximo a los 30 (m/s), debido a que la fuerza centrífuga generada puede producir que la correa se corra del canal de la polea.

Velocidad lineal de la correa “Vt”: Esta velocidad se obtiene por medio del diámetro y las revoluciones por minuto de la polea menor. (Rodríguez Galvarro, 2013)

Para determinar la velocidad lineal de las correas, se aplica la Ecuación 5.

$$V_t = \frac{\pi \times d \times N}{60 \times 1000}$$

Ecuación 5

Donde:

- V_t : Velocidad lineal de la polea menor (m/s).
- d : Diámetro de la polea menor (mm).
- N : Velocidad de la polea menor (RPM).

El cálculo de las velocidades lineales de los dos sistemas de potencia por poleas se encuentra descritos en la Tabla 4.25.

Tabla 4.25: Velocidad lineal de los sistemas de transmisión

Velocidad lineal de la correa			
Sistema de transmisión uno	Diámetro de la polea menor "d" (mm)	71	$V_t = \frac{\pi \times 71 \times 1000}{60 \times 1000}$ $V_t = 3,72 \left(\frac{m}{s}\right)$
	Velocidad de la polea menor "N" (RPM)	1000	
Sistema de transmisión dos	Diámetro de la polea menor "d" (mm)	71	$V_t = \frac{\pi \times 71 \times 1000}{60 \times 1000}$ $V_t = 3,72 \left(\frac{m}{s}\right)$
	Velocidad de la polea menor "N" (RPM)	1000	

Elaboración: Propia

Mediante el diámetro normalizado de las poleas y las distancia entre sus ejes se determina la longitud primitiva de la correa.

Longitud primitiva de la correa "Lp": Es la relación de la distancia entre sus ejes y el diámetro de cada polea. (Rodríguez Galvarro, 2013)

Para determinar la longitud primitiva de la correa, se aplica la Ecuación 6.

$$L_p = 2E + \frac{\pi \times (D+d)}{2} + \frac{(D-d)^2}{4E}$$

Ecuación 6

Donde:

- L_p : longitud primitiva (mm).
- d : Diámetro de la polea menor (mm).
- D : Diámetro de la polea mayor (mm).
- E : Distancia entre sus ejes (mm).

El cálculo de las longitudes primitivas de las correas de los dos sistemas de potencia por poleas se encuentra descritos en la Tabla 4.26.

Tabla 4.26: Longitud primitiva de las correas de los sistemas de transmisión

Cálculo de la longitud primitiva			
Sistema de transmisión uno	Diámetro de la polea mayor "D" (mm)	355	$L_p = 2 \times 1157,4 + \frac{\pi * (355 + 71)}{2} + \frac{(355 - 71)^2}{4 \times 1157,4}$ $L_p = 3001,38 \text{ (mm)}$
	Diámetro de la polea menor "d" (mm)	71	
	Distancia entre ejes "E" (mm)	1157,4	
Sistema de transmisión dos	Diámetro de la polea mayor "D" (mm)	355	$L_p = 2 \times 951,09 + \frac{\pi * (355 + 71)}{2} + \frac{(355 - 71)^2}{4 \times 951,09}$ $L_p = 2592,54 \text{ (mm)}$
	Diámetro de la polea menor "d" (mm)	71	
	Distancia entre ejes "E" (mm)	951,09	

Elaboración: Propia

Para cada sección de correa existe una serie de longitudes primitivas nominales normalizadas descritas en el ANEXO H: Factor de corrección del arco de contacto, longitudes primitivas nominales de la correa y prestación base.

Es necesario aplicar un factor de corrección de la longitud de la correa que se encuentra en el ANEXO H: Factor de corrección del arco de contacto, longitudes primitivas nominales de la correa y prestación base. Si la longitud calculada como se observa en la Tabla 4.27, es menor al desarrollo estándar del fabricante. Se aplica un coeficiente de corrección menor a uno y si la longitud calculada es mayor al desarrollo estándar del fabricante, se aplica un coeficiente de corrección mayor a uno.

Tabla 4.27: Longitud primitiva nominal de la correa

Cálculo de la longitud primitiva nominal de la correa corregida					
Sistema de transmisión	Longitud primitiva calculada (mm)	Longitud primitiva nominal (mm)	Factor de corrección "Fcl"	Longitud de la correa corregida (mm)	Correa (in)
uno	3001,38	3005	1,10	$L_{pc} = 3005 \times 1,10$ $L_{pc} = 3305$	129
dos	2592,54	2599	1,10	$L_{pc} = 3005 \times 1,10$ $L_{pc} = 2858$	111

Elaboración: Propia

Para calcular la potencia adicional a transmitir por la máquina conductora se calcula la prestación base de acuerdo con cada fabricante.

Prestación base por correa “P_{bk}”: Es la potencia base del motor a transmitir por una correa hacia las poleas, más un adicional de transmisión de acuerdo con el ANEXO H: Factor de corrección del arco de contacto, longitudes primitivas nominales de la correa y prestación base. (Rodríguez Galvarro, 2013)

Para determinar la potencia base, se aplica la Ecuación 7.

$$P_{bk} = P_b + \text{Adicional por relación de transmisión} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

- P_{bk}: Prestación base por correa (HP).
- P_b: Potencia base del motor (HP).

El cálculo de las prestaciones bases por correas de los dos sistemas de potencia por poleas se encuentra descritos en la Tabla 4.28

Tabla 4.28: Prestación base por correa de los sistemas de transmisión

Cálculo de la prestación por correa			
Sistema de transmisión uno	Potencia base del motor (HP)	4	$P_{bk} = 4 + 0,17$
	Adicional por relación de transmisión	0,17	$P_{bk} = 4,17 \text{ (HP)}$
Sistema de transmisión dos	Potencia base del motor (HP)	0,33	$P_{bk} = 0,33 + 0,17$
	Adicional por relación de transmisión	0,17	$P_{bk} = 0,5 \text{ (HP)}$

Elaboración: Propia

Seguido, se calcula la potencia efectiva que otorga la correa hacia las poleas de transmisión.

Potencia Efectiva de la correa “P_e”: Se calcula por medio de la prestación base multiplicada por el factor de corrección de longitud de correa y del arco de contacto. (Rodríguez Galvarro, 2013)

Para determinar la potencia efectiva de la correa, se aplica la Ecuación 8.

$$Pe = Pbk \times Fcl \times Fca$$

Ecuación 8

Donde:

- Pe: Potencia efectiva (HP).
- Pbk: Prestación base por correa.
- Fcl: Factor de corrección de la longitud de la correa.
- Fca: Factor de corrección del ángulo de contacto.

El cálculo de las potencias efectivas de las correas de los dos sistemas de potencia se encuentra descritos en la Tabla 4.29.

Tabla 4.29: Potencia efectiva de la correa de los sistemas de transmisión

Cálculo de la potencia efectiva de la correa			
Sistema de transmisión uno	Prestación base por correa (HP)	4,17	$Pe = 4,17 \times 1,10 \times 0,78$ $Pe = 3,58 \text{ (HP)}$
	Factor de corrección "Fcl"	1,10	
	Factor de corrección del ángulo de contacto	0,78	
Sistema de transmisión dos	Prestación base por correa (HP)	0,5	$Pe = 0,5 \times 1,10 \times 0,79$ $Pe = 0,44 \text{ (HP)}$
	Factor de corrección "Fcl"	1,10	
	Factor de corrección del ángulo de contacto	0,79	

Elaboración: Propia

Adicionalmente, se determina el número total de correas a implementar en los sistemas de transmisión de potencia por poleas para la máquina de fabricación de traperos.

Número de correas "N°": Es la relación entre la potencia corregida y la efectiva. (Rodríguez Galvarro, 2013)

Para determinar el número total de correas, se aplica la Ecuación 9.

$$N^{\circ} \text{ correas} = \frac{Pc}{Pe}$$

Ecuación 9

Donde:

- Pc: Potencia corregida (HP).
- Pe: Potencia efectiva (HP).

El cálculo del número de correas de los dos sistemas de potencia se encuentra descritos en la Tabla 4.30.

Tabla 4.30: Número de correas de los sistemas de transmisión.

Cálculo del número total de correas			
Sistema de transmisión uno	Potencia corregida (HP)	4,43	$N^{\circ} \text{ correas} = \frac{4,43}{3,58}$
	Potencia efectiva (HP)	3,58	$N^{\circ} \text{ correas} = 1,23$
Sistema de transmisión dos	Potencia corregida (HP)	0,83	$N^{\circ} \text{ correas} = \frac{0,83}{0,44}$
	Potencia efectiva (HP)	0,44	$N^{\circ} \text{ correas} = 1,88$

Elaboración: Propia

Con los resultados obtenidos, se realizó el diseño de la polea de menor y mayor diámetro con sus respectivas dimensiones.

Polea menor: El diseño fue realizado en base a los cálculos y su selección por catálogo, como se observa en la Figura 4.29. Por medio de estas poleas se transmite el movimiento proveniente del motor uno y dos hacia las poleas de mayor diámetro.

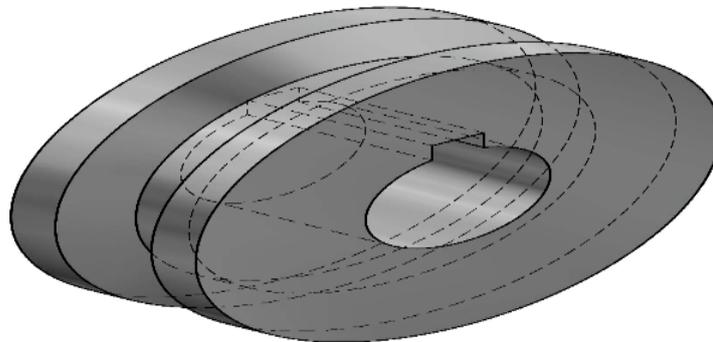


Figura 4.29: Polea menor, diámetro 71 (mm).

Elaboración: Propia

Las dimensiones de sus diámetros internos y externos se observan en la Figura 4.30.

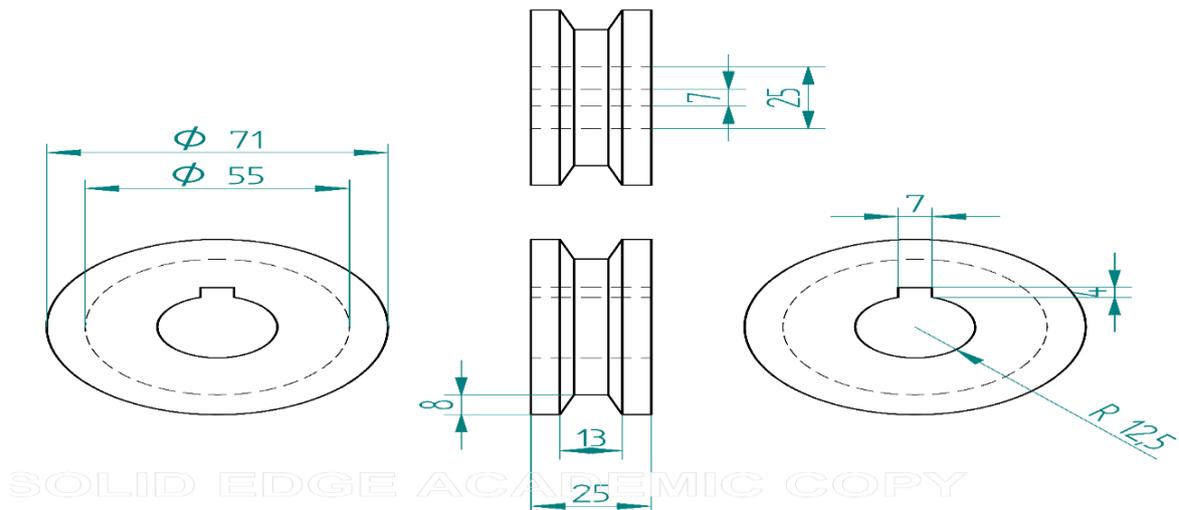


Figura 4.30: Dimensiones de la polea menor de diámetro 71 (mm).
Elaboración: Propia

Polea mayor: El diseño fue realizado en base a los cálculos y su selección por catálogo como se observa en la Figura 4.31. Por medio de estas poleas se transmite el movimiento circular hacia la regleta y movimiento lineal hacia el tornillo sin fin respectivamente.

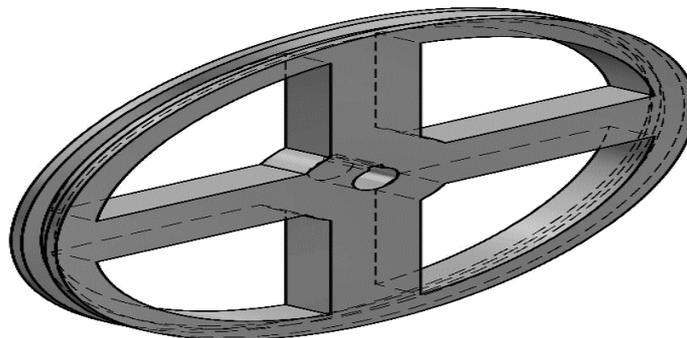


Figura 4.31: Polea mayor, diámetro 355 (mm).
Elaboración: Propia

Las dimensiones de sus diámetros internos y externos se observan en la Figura 4.32.

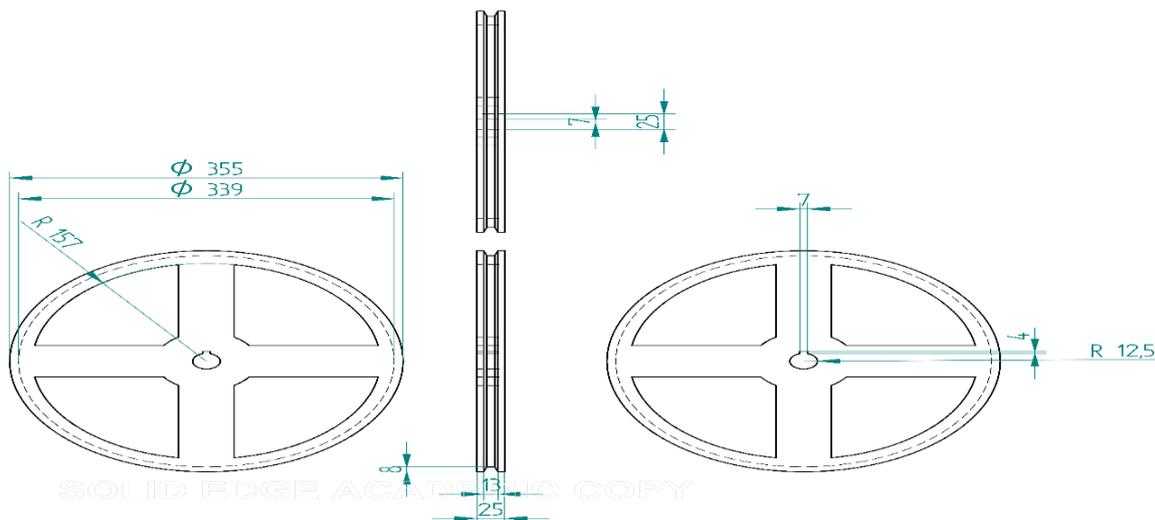


Figura 4.32: Dimensiones de la polea menor de diámetro 355 (mm).
Elaboración: Propia

Al finalizar el diseño de las poleas, se selecciona el tipo de material el cual otorga una rigidez y un peso adecuado, para así cumplir con los requerimientos del sistema de transmisión.

Selección del material

Según la Norma AA "Aluminum Association" el material seleccionado es AA1060, el cual posee las siguientes características:

- AA: Asociación de aluminio americana.
- 1: Aluminio al 99%.
- 60: No tratable térmicamente, resistente a los agentes atmosféricos, excelente aptitud a la deformación, conductiva térmica y eléctrica elevada.

Rodamientos y Ejes de transmisión

El rodamiento seleccionado para la máquina es del tipo oscilante de bolas como se observa en la Figura 4.33. Muy usado en el mercado debido a que otorga una velocidad de giro superior a otros; soportando grandes cargas axiales y radiales. Según la Norma ISO 355 (Rodamientos rodantes) el tipo de rodamiento es un 11025TV, definido de la siguiente manera:

- 1: Rodamiento de bola a rotula
- 1: Tipo radial – anchura "B, T"
- 0: Serie del diámetro "dimensión D = 0"
- 25: Diámetro interior (mm)
- Características adicionales: masa = 0,226 (Kg), material = acero galvanizado



Figura 4.33: Rodamiento FAG 11205TV. [14]

Para la selección de los ejes, se tomó como referencia el diámetro interior del rodamiento. Por lo que se seleccionó tres ejes macizos de acero galvanizado como se muestra en Figura 4.34. El cual posee las siguientes características:

- Diámetro: 25 (mm)
- Longitud: 170 (mm), \approx 300 (mm) y 450 (mm).



Figura 4.34: Eje de transmisión. [13]

- **Diseño del sistema de transmisión de potencia por poleas uno**

El sistema de transmisión uno está conformado principalmente por una regleta que se encarga del enrollado del trapero. También conformada por una polea de menor y otra de mayor diámetro, este sistema transmite el movimiento circular proveniente del motor hacia la regleta.

Regleta del enrollado (trapero): Las dimensiones de la regleta fueron determinadas con respecto al ancho y largo de los traperos económico, hogar e industrial descritos en el ANEXO B: Relación de número de cabos y vueltas para los traperos de la empresa ENKADOR. S.A. Por lo que, al seleccionar el tipo de trapero a fabricar se cambia la posición uno del soporte de la guía del hilo hacia la posición dos, como se observa en la Figura 4.35.

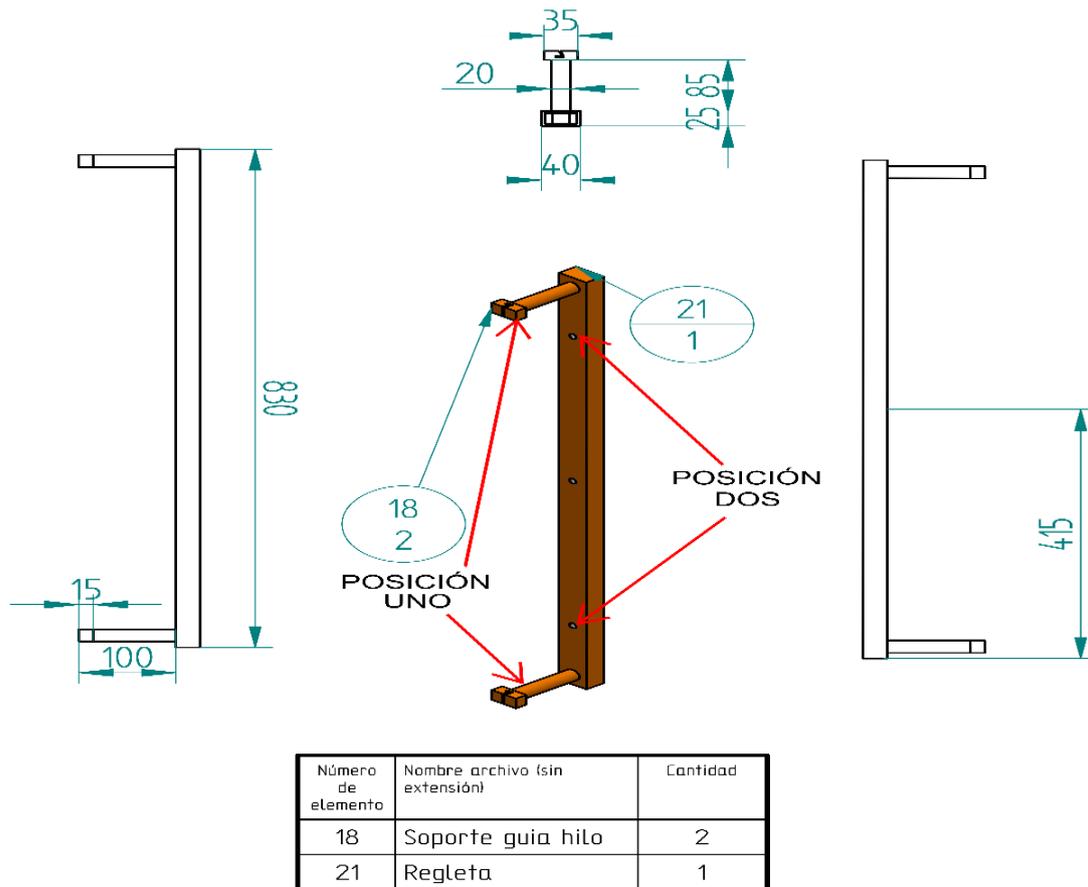


Figura 4.35: Conjunto regleta y soporte guía hilo.
Elaboración: Propia

Al finalizar el diseño de la regleta, se seleccionó el tipo de material el cual otorga una rigidez y un peso adecuado, para así cumplir con los requerimientos del enrollado del trapeo.

Selección del material

Según la Norma AA "Aluminum Association" el material seleccionado es AA1060, el cual posee las siguientes características:

- AA: Asociación de aluminio americana.
- 1: Aluminio al 99%
- 060: No tratable térmicamente, resistente a los agentes atmosféricos, excelente aptitud a la deformación, conductiva térmica y eléctrica elevada.

El diseño del sistema de transmisión de potencia uno, como se observa en la Figura 4.36. Se realizó de acuerdo con el diseño de la regleta, los cálculos y la selección de las poleas. Este sistema es donde se produce el movimiento giratorio que envuelve el cabo de hilos (madeja) sobre la regleta.

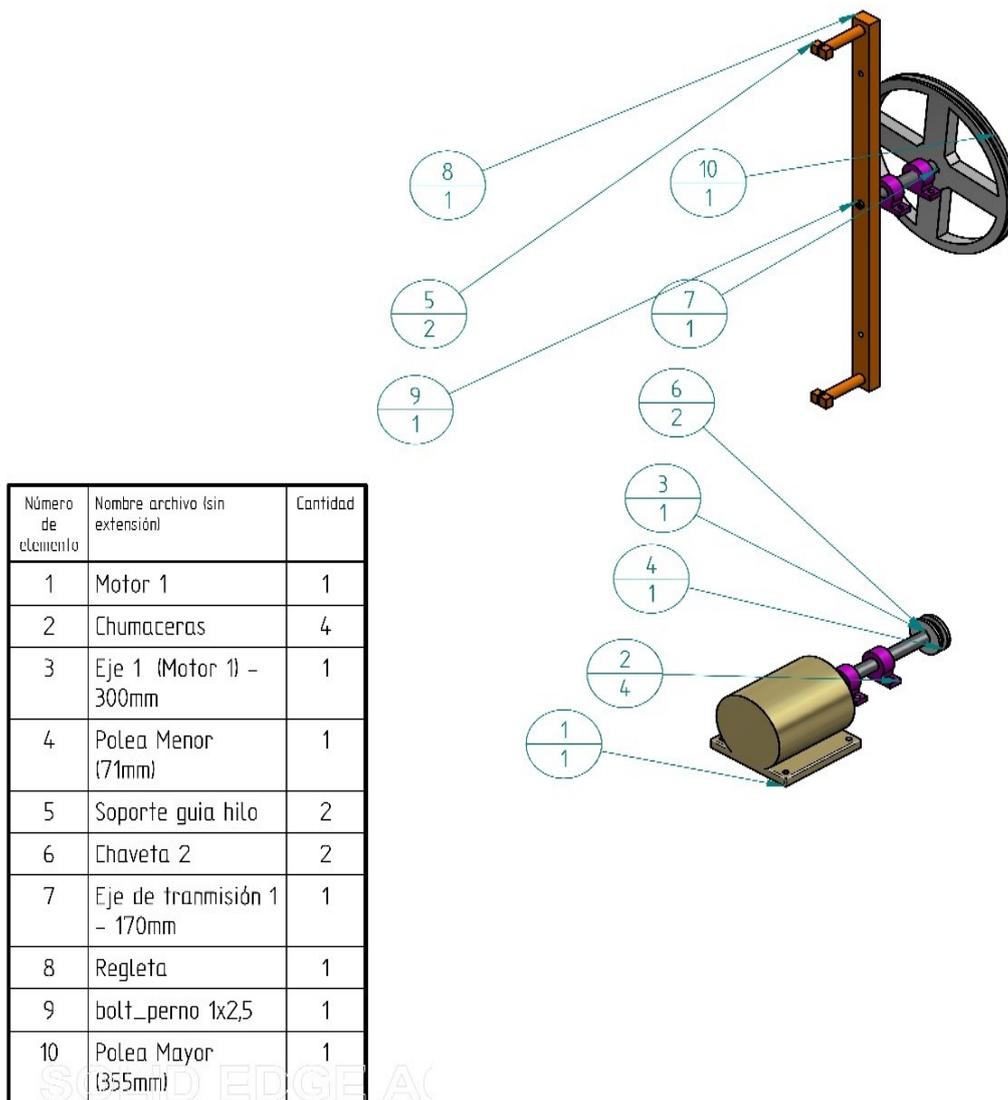


Figura 4.36: Elementos del sistema de transmisión de potencia por poleas uno.
Elaboración: Propia

- **Diseño del sistema de transmisión de potencia por poleas dos**

El sistema de transmisión dos está conformado principalmente por una guía de hilo (bocín), por un tornillo sin fin, por una polea de menor y otra de mayor diámetro. Este sistema transmite el movimiento proveniente del motor hacia el tornillo sin fin; es decir, la guía del hilo se desplaza linealmente (izquierda - derecha).

Tornillo sin fin

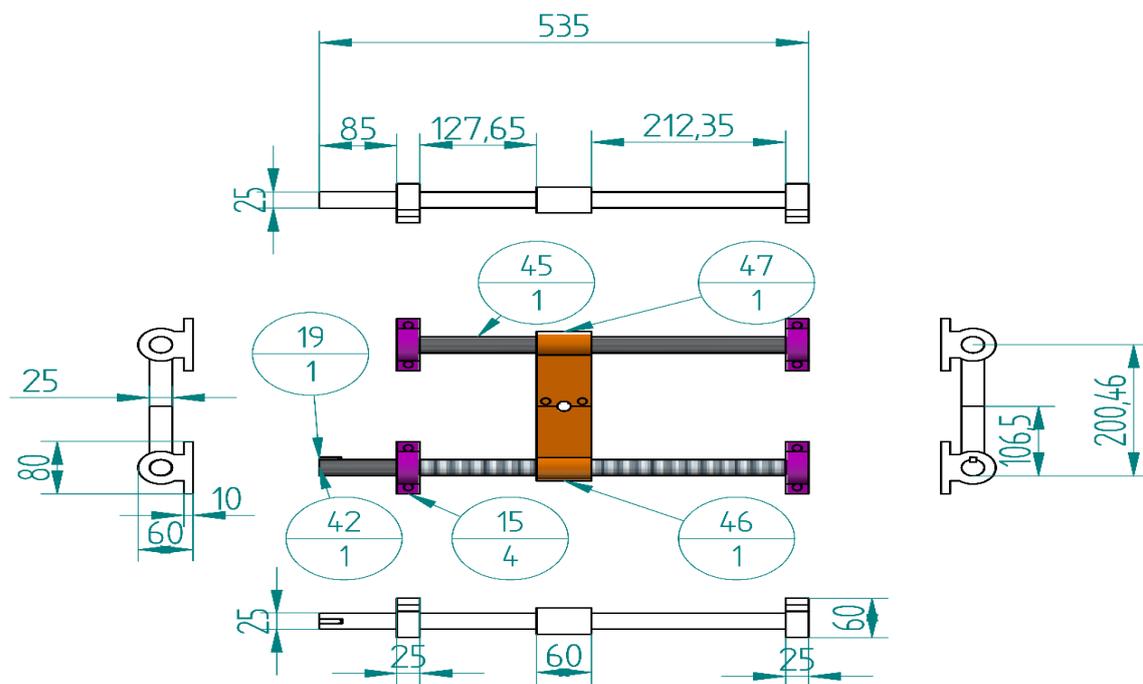
La selección fue realizada con respecto a los distribuidores de tornillos sin fin del mercado local del país. En la Figura 4.37 se observa una representación gráfica de este elemento.

- Paso o módulo "m" = 1,5 (mm).
- Longitud "L" = 600 (mm).
- El diámetro primitivo "dp" = 25 (mm).



Figura 4.37: Tornillos sin fin y ejes. [12]

Guía de Hilo (Bocín): El diseño se realizó en base a la selección del tornillo sin fin, tomando como referencia el diámetro interior "di" y el paso "m" de este. Sobre el cual se desplaza horizontalmente (izquierda - derecha). Por lo que, las dimensiones de estos elementos se encuentran descritas en la Figura 4.38.



Número de elemento	Nombre archivo (sin extensión)	Cantidad
15	Chumaceras	4
19	Chaveta 2	1
42	Eje Tornillo sin fin - 535mm	1
45	Eje de transmisión 2 - 450mm	1
46	Bocín Inf (guía de Hilo)	1
47	Bocín Sup (guía de Hilo)	1

Figura 4.38: Conjunto de elementos de la Guía de Hilo (Bocín).
Elaboración: Propia

La velocidad de giro de la polea mayor calculada es de 200 (RPM), el módulo del tornillo sin fin de 1,50 (mm) y su desplazamiento total es de 8 (cm). Por medio de la Ecuación 10 se calcula la velocidad de desplazamiento de la guía del hilo (bocín).

$$Vd = \frac{n \times m}{60} \quad \text{Ecuación 10}$$

$$Vd = \frac{200 \times 1,5}{60}$$

$$Vd = 5 \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}} \right)$$

Donde:

- Vd.: Velocidad de desplazamiento (cm/s).
- n: Velocidad de la polea menor (RPM).
- m: modulo o paso del tornillo sin fin (mm).

De igual manera, se diseña el sistema de transmisión de potencia por poleas dos como se observa en la Figura 4.39. Este sistema es donde se produce el movimiento horizontal (izquierda – derecha) de la guía del hilo sobre la regleta del enrollado del trapero.

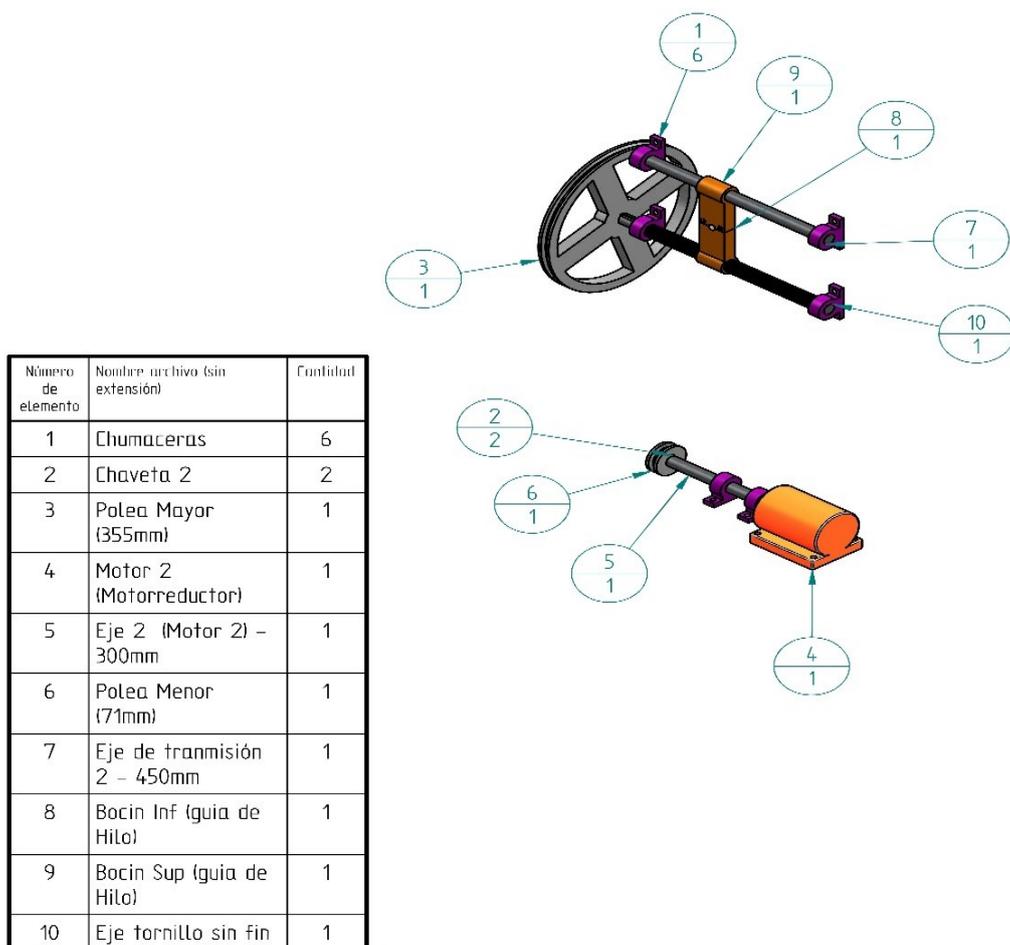


Figura 4.39: Elementos del sistema de transmisión de potencia por poleas dos.
Elaboración: Propia

Por último, se definió la cantidad y las dimensiones de los elementos que forman parte de los sistemas de transmisión de potencia de la máquina. Los cuales se detallan en la Tabla 4.31.

Tabla 4.31: Elementos de los sistemas de transmisión de potencia.

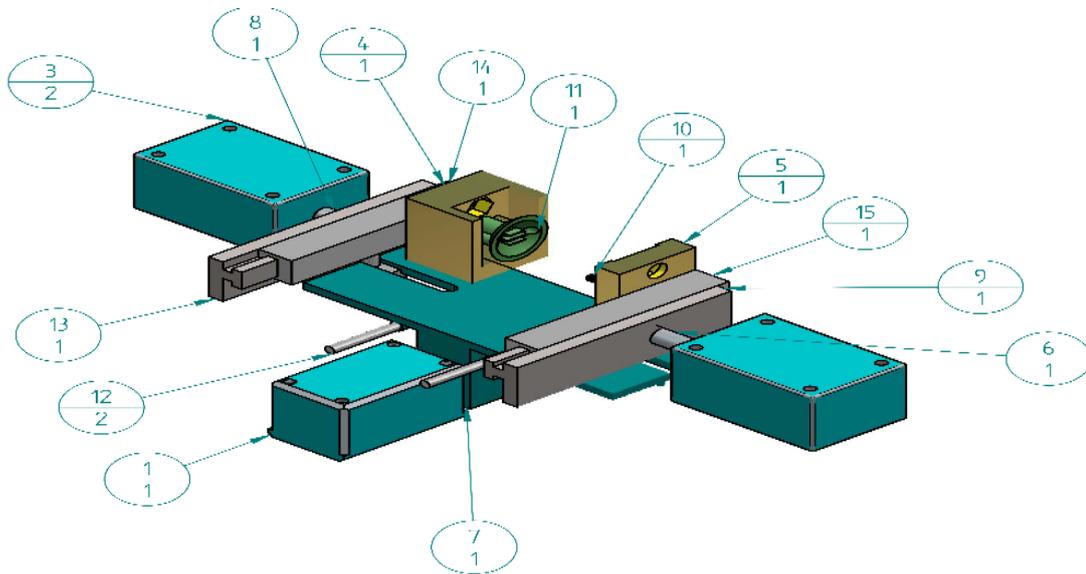
Sistemas de transmisión de potencia				
Conjunto	Elemento	Cantidad	Material	Dimensiones
Sistema de transmisión por poleas uno	Eje uno (motor uno)	1	Aluminio 1060	Ø = 25mm, L = 300mm
	Polea menor	1	Aluminio 1060	ØEXT = 71mm, ØINT = 25mm
	Polea mayor	1	Aluminio 1060	ØEXT = 355mm, ØINT = 25mm
	Eje de transmisión uno	1	Aluminio 1060	Ø = 25mm, L = 170mm
	Regleta (enrollado)	1	Aluminio 1060	32,7 x 1,6 x $\frac{1}{5}$
	Soporte guía hilo	2	Aluminio 1060	Ø = 20mm, L = 100mm
	Rodamiento	4	Acero galvanizado	ØEXT = 52mm, ØINT = 25mm
	Chumacera	4	Aluminio 1060	ØEXT = 52mm, ØINT = 25mm
	Correa de transmisión	1	Cauchos especiales	A106
Sistema de transmisión por poleas dos	Eje uno (motor dos)	1	Aluminio 1060	Ø = 25mm, L = 300mm
	Polea menor	1	Aluminio 1060	ØEXT = 71mm, ØINT = 25mm
	Polea mayor	1	Aluminio 1060	ØEXT = 355mm, ØINT = 25mm
	Eje de transmisión dos	1	Aluminio 1060	Ø = 25mm, L = 450mm
	Tornillo sin fin	1	Aluminio 1060	m = 1,25mm, L = 450mm
	Rodamiento	6	Acero galvanizado	ØEXT = 52mm, ØINT = 25mm
	Chumacera	6	Aluminio 1060	ØEXT = 52mm, ØINT = 25mm
	Correa de transmisión	1	Cauchos especiales	A83

Elaboración: Propia

- **Sistema neumático**

El sistema neumático de prensado controlado por PLC, como se observa en la Figura 4.40. Está conformado principalmente por tres cilindros de doble efecto.

El cilindro de recorrido "C1" cuya función principal es desplazar la mesa con las matrices y permitir que los dos cilindros A y B "C2" presen el trapero enrollado en la regleta.



Número de elemento	Nombre archivo (sin extensión)	Cantidad
1	Lilindro L1	1
2	Bástago (Cilindro C1)	1
3	Lilindro L2	2
4	Matriz capuchón	1
5	Matriz base (capuchón)	1
6	Bástago 10cm (Cilindro C2)	1
7	Mesa guía	1
8	Bástago 7cm (Cilindro C2)	1
9	Guía 1 derech (Matriz)	1
10	Base	1
11	Capuchón	1
12	Cje Mesa guía	2
13	Guía 1 izq (Matriz)	1
14	Guía 2 izq (Matriz)	1
15	Guía 2 derech (Matriz)	1

Figura 4.40: Sistema neumático de prensado para la máquina.
Elaboración: Propia

Dicho sistema neumático está constituido por dos electroválvulas con retorno por muelle, tres cilindros neumáticos de doble efecto y seis válvulas reguladoras de velocidad asociadas a la entrada y salida de cada cilindro como se observa en la Figura 4.41.

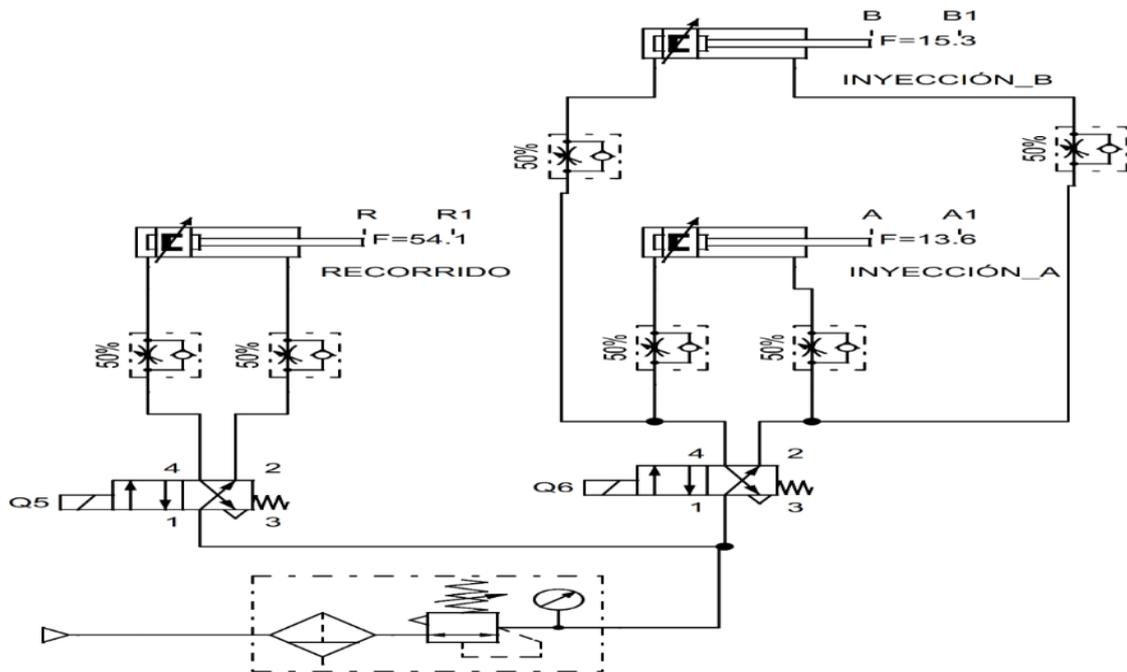


Figura 4.41: Elementos del sistema de prensado.
Elaboración: Propia

Dimensionamiento del sistema neumático

Para iniciar con el dimensionamiento de los elementos del sistema de prensado, se determina la masa, fuerza y desplazamiento de los cilindros mediante la simulación desarrollada en el software Solid Edge. Seguido, se realizó un diseño y simulación del sistema neumático en el software FluidSIM Pneumatics V4.2 para visualizar la variación de la velocidad, desplazamiento y fuerza en función del tiempo de cada actuador neumático.

Cilindro de Recorrido: Se encarga de desplazar la mesa base, las matrices y sus perfiles guías hacia la regleta en donde se sitúa el trapero enrollado. El material, la masa total e individual de cada elemento se encuentra descrita en la Tabla 4.32.

Tabla 4.32: Elementos que desplaza el cilindro de recorrido.

Elementos acoplados al cilindro de recorrido			
Elemento	Material	Volumen (mm ³)	Masa (Kg)
Matriz base capuchón	HDPE	153741	0,14
Matriz capuchón	HDPE	339261	0,30
Perfil Guía 1 derecho	Aluminio 1060	274653,76	0,75
Perfil Guía 1 izquierda	Aluminio 1060	274653,76	0,75
Perfil Guía 2 derecho	Aluminio 1060	184315,26	0,50
Perfil Guía 2 izquierdo	Aluminio 1060	184315,26	0,50
Mesa guía	Aluminio 1060	951572,52	2,58
Total		2362512,58	5,52

Elaboración: Propia

En la simulación del cilindro de recorrido se obtiene la variación de desplazamiento, velocidad y fuerza en función del tiempo como se observa en la Figura 4.42.

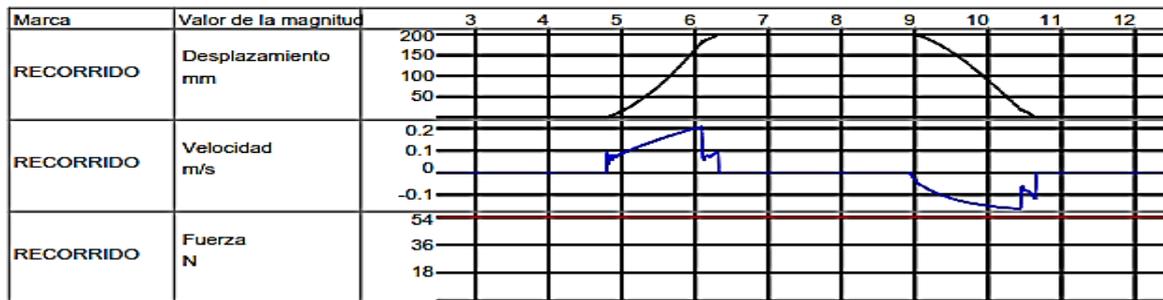


Figura 4.42: Desplazamiento, velocidad y fuerza del cilindro de recorrido.
Elaboración: Propia

Cilindro de inyección “A”: Se encarga de desplazar la matriz base del capuchón y sus perfiles guías hacia el centro de la regleta, en donde se sitúa el trapero enrollado. El material, la masa total e individual de cada elemento se encuentra descrita en la Tabla 4.33.

Tabla 4.33: Elementos que desplaza el cilindro de inyección A.

Elementos acoplados al cilindro de inyección A			
Elemento	Material	Volumen (mm ³)	Masa (Kg)
Matriz base del capuchón	HDPE	153741	0,14
Guía 1 izquierdo	Aluminio 1060	276420,91	0,75
Guía 2 izquierdo	Aluminio 1060	184315,26	0,50
TOTAL		614477,17	1,39

Elaboración: Propia

En la simulación del cilindro de inyección “A” se obtiene la variación de desplazamiento, velocidad y fuerza en función del tiempo como se observa en la Figura 4.43.

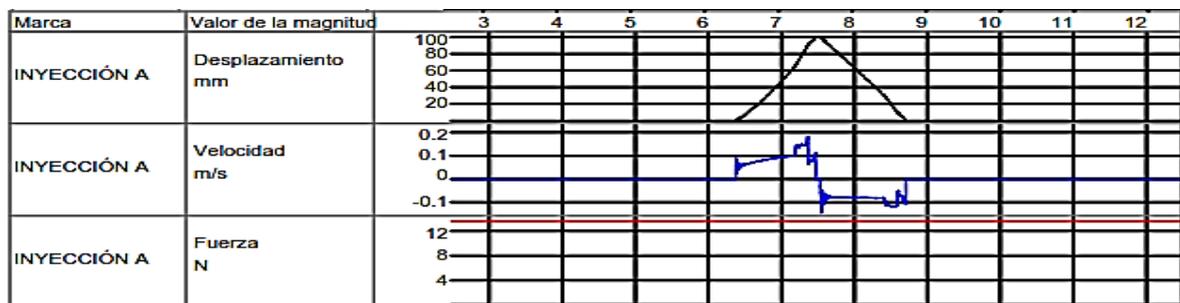


Figura 4.43: Desplazamiento, velocidad y fuerza del cilindro de inyección A.
Elaboración: Propia

Cilindro de inyección “B”: Se encarga de desplazar la matriz del capuchón y sus perfiles guías hacia el centro de la regleta, en donde se sitúa el trapero enrollado. El material, la masa total e individual de cada elemento se encuentra descrita en la Tabla 4.34.

Tabla 4.34: Elementos que desplaza el cilindro de inyección B.

Elementos acoplados al cilindro de inyección B			
Elemento	Material	Volumen (mm ³)	Masa (Kg)
Matriz capuchón	HDPE	339261	0,30
Guía 1 derecho	Aluminio 1060	276420,90	0,75
Guía 2 derecho	Aluminio 1060	184315,26	0,5
TOTAL		799997,17	1,56

Elaboración: Propia

En la simulación del cilindro de inyección “B” se obtiene la variación de desplazamiento, velocidad y fuerza en función del tiempo como se observa en la en la Figura 4.44.

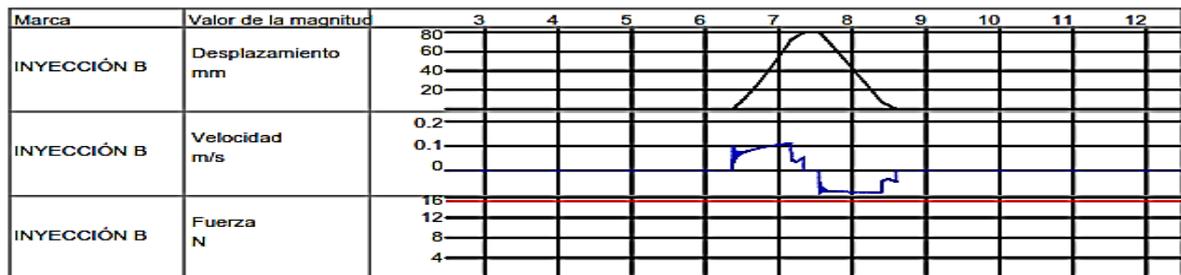


Figura 4.44: Desplazamiento, velocidad y fuerza del cilindro de inyección B.

Elaboración: Propia

Adicionalmente, se realiza el diagrama de estados en función del tiempo de los cilindros de Recorrido, A y B. El cual representa el ciclo de funcionamiento de los actuadores (cilindros) en función de sus fases (cambio de estado de un elemento), que forman parte de la secuencia o proceso del prensado de traperos como se observa en la Figura 4.45.



Figura 4.45: Diagrama de tiempo de los cilindros neumáticos de Recorrido, A y B.

Elaboración: Propia

Una vez establecido las unidades consumidoras (cilindros), se determina el volumen de los actuadores o la cantidad de aire comprimido que necesita un actuador neumático para funcionar correctamente.

Para determinar el volumen de los actuadores neumáticos, se emplea la Ecuación 11.

$$V = \frac{\pi(2 \times \phi e^2 - \phi v^2)}{4} \times e \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

- V: Volumen del cilindro (m³).
- e: Avance o carrera del cilindro (m).
- Φe : Diámetro del embolo (m).
- Φv : Diámetro del vástago (m).

El cálculo del volumen de los cilindros neumáticos se describe en la Tabla 4.35.

Tabla 4.35: Volumen de los cilindros neumáticos

Cálculo del volumen de los cilindros neumáticos			
Cilindro de Recorrido	Carrera del cilindro "e"	0,2	$V = \frac{\pi(2 \times (0,04)^2 - (0,02)^2)}{4} \times 0,2$ $V = 4,49 \times 10^{-4} \text{ (m}^3\text{)}$
	Diámetro del embolo " Φe "	0,04	
	Diámetro del vástago " Φv "	0,02	
Cilindro A	Carrera del cilindro "e"	0,1	$V = \frac{\pi(2 \times (0,04)^2 - (0,02)^2)}{4} \times 0,1$ $V = 2,19 \times 10^{-4} \text{ (m}^3\text{)}$
	Diámetro del embolo " Φe "	0,04	
	Diámetro del vástago " Φv "	0,02	
Cilindro B	Carrera del cilindro "e"	0,08	$V = \frac{\pi(2 \times (0,04)^2 - (0,02)^2)}{4} \times 0,08$ $V = 1,75 \times 10^{-4} \text{ (m}^3\text{)}$
	Diámetro del embolo " Φe "	0,04	
	Diámetro del vástago " Φv "	0,02	

Elaboración: Propia

Una vez calculado el volumen de cada cilindro, se determina el consumo de aire total del sistema. En donde, se añade un veinte y cinco por ciento por perdidas.

Para determinar el caudal total del sistema, se emplea la Ecuación 12.

$$Q_T = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n) \times 25\% \quad \text{Ecuación 12}$$

$$QT = (N1 \times V1 + N2 \times V2 + \dots + Nn \times Vn) \times 25\%$$

Donde:

- QT: Consumo de aire total (m³/min).
- N: Número de ciclos por minuto.
- V: Volumen del cilindro (m³).

El cálculo del consumo de aire del sistema neumáticos se describe en la Tabla 4.36

Tabla 4.36: Consumo de aire total del sistema neumático.

Cálculo del consumo de aire total del sistema		
Numero de ciclos por minuto	8	$QT = (8 \times 4,49 + 8 \times 2,19 + 8 \times 1,75) \times 10^{-4} \times 25\%$ $QT = 1,68 \times 10^{-3} \left(\frac{m^3}{min}\right)$
Volumen del cilindro de recorrido	$V1 = 4,49 \times 10^{-4} (m^3)$	
Volumen del cilindro A	$V2 = 2,19 \times 10^{-4} (m^3)$	
Volumen del cilindro B	$V3 = 1,75 \times 10^{-4} (m^3)$	

Elaboración: Propia

Seguido, se selecciona el compresor por medio del caudal y la presión máxima de trabajo del sistema neumático. El compresor seleccionado para el sistema neumático de prensado se encuentra descrito en la Tabla 4.37, con sus respectivas características y dimensiones.

Tabla 4.37: Compresor de pistón

COMPRESOR PISTON B 2800B/3T/200TECH NUAIR	
Potencia (HP)	3
Potencia (KW)	2,2
Caldera (Lts)	200
Presión máxima (Bar)	10
Aire aspirado (ft ³ /min)	12cfm
Presión (PSI)	145
Alimentación (V)	220/TRIF/60(HZ)
Cilindros	2
Etapas	1
Lubricado	si
Dimensiones (mm)	1520x445x1000
Peso (Kg)	89

Elaboración: Propia

Previamente seleccionado el compresor del sistema, se dimensiona el depósito acumulador. El tamaño dependerá del caudal de aire que entrega el compresor al sistema neumático, cuyo valor es de 12 (ft³/min) como se observa en la Tabla 4.37.

Para determinar la capacidad del depósito, se emplea la Ecuación 13.

$$VR = 3 \times cfm \quad \text{Ecuación 13}$$

$$VR = 3 \times 12$$

$$VR = 96 \text{ (gal) o } 363 \text{ (lts)}$$

Donde:

- VR: Volumen del depósito (gal).
- cfm: Caudal que entrega el compresor (ft³/min)

La selección del depósito se hizo por medio de catálogo y sus características principales se describen en la Tabla 4.38.

Tabla 4.38: Depósito estándar.

Deposito estándar	
Características	Descripción
Capacidad en (lts)	500
Presión (bar)	11
Peso (Kg)	127
Diámetro (mm)	600

Elaboración: Propia

Selección de elementos neumáticos

La selección de los elementos neumáticos se realizó en base a catálogos de distribuidores locales. Los cuales cumplen con los parámetros calculados (presión, fuerza y desplazamiento) para el sistema de prensado de la máquina.

Las características de los tres cilindros de doble efecto se presentan en la Tabla 4.39. En donde se detalla el avance del cilindro, el diámetro del embolo, rosca del vástago, etc.

Tabla 4.39: Cilindros de doble efecto del sistema neumático.

Cilindro de prensado del capuchón			
Nombre del cilindro	Recorrido	A	B
Serie	DSBC-40-200-PPVA-N3. Festo ISO 15552	DSBC-40-50-PPVA-N3. Festo ISO 15552	DSBC-40-50-PPVA-N3. Festo ISO 15552
Carrera (mm)	200	100	80
Diámetro del émbolo (mm)	40	40	40
Rosca del vástago	M20x1,5	M20x1,5	M20x1,5
Amortiguación	PPV: amortiguación neumática regulable a ambos lados	PPV: amortiguación neumática regulable a ambos lados	PPV: amortiguación neumática regulable a ambos lados
Posición de montaje	indistinto	indistinto	indistinto
Corresponde a la norma	ISO 15552	ISO 15552	ISO 15552
Extremo del vástago	Rosca exterior	Rosca exterior	Rosca exterior
Detección de la posición	para sensores de proximidad	para sensores de proximidad	para sensores de proximidad
Variantes	vástago simple	vástago simple	vástago simple
Peso (gr)	740	740	740
Presión de funcionamiento (bar)	0,6 ... 12	0,6 ... 12	0,6 ... 12

Elaboración: Propia

Una vez escogidos los actuadores neumáticos, se define la presión de trabajo mediante la superficie y el peso de cada uno de los cilindros como se observa en la Tabla 4.40.

Tabla 4.40: Características de trabajo de los tres cilindros neumáticos.

Presión de trabajo de los cilindros neumáticos				
Elemento	Superficie (cm²)	Peso (N)	Presión (bar)	Presión (PSI)
Cilindro Recorrido	12.56	54.1	0.43	6.24
Cilindro A	12.56	13.6	0.11	1.57
Cilindro B	12.56	15.3	0.12	1.76

Elaboración: Propia

La presión de trabajo calculada es menor a la presión de funcionamiento que posee cada cilindro. Por lo que, los tres actuadores neumáticos seleccionados están operando dentro del rango de presión.

Para realizar un control adecuado de los cilindros de doble efecto, se selecciona dos electroválvulas de cuatro vías y dos posiciones. Las características principales se encuentran descritas en la Tabla 4.41.

Tabla 4.41: Características generales de la electroválvula 4/2.

Elemento	Tipo	Características	Cantidad	Ilustración
Electroválvula simple pilotaje	4 vías / 2 posiciones	Voltaje = 24/48/115/230 (V) Corriente = 100 (mA) Potencia = 22 (W)	2	
		Presión diferencial = 1 (bar)		
		Tiempo de respuesta = 20 – 40 (ms)		
		Serie: 342		

Elaboración: Propia

El sistema neumático está constituido de seis válvulas reguladoras de caudal, las cuales regulan el caudal de aire en un solo sentido. Este elemento es usado para controlar la velocidad de avance y retroceso de los tres cilindros “Recorrido”, “A” y “B”. Sus características principales están descritas en la Tabla 4.42.

Tabla 4.42: Características generales de la válvula reguladora de caudal.

Elemento	Tipo	Características	Cantidad	Ilustración
Válvula reguladora de caudal	Regulación mediante tornillo con ranura	Caudal medio	6	
		Función de regulación y antirretorno		
		Serie: GRLA-B		

Elaboración: Propia

Al finalizar con la selección de los actuadores, las electroválvulas, los elementos reguladores de caudal, el compresor y depósito acumulador. Se define la cantidad total y las dimensiones de cada uno de los elementos que forman parte del sistema neumático de la máquina. Los cuales se detallan en la Tabla 4.43.

Tabla 4.43: Elementos del sistema neumático.

Sistema neumático de prensado				
Conjunto	Elemento	Cantidad	Material	Dimensiones
Unidad de servicio	Compresor	1	Sin definir	1520x445x1000 (mm), P= 145 (PSI)
	Deposito	1	Sin definir	Ø = 370 (mm), 100 (Its)
	Filtro de aire	1	Sin definir	Sin definir

	Manómetro	1	Sin definir	Sin definir
	Válvula reguladora de presión	1	Sin definir	Sin definir
Sistema de prensado	Cilindro de recorrido	1	Sin definir	Carrera = 200 (mm), ØE = 40 (mm), P = 0,6-12 (bar)
	Cilindro "A"	1	Sin definir	Carrera = 100 (mm), ØE = 40 (mm), P = 0,6-12 (bar)
	Cilindro "B"	1	Sin definir	Carrera = 80 (mm), ØE = 40 (mm), P = 0,6-12 (bar)
	Válvulas reguladoras	6	Sin definir	Caudal medio
	Electroválvulas 4/2	2	Sin definir	Voltaje = 24/48/115/230 (V), Presión diferencial = 1 (bar)

Elaboración: Propia

Dimensionamiento de las protecciones eléctricas.

- **Diagrama de fuerza de los motores eléctricos.**

La máquina está conformada por dos motores eléctrico. El primero motor "M1" cuya función es enrollar el hilo del trapero, mientras que el segundo motor "M2" desplaza el hilo (izquierda - derecha) sobre la regleta. En la Figura 4.46 se observa el diagrama unifilar de sistema de potencia que está controlado por un PLC.

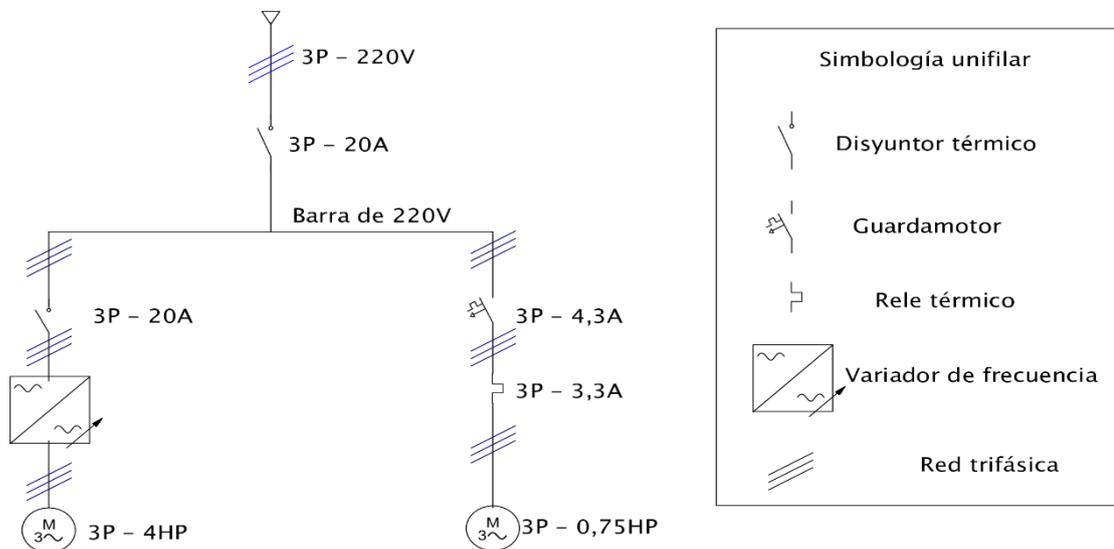


Figura 4.46: Diagrama del sistema eléctrico
Elaboración: Propia

Adicionalmente, se adjunta el esquema eléctrico de los dos motores con sus protecciones respectivas como se observa en el ANEXO I: Diagrama de conexiones eléctricas de los motores.

Dimensionamiento de la protección del Motor uno (enrollado).

Inicialmente, se registró los parámetros eléctricos (voltaje, corriente y potencia) y la conexión de arranque del primer motor seleccionado. En la Tabla 4.44 se describe las características eléctricas principales.

Tabla 4.44: Datos de la placa del M1 (enrollado del trapero)

Placa Motor M1							
Magnitud	Tipo de conexión			Otros Datos			
	Y1	Y2	D1				
VL (V)	400	460	230	SIEMENS	Ø25	1LA2107-4AA12	25 (Kg)
IL (A)	6,4	6,7	11,1				B14
P (W)	3000	3600	3000	6825	9508	55	0H000006
P (HP)	4,02	4,83	4,02				
R.P.M.	1430	1710	1430				
f.p. (cos Φ)	0,84	0,83	0,84				
Eficiencia	80,58%	81,33%	80,80%				
Impedancia Z (Ω)	50,34	55,79	16,74				
Torque (N-m)	20,03	20,11	20,03				

Elaboración: Propia

El motor uno está conectado en delta y controlado por un variador de frecuencia. Con lo cual, se dimensiona únicamente el disyuntor termomagnético. Debido a que el variador posee una protección térmica interna que protege al motor conectado.

Para el cálculo del disyuntor se aplica la Ecuación 14. En donde está involucrado una sobrecarga del 25% y la corriente a plena carga del motor. (Orozco Henry).

$$I = 1,25 * I_{pc} \quad \text{Ecuación 14}$$

$$I = 1,25 * 11,1$$

$$I = 13,8 \text{ (A)}$$

Donde:

- I: Corriente del disyuntor termomagnético (A).
- I_{pc}: Corriente a plena carga del motor (A).

Seguido, mediante catalogo se selecciona un disyuntor termomagnético de 15 (A). En la Tabla 4.45 se describe sus características principales.

Tabla 4.45: Disyuntor termomagnético del primer motor.

Contactor TeSys D (LC1D18M7)		
Características	Descripción	Ilustración
Número de polos	3	
Tipo	CC	
Corriente	15	
Capacidad	15	

Elaboración: Propia

Para determinar el contactor asociado al primer motor, se emplea la Ecuación 15. En donde está involucrado el 125% de dimensionamiento por la potencia nominal del motor. (Orozco Henry).

$$P_{\text{contactor}} = 1,25 \times P_{\text{n motor}} \quad \text{Ecuación 15}$$

$$P_{\text{contactor}} = 1,25 \times 4,023$$

$$P_{\text{contactor}} = 5,02 \text{ (HP) o } 3,74 \text{ (KW)}$$

Donde:

- Pcontactor: Potencia del contactor (HP).
- Pnmotor: Potencia nominal del motor (HP).

Una vez calculada la potencia del contactor, se selecciona mediante catálogo un contactor de 4 (KW) y categoría AC-3 para el control del motor uno. En la Tabla 4.46 se observa las características principales del contactor seleccionado.

Tabla 4.46: Contactor del primer Motor.

Contactor TeSys D (LC1D18M7)		
Características	Descripción	Ilustración
Tensión de bobina (VAC)	220	
Numero de polos	3	
Corriente nominal de los contactos (A)	18	
Categoría de empleo	AC-3	
Potencia nominal (KW)	4	
Contactos auxiliares	1 NA / 1 NC	
Tensión nominal de los contactos (VAC)	690	

Elaboración: Propia

Dimensionamiento de la protección del Motor dos (guía del hilo).

Para el cálculo de las protecciones del segundo motor, se registra los parámetros eléctricos (voltaje, corriente y potencia) y la conexión de arranque inicial descritas en la Tabla 4.47.

Tabla 4.47: Datos de la placa del M2 (guía del hilo).

Placa Motor M2							
Magnitud	Tipo de conexión			Otros Datos			
	D1	D2	D3				
VL (V)	440	380	220	WEG	Ø25	M2QA	33,1 (lb)
IL (A)	2,95	1,71	2,95			71	46 db
P (W)	550	550	550		IP55	M6B	F
P (HP)	0,75	0,75	0,75	Ilustración			
R.P.M.	1000	1000	1000				
f.p. (cos Φ)	0,61	0,61	0,61				
Eficiencia	40,80%	81,50%	81,60%				
Impedancia Z (Ω)	59,82	178,03	59,82				
Torque (N-m)	5,25	5,25	5,25				

Elaboración: Propia

El motor dos está conectado en delta, con lo cual la corriente a plena carga que consume el motor es de $I_{pc} = 2,95$ (A). Para determinar el relé térmico se emplea la Ecuación 16, en donde está involucrado una sobrecarga del 115% y la corriente a plena carga del motor. (Orozco Henry).

$$I = 1,15 * I_{pc} \quad \text{Ecuación 16}$$

$$I = 1,15 * 2,95$$

$$I = 3,39 \text{ (A)}$$

Una vez calculada la protección del circuito, se selecciona mediante catálogo un relé térmico regulado a 3,3 (A). En la Tabla 4.48, se observa las características eléctricas principales del relé térmico seleccionado.

Tabla 4.48: Relé térmico para el segundo motor.

Características del relé térmico TeSys D (LRD08)		
Características	Descripción	Ilustración
Rango de ajuste (A)	2,5 - 4	
Tipo de red	AC-CC	
Frecuencia de red (Hz)	0-400	
Resistencia a picos de tensión (KV)	6	

Elaboración: Propia

Después, se dimensiona el guardamotor que se encarga de proteger contra cortocircuitos y sobrecargas a la línea de alimentación del motor. Por lo que, se emplea la Ecuación 17, en donde está involucrado una sobrecarga del 150% y la corriente a plena carga del motor. (Orozco Henry).

$$I = 1,5 \times I_{pc} \quad \text{Ecuación 17}$$

$$I = 1,5 * 2,95$$

$$I = 4,42 \text{ (A)}$$

Una vez calculada la protección, se selecciona mediante catálogo un guardamotor regulado a 4,3 (A). En la Tabla 4.49, se observa las características eléctricas principales del guardamotor seleccionado.

Tabla 4.49: Guardamotor del segundo motor.

Características del guardamotor		
Características	Descripción	Ilustración
Rango de ajuste (A)	2,5 - 4	
Tipo de red	AC	
Número de Polos	3	

Elaboración: Propia

Seguido, mediante Ecuación 15 se calcula la potencia nominal de los tres contactores asociados al segundo motor.

$$P_{\text{contactor}} = 1,25 \times P_{n \text{ motor}}$$

$$P_{\text{contactor}} = 1,25 \times 0,75 \text{ (HP)}$$

$$P_{\text{contactor}} = 0,93 \text{ (HP) ó } 699,3 \text{ (W)}$$

Al finalizar con el cálculo de la potencia de cada contactor, se seleccionó mediante catálogos tres contactores de categoría AC-3 cada uno de 1,5 (KW). En la Tabla 4.50, se observan las características principales de los contactores seleccionados.

Tabla 4.50: Contactores del segundo motor.

Contactor TeSys D (LC1D09M7)		
Características	Descripción	Ilustración
Tensión de bobina (VAC)	220	
Numero de polos	3	
Corriente nominal de los contactos (A)	6	
Categoría de empleo	AC-3	
Potencia nominal (KW)	1,5	
Contactos auxiliares	1 NC	
Tensión nominal de los contactos (VAC)	690	

Elaboración: Propia

Dimensionamiento de los contactores para las electroválvulas.

Para el dimensionamiento de los contactores conectados a las electroválvulas cuya potencia es de 22 (W), se emplea la Ecuación 15. Dichos elementos accionan los tres cilindros de doble efecto que realizan el prensado del trapero.

$$P_{\text{contactor}} = 1,25 \times P_{\text{electrovalvula}}$$

$$P_{\text{contactor}} = 1,25 \times 22 \text{ (W)}$$

$$P_{\text{contactor}} = 27,5 \text{ (W)}$$

Después, se seleccionada mediante catálogo dos contactores categoría AC-15 cada uno de 1,5 (KW). En la Tabla 4.51 se observa las características principales de los contactores seleccionados.

Tabla 4.51: Contactores de las electroválvulas.

Contactor TeSys D (LC1D18M7)		
Características	Descripción	Ilustración
Tensión de bobina (VAC)	220	
Numero de polos	3	
Corriente nominal de los contactos (A)	6	
Categoría de empleo	AC-15	
Potencia nominal (KW)	1,5	
Contactos auxiliares	1 NC	
Tensión nominal de los contactos (VAC)	690	

Elaboración: Propia

Dimensionamiento del disyuntor termomagnético general.

Una vez seleccionado los contactores correspondientes a las electroválvulas y las protecciones eléctricas de los dos motores. Se dimensiona el disyuntor general cuya función es proteger a todo el sistema eléctrico, este dispositivo se acciona únicamente cuando detecta corrientes mayores a los valores nominales de la máquina.

Para determinar el disyuntor general se emplea la Ecuación 18, en donde se considera la corriente de arranque del motor mayor y las corrientes a plena carga de los otros motores. (Orozco Henry).

$$I = 150\% I_{pc} (\text{motor mayor}) + \sum I_{pc} (\text{otros motores}) \quad \text{Ecuación 18}$$

$$I = 1,5 (11,1) + 2,95$$

$$I = 19,6 \text{ A}$$

Donde:

- I: Corriente del disyuntor general.
- I_{pc} (motor mayor): Corriente a plena carga del primer motor.
- I_{pc} (otros motores): Corriente a plena carga del segundo motor.

Seguido, se selecciona mediante catálogo un disyuntor termomagnético de 20 (A). En la Tabla 4.52, se describe las características principales del dispositivo seleccionado.

Tabla 4.52: Disyuntor general.

Características del disyuntor termomagnético FAZ-C20/3-NA 102251		
Características	Descripción	Ilustración
Numero de polos	3	
Tipo de disparo	C	
Corriente nominal "In" (A)	20	
Capacidad de conmutación "Icu" (KA)	15	

Elaboración: Propia

Al finalizar con la selección de las protecciones eléctricas asociadas a cada uno de los motores. En la Tabla 4.53, se describe la cantidad total y el tipo de elemento seleccionado con respecto a cada actuador.

Tabla 4.53: Protecciones eléctricas de la máquina.

Protecciones del Sistema Eléctrico			
Elemento	Tipo	Cantidad	Descripción
Motor 1	Disyuntor termomagnético del circuito derivado	1	15 (A)
	Contactador	1	18 (A) - 4 (KW)
Motor 2	Relé Térmico	1	≈ 3.3 (A)
	Guardamotor	1	≈ 4,3 (A)
	Contactores	3	6 (A) – 1,5 (KW)
Protección General	Disyuntor Termomagnético	1	20 (A)
Electroválvulas	Contactores	2	6 (A) – 1,5 (KW)

Elaboración: Propia

- **Selección del PLC**

Para la selección del Controlador Lógico Programable, se elabora un esquema con los pulsadores, sensores y actuadores que controlan el proceso. Las cuales se observan en el ANEXO J: Diagrama de conexiones eléctricas del PLC. Por lo que, la distribución de entradas y salidas están descritas en la Tabla 4.54.

Tabla 4.54: Entradas y Salidas definidas para el proceso.

Distribución de Entradas y Salidas (Analógicas/Digitales)					
Tipos		Distribución		Descripción	Función
ENTRADAS	Digitales ID	I0.0	P0	Pulsador Selección Proceso	Selecciona mantenimiento u operación
		I0.1	P1	Pulsador Selección Actuadores	Selecciona del tipo de actuador
		I0.2	P2	Pulsador Selección Trapero	Selecciona del tipo de trapero
		I0.3	P3	Pulsador Marcha	Inicia el proceso
		I0.4	P4	Pulsador Prensar	Prensa el trapero enrollado
		I0.5	P5	Pulsador Condiciones Iniciales	Reinicia el proceso a su condición inicial
		I0.6	P6	Pulsador Paro general	Detiene el proceso
		I0.7	P7	Pulsador Emergencia	Detiene y reinicia la máquina
		I1.0	P8	Sensor presencia 1	Detecta la presencia del hilo
		I1.1	P9	Sensor presencia 2	Detecta la presencia de la regleta

SALIDAS		I1.2	P10	Sensor presencia 3	Detecta la presencia de la base del capuchón
		I1.3	P11	Sensor presencia 4	Detecta la presencia del capuchón
		I1.4	P12	Final de Carrera 1	Detecta el inicio del tornillo sin fin
		I1.5	P13	Final de Carrera 2	Detecta el final del tornillo sin fin
	Digitales OD	Q0.0	M1	Motor 1 delta / Luz Piloto 1	Motor uno - Delta (enrollado)
		Q0.1	M2	Motor 1 / Variador	Variador marcha / paro. Entrada Digital DI1 (8)
		Q0.2	M3	Motor 1 / Contactor	Contactor de alimentación
		Q0.3	M4	Motor 2 delta / Luz Piloto 2	Motor dos – Delta (Guía de hilo)
		Q0.4	M5	Motor 2 “horario”	Motor dos - Horario
		Q0.5	M6	Motor 2 “antihorario”	Motor dos - Antihorario
		Q0.6	M7	Electroválvula 1	Cilindro de Recorrido (mesa base)
		Q0.7	M8	Electroválvula 2	Cilindros inyección “A” y “B” (prensado)
		Q1.0	L1	Luz Piloto 3 “Verde”	Luz de Inicio del proceso
Q1.1	L2	Luz Piloto 4 “Roja”	Luz de Emergencia		

Elaboración: Propia

Para lo cual, se usó un número total de catorce entradas y diez salidas digitales que conforman el sistema de control de la máquina para la fabricación de traperos. Por lo que, se selecciona un PLC con las siguientes características descritas en la Tabla 4.55.

Tabla 4.55: Selección Controlador Lógico Programable.

PLC Siemens S7-1200 1214C (AC/DC/RLY)			
Características		Descripción	Ilustración
Entrada	Voltaje (V)	120 - 240	
	Corriente (mA)	100 - 50	
	Digital (V / mA)	14, (5 - 15 / 1 - 2,5)	
	Analógica (V)	2, (0 - 10)	
Salida	Digital	10 (Relé), (30) en DC – 200 (W) en AC / 2 (A)	
	Analógica	0	

Elaboración: Propia

- **Selección del Variador de frecuencia**

Para su selección se consideró la potencia eléctrica del motor uno cuyo valor es de 3 (KW). Por lo que, las características principales de entrada y salida del variador seleccionado se encuentran descritos en la Tabla 4.56.

Tabla 4.56: Características variador de frecuencia Siemens.

Variador de frecuencia Siemens V20 (6SL3210-5BB23-0AV0)			
Características		Descripción	Ilustración
Entrada	Voltaje (V)	120-240/1AC	
	Frecuencia (Hz)	47-63	
Salida	Voltaje (V)	230/3AC	
	Potencia nominal (KW)	3	
	Frecuencia (Hz)	0-550	
	Intensidad nominal (A)	13,6	

Elaboración: Propia

Seguido, se realizó un diagrama de conexiones eléctricas dentro del ANEXO L: Variador de frecuencia Siemens V20. En donde, se observan los bornes de red, bornes de salida y las conexiones del sistema para el control del motor eléctrico.

Después de seleccionar el variador de frecuencia, se establece el estado de conexión de los bornes de red y usuario usados en el proceso. Las cuales se encuentran detalladas en la Tabla 4.57.

Tabla 4.57: Descripción de los bornes del Variador de Frecuencia.

Conexión de los bornes del variador de frecuencia			
Elemento	Descripción		Estado
Bornes de Red	L1	"1AC" Conexión bifásica 220 (V)	Con conexión
	L2/N	"1AC" Conexión bifásica 220 (V)	Con conexión
	PE	Conexión protección a tierra	Con conexión
Bornes de usuario	DI1	"8" Entrada Digital 1 -3 a 30 (VDC), 0,6 a (2mA). CONEXIÓN a Salida Digital Q0.1 del PLC.	Con conexión
	0V	"14" Potencial de referencia global Entradas Digitales.	Con conexión

Elaboración: Propia

4.3. Programación del algoritmo de control.

- **Simulación del Algoritmo de Control**

Dentro del ANEXO M: Algoritmo de control., se encuentra la programación realizada dentro del software TIA Portal V15 de Siemens. Para su desarrollo se tomó como referencia la Tabla 4.54, en donde se especifica los elementos conectados al PLC. Después se crearon las variables asociadas a las entradas y salidas físicas, marcas auxiliares, diagramas de bloques y plantillas encargadas de controlar el proceso de fabricación de traperos. En la Tabla 4.58 se encuentra descrito el algoritmo de control.

Tabla 4.58: Descripción del algoritmo de control.

Distribución de diagramas de bloques y segmentos		
Diagrama de bloques	Segmentos	Descripción
Entradas/Salidas PLC: PLC S7-1200, CPU 1214C AC/DC/RLY	Segmento uno	Entradas del PLC y del HMI.
	Segmento dos	Salidas del PLC.
	Segmento tres	Selección entre el estado de mantenimiento y operación.
Estado 1_MANTENIMIENTO: Prueba de los elementos eléctricos (actuadores) de la máquina.	Segmento uno	Interbloqueo del mando alternado con el estado de operación.
	Segmento dos	Selección de los motores y cilindros neumáticos.
	Segmento tres	Activación de los motores y cilindros neumáticos.
	Segmento cuatro	Condiciones iniciales.
Estado 2_OPERACIÓN: Control del proceso para la fabricación de traperos.	Segmento uno	Selección del tipo del trapero.
	Segmento dos	Trapero económico proceso.
	Segmento tres	Trapero hogar proceso.
	Segmento cuatro	Trapero industrial proceso.
	Segmento cinco	Luz piloto de encendido.
PLANTILLA INDUSTRIAL: Proceso de fabricación del trapero Industrial	Segmento uno	Etapas de enrollado.
	Segmento dos	Etapas del tornillo sin fin.
	Segmento tres	Condiciones iniciales.
	Segmento cuatro	Salidas de la plantilla
PLANTILLA ECONÓMICO: Proceso de fabricación del trapero económico	Segmento uno	Etapas de enrollado.
	Segmento dos	Etapas del tornillo sin fin.
	Segmento tres	Etapas de prensado
	Segmento cuatro	Condiciones iniciales.
	Segmento cinco	Salidas de la plantilla.
PLANTILLA HOGAR: Proceso de fabricación del trapero Hogar.	Segmento uno	Etapas de enrollado.
	Segmento dos	Etapas del tornillo sin fin.
	Segmento tres	Etapas de prensado
	Segmento cuatro	Condiciones iniciales.
	Segmento cinco	Salidas de la plantilla.

Elaboración: Propia

- **Interfaz Humano Máquina (HMI)**

El control y monitoreo del proceso de fabricación de traperos se realizó mediante un interfaz humano máquina. El cual posee cinco pantallas (principal, mantenimiento, operación, P&ID mantenimiento y P&ID operación) que permiten la comunicación entre el operario y la máquina a través de una pantalla táctil.

Pantalla principal: Es la ventana de inicio cuya función es seleccionar y redirigirse a los estados de mantenimiento u operación. Dicha pantalla se observa en la Figura 4.47, la cual está conformada por luces indicadoras y botones que permiten interactuar al operario con el proceso.



Figura 4.47: Ventana principal de inicio.
Elaboración: Propia

La función que cumple los botones generales de la ventana principal del proceso se encuentra descritos en la Tabla 4.59 con su respectiva característica.

Tabla 4.59: Elementos de la pantalla principal.

Sección	Número	Elemento	Característica
Pulsador	1	Selección	Selecciona los estados de mantenimiento u operación
Pantallas	2	Mantenimiento	Redirecciona a la pantalla de mantenimiento.
	3	Operación	Redirecciona a la pantalla de operación.

Elaboración: Propia

Pantalla de mantenimiento: Es la ventana principal del mantenimiento cuya función es controlar y monitorear el encendido de los actuadores, que conforman el sistema de enrollado y prensado de la máquina. Como se observa en la Figura 4.48, dicha pantalla está conformada por: luces indicadoras, botones y campos de entrada-salida.

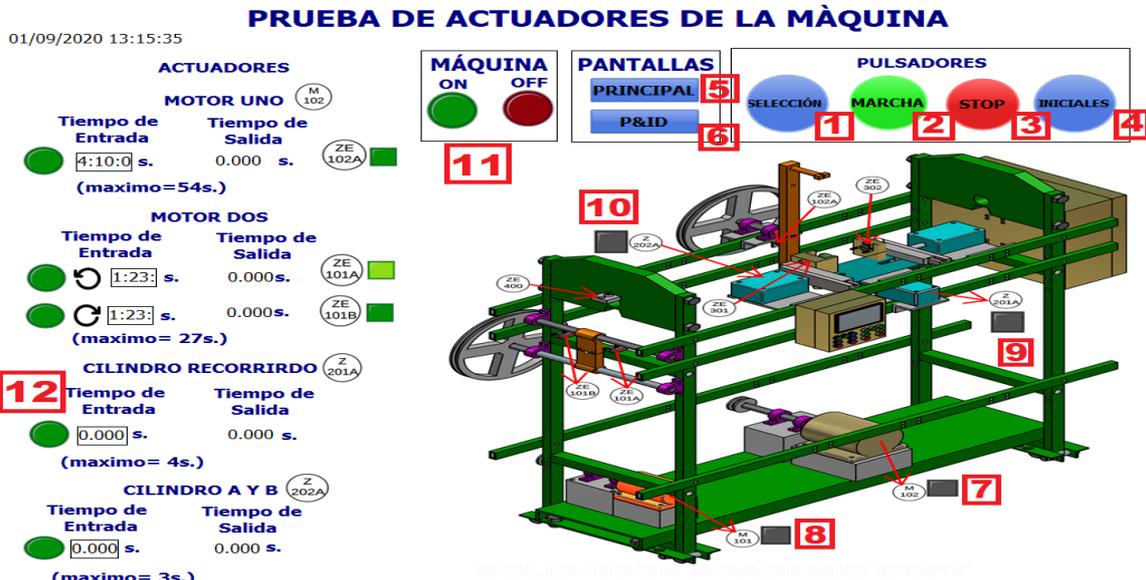


Figura 4.48: Ventana de mantenimiento.
Elaboración: Propia

La función que cumple los botones generales de la ventana principal del mantenimiento se encuentra descritos en la Tabla 4.60 con su respectiva característica.

Tabla 4.60: Elementos de la pantalla de mantenimiento.

Sección	Número	Elemento	Característica
Pulsador	1	Selección	Selecciona el tipo de actuador (motor uno o dos, cilindro de recorrido, A o B).
	2	Marcha	Enciende el actuador previamente seleccionado.
	3	Paro "Stop"	Detiene el funcionamiento de la máquina en cualquier momento.
	4	Reset	Reinicia la máquina a su condición inicial.
Pantallas	5	Principal	Redirecciona a la pantalla principal.
	6	P&ID	Redirecciona a la pantalla del P&ID correspondiente al mantenimiento.
	7	Luz piloto	Luz indicadora correspondiente al motor uno.
	8	Luz piloto	Luz indicadora correspondiente al motor dos.
	9	Luz piloto	Luz indicadora correspondiente al cilindro de recorrido.
	10	Luz piloto	Luz indicadora correspondiente a los cilindros "A" y "B".
	11	Luz piloto	Indicador de encendido "ON" y apagado "OFF".
	12	Campo de entrada	Tiempo de prueba a ingresar.

Elaboración: Propia

Pantalla de mantenimiento - P&ID: Es la ventana secundaria del mantenimiento cuya función es controlar y monitorear el encendido de los actuadores, que conforman el sistema de enrollado y prensado de la máquina mediante su P&ID. Como se observa en la Figura 4.49, dicha pantalla está conformada por: luces, botones y campos de entrada-salida.

01/09/2020 13:17:47

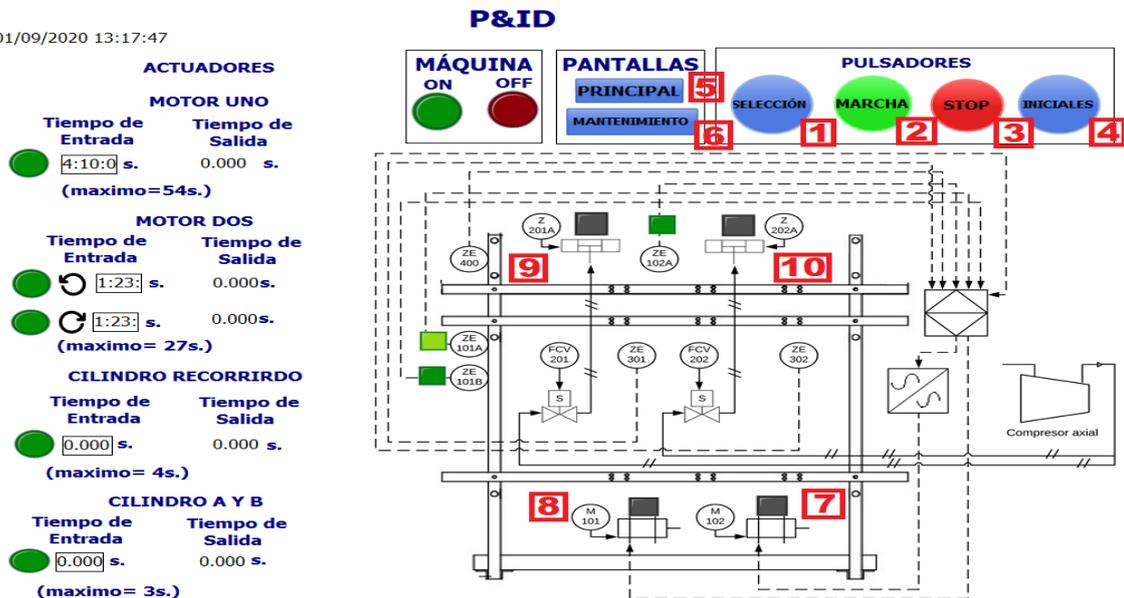


Figura 4.49: Ventana de mantenimiento con P&ID.

Elaboración: Propia

Pantalla de operación: Es la ventana principal de operación cuya función es controlar y monitorear el proceso de fabricación de traperos (económico, hogar e industrial). Como se observa en la Figura 4.50, dicha pantalla está conformada por: luces, botones y campos de salida.

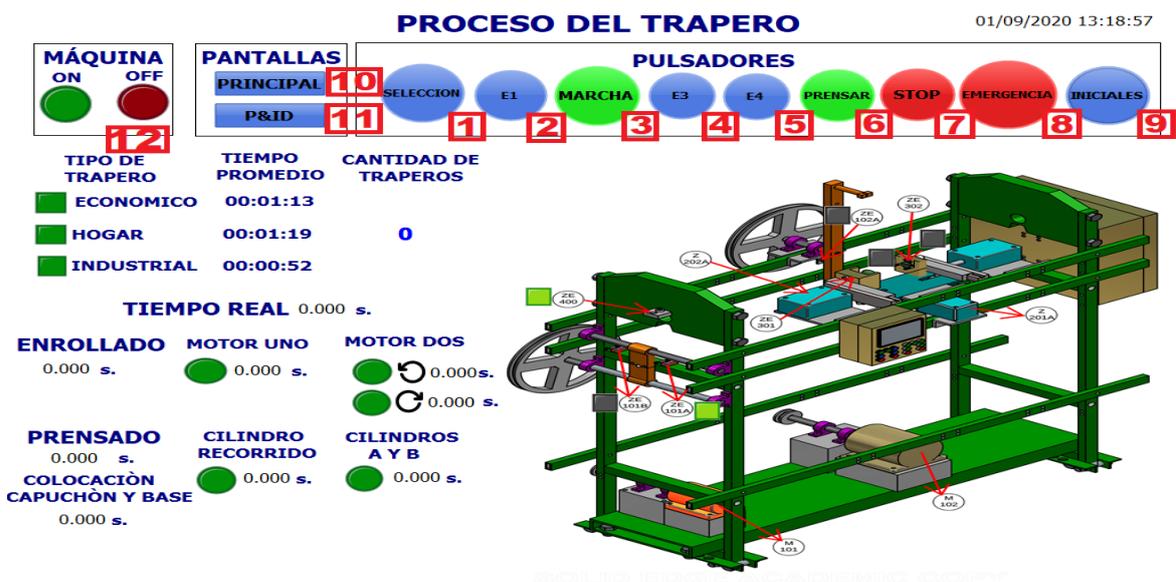


Figura 4.50: Ventana de operación.

Elaboración: Propia

La función que cumple los botones generales de la ventana principal de operación se encuentra descritos en la Tabla 4.61 con su respectiva característica.

Tabla 4.61: Elementos de la pantalla de operación.

Sección	Número	Elemento	Característica
Pulsador	1	Selección	Selecciona el tipo de trapero (Económico, Hogar e Industrial)
	2	E1	Activa el sensor de presencia de hilo.
	3	Marcha	Inicia el proceso de enrollado del trapero.
	4	E3	Activa el sensor de presencia del capuchón.
	5	E4	Activa el sensor de presencia de la base del trapero.
	6	Prensar	Inicia el proceso de prensado del trapero.
	7	Paro (Stop)	Detiene el funcionamiento de la máquina en cualquier momento.
	8	Emergencia	Desconecta la máquina
	9	Reset	Reinicia la máquina a su condición inicial.
Pantallas	10	Principal	Redirecciona a la pantalla principal.
	11	P&ID	Redirecciona a la pantalla del P&ID correspondiente a la operación.
	12	Luz piloto	Indicador de encendido "ON" y apagado "OFF".

Elaboración: Propia

Pantalla de operación - P&ID: Es la ventana secundaria de operación cuya controlar y monitorear el proceso de fabricación de traperos (económico, hogar e industrial) mediante su P&ID. Como se observa en la Figura 4.51, dicha pantalla está conformada por: luces, botones y campos de entrada-salida.

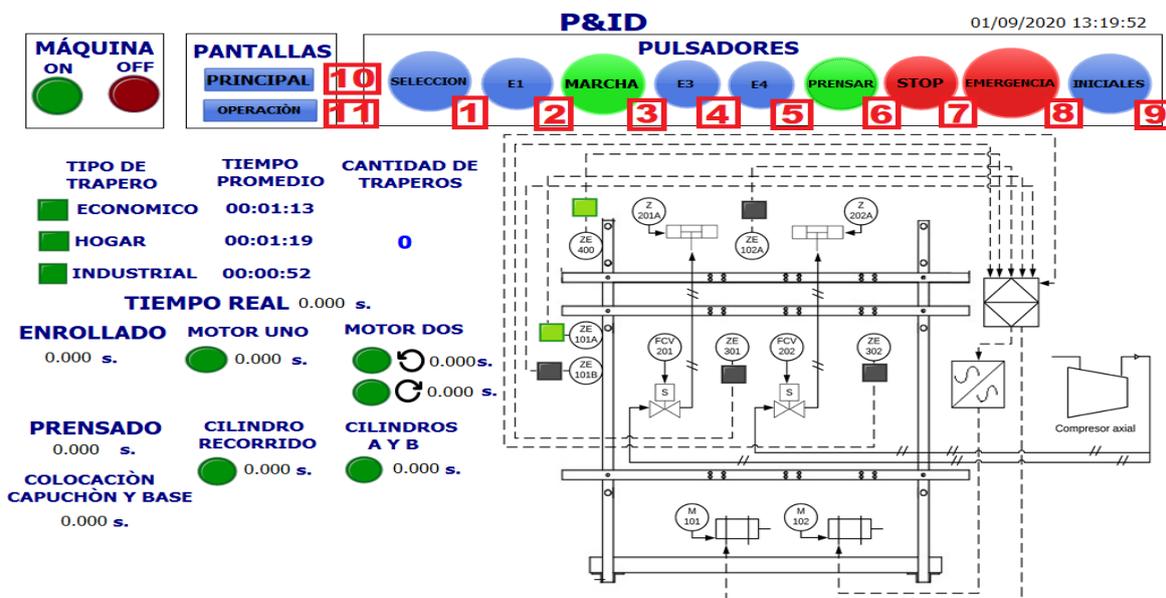


Figura 4.51: Ventana de operación con P&ID.
Elaboración: Propia

4.4. Simulación de la máquina para la fabricación de traperos.

- **Simulación de velocidad de las poleas**

Inicialmente, en el sistema de transmisión uno como se observa en la Figura 4.52, el motor uno para el enrollado del trapero posee una velocidad de 1430 (RPM) y mediante el variador de frecuencia seleccionado se redujo a una velocidad de 1000 (RPM).

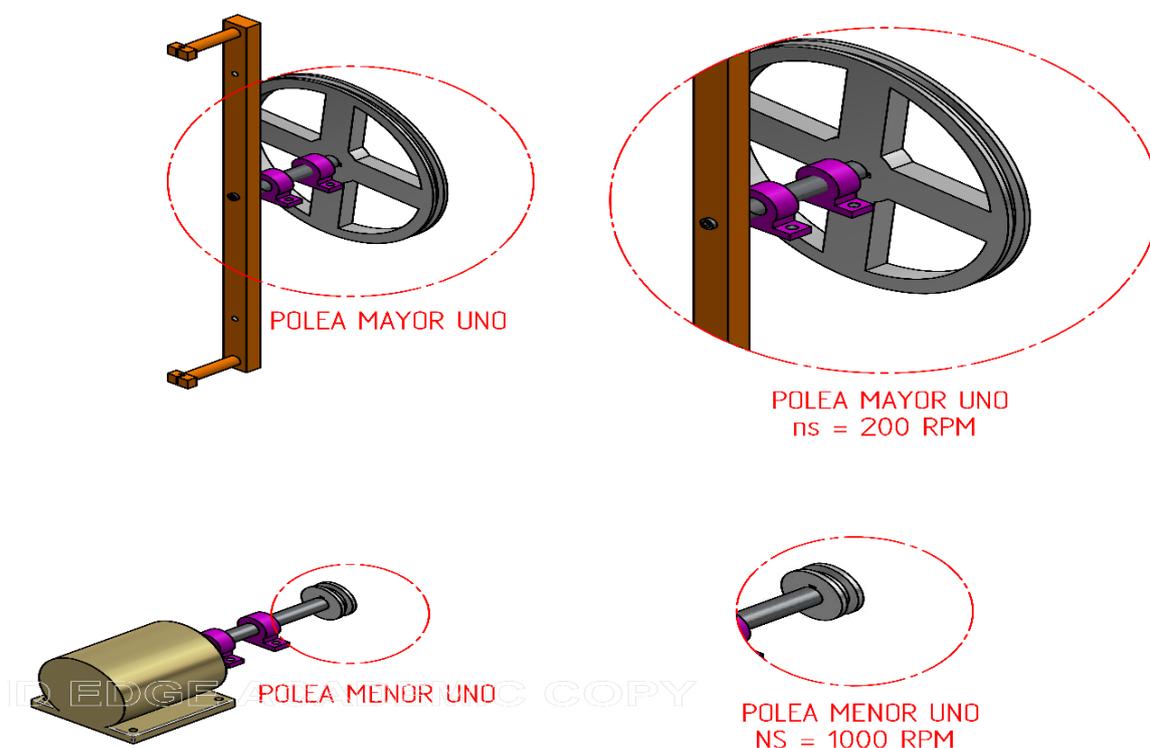


Figura 4.52: Elementos del sistema de transmisión de potencia uno.
Elaboración: Propia

Por medio del diámetro de las poleas y la banda seleccionada, la velocidad que otorga la máquina conductora hacia la máquina conducida es de 200 (RPM) como se detalla en la Tabla 4.62. El sentido de giro de las poleas (menor y mayor) es antihorario y posee una operación constante dentro del enrollado del trapero.

Tabla 4.62: Características principales del sistema de transmisión uno.

Sistema de transmisión de potencia por poleas uno						
Relación de transmisión	Diámetro de la polea menor "d" (mm)	Velocidad de la polea menor "N" (RPM)	Diámetro de la polea mayor "D" (mm)	Velocidad de la polea mayor "n" (RPM)	Distancia entre ejes "E" (mm)	Longitud de la correa (in)
5	71	1000	355	200	1032,54	109

Elaboración: Propia

Seguido, dentro del sistema de transmisión dos como se observa en la Figura 4.53. El motor dos de la guía del hilo posee una velocidad de 1000 (RPM), para el desplazamiento horizontal del hilo sobre la regleta (base guía del hilo) el sentido de giro que posee es antihorario y horario.

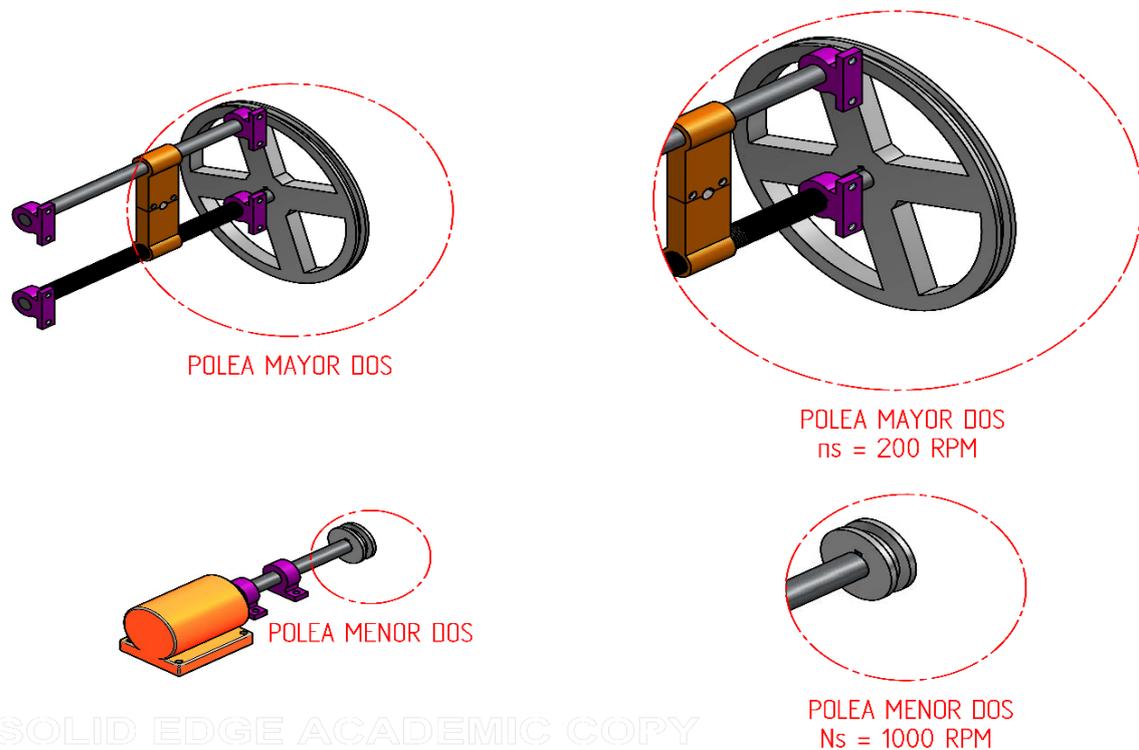


Figura 4.53: Elementos del sistema de transmisión de potencia dos.
Elaboración: Propia

Por medio del diámetro de las poleas y la banda seleccionada, la velocidad que otorga la máquina conductora hacia la máquina conducida es de 200 (RPM) como se detalla en la Tabla 4.63.

Tabla 4.63: Características principales del sistema de transmisión dos.

Sistema de transmisión de potencia por poleas dos						
Relación de transmisión	Diámetro de la polea menor "d" (mm)	Velocidad de la polea menor "N" (RPM)	Diámetro de la polea mayor "D" (mm)	Velocidad de la polea mayor "n" (RPM)	Distancia entre ejes "E" (mm)	Longitud de la correa (in)
5	71	1000	355	200	705,82	83

Elaboración: Propia

- **Simulación de los tiempos de fabricación**

Para definir los tiempos de trabajo de cada actuador y de los elementos mecánicos asociados a estos Se referencia los tiempos de fabricación de los traperos descritos en la Tabla 4.1. Por lo que, se define el tiempo de operación de la siguiente manera:

Para el trapero Económico el tiempo de operación del motor uno es de 54 (s). El tiempo del motor dos es de 27 (s) en sentido horario, descansa 2 (s) y opera 27 (s) en sentido antihorario. La colocación del capuchón y su base es de 5 (s). El cilindro de “Recorrido” opera 4 (s) y los cilindros “A” y “B” operan 2 (s); por lo que el tiempo total de fabricación es de 00:01:13 (hh:mm:ss), como se observa en la Figura 4.54.

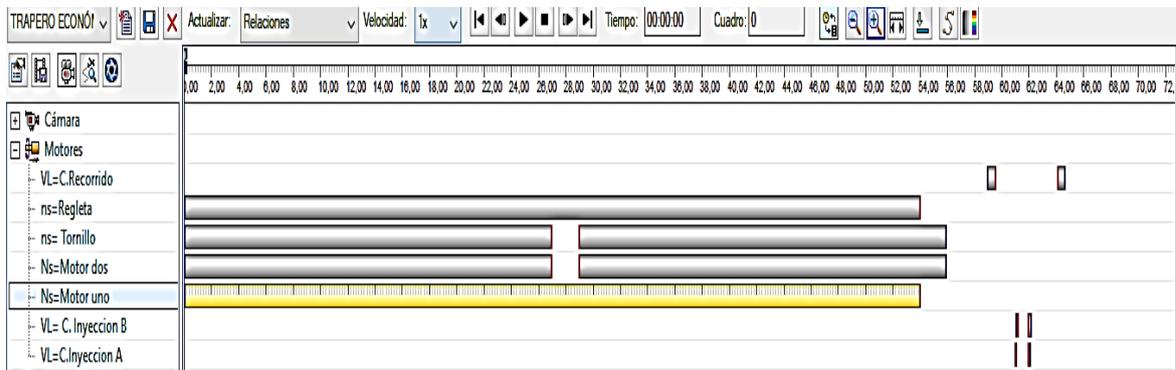


Figura 4.54: Simulación del tiempo de operación, trapero económico.
Elaboración: Propia

Para el trapero Hogar el tiempo de operación del motor uno es de 60 (s). El tiempo del motor dos es de 27 (s) en sentido horario, descansa 2 (s) y opera 27 (s) en sentido antihorario. La colocación del capuchón y su base es de 5 (s). El cilindro de “Recorrido” opera 4 (s) y los cilindros “A” y “B” operan 2 (s); por lo que el tiempo total de fabricación es de 00:01:19 (hh:mm:ss), como se observa en la Figura 4.55.

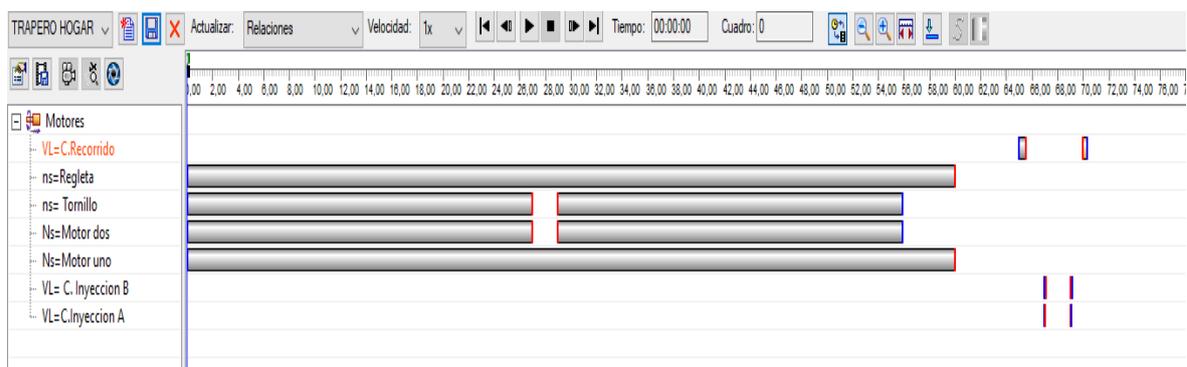


Figura 4.55: Simulación del tiempo de operación, trapero hogar.
Elaboración: Propia

Para el trapero Industrial el tiempo de operación del motor uno es de 54 (s). El tiempo del motor dos es de 27 (s) en sentido horario, descansa 2 (s) y opera 27 (s) en sentido antihorario, por lo que el tiempo total de fabricación es de 00:00:54 (hh:mm:ss), como se observa en la Figura 4.56.

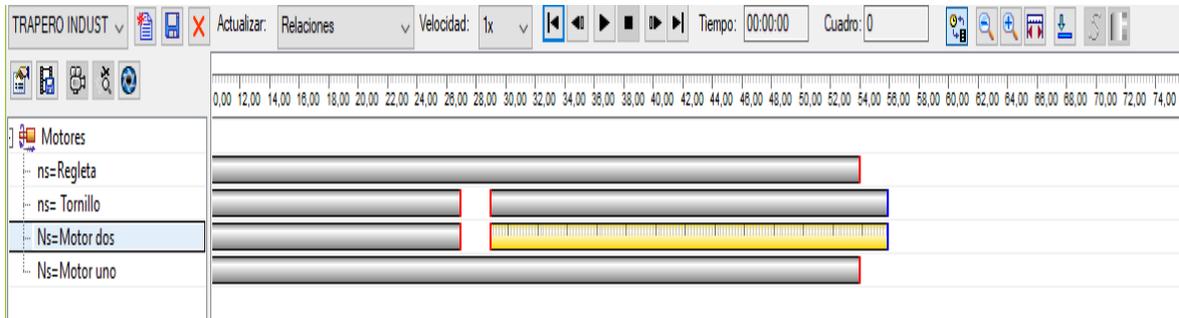


Figura 4.56: Simulación del tiempo de operación, trapero Industrial.
Elaboración: Propia

- **Simulación de la máquina completa**

La simulación de la máquina para la fabricación de traperos se realizó en el software CAD Solid Edge V20. En el cual, se insertó una relación de movimiento mecánico entre las piezas que forman parte del sistema de transmisión de potencia por poleas uno. El cual, realiza el movimiento giratorio de la regleta dentro de la etapa de enrollado del trapero. La simulación de estos movimientos está representado en la Figura 4.57.

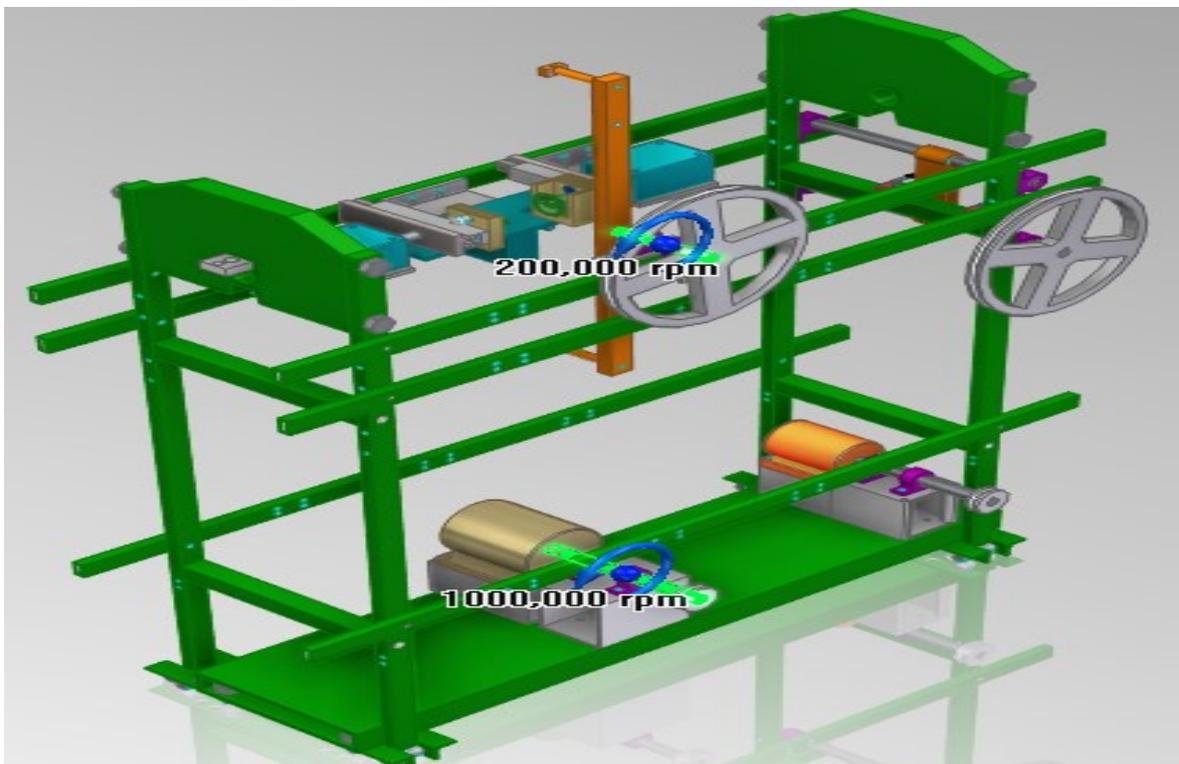


Figura 4.57: Sistema de transmisión uno (Etapa de enrollado).
Elaboración: Propia

También, se insertó la relación de movimiento mecánico entre las piezas que forman parte del sistema de transmisión de potencia por poleas dos, el cual realiza el desplazamiento lineal (izquierda - derecha) de la guía del hilo sobre la regleta para la etapa de enrollado del trapero. La simulación de estos movimientos está representado en la Figura 4.58.

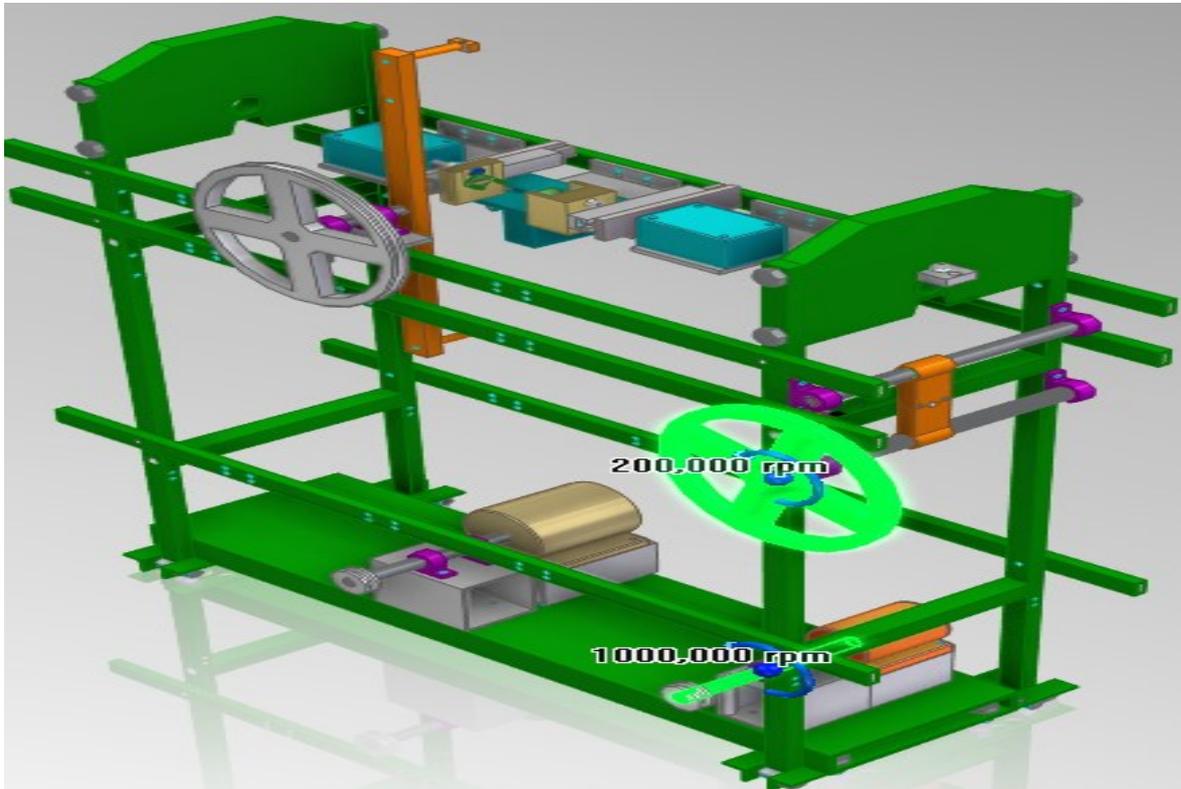


Figura 4.58: Sistema de transmisión dos (Etapa de enrollado).
Elaboración: Propia

De igual forma, se insertó la relación de movimiento mecánico entre las piezas que forman parte del sistema de prensado neumático. El cual, inserta el capuchón en la base del trapero final por medio de los cilindros. La simulación de estos movimientos se representa en la Figura 4.59.

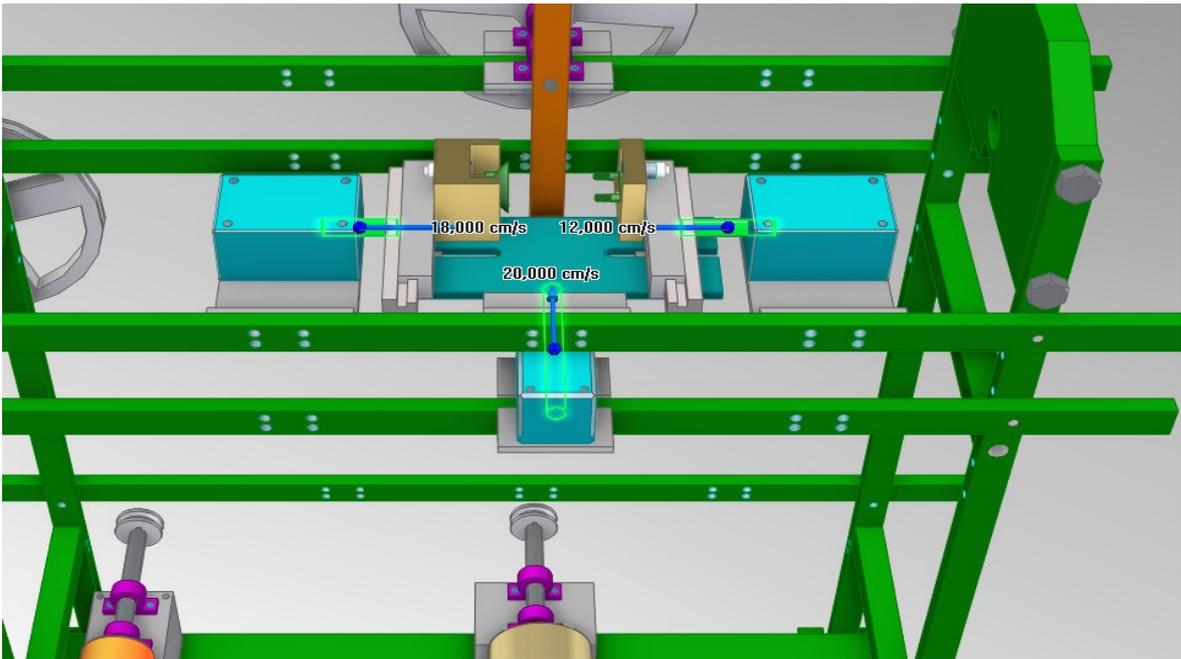


Figura 4.59: Sistema de prensado neumático.
Elaboración: Propia

Por último, el ensamblado de la máquina se representa en el ANEXO N: Planos de construcción de la máquina para la fabricación de trapero. En donde, se encuentra la distribución de las partes principales con sus respectivas dimensiones. Las cuales son:

- Estructura principal.
- Estructura secundaria.
- Sistemas de transmisión de potencias por poleas uno y dos.
- Sistema de prensado neumático.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El diseño de la estructura principal debe cumplir con las exigencias del trabajo a realizar. Es decir, debe ser resistente a la deformación o destrucción parcial de cualquier elemento y estable ante cualquier movimiento. Para lo cual, al ejercer una fuerza específica sobre un área de la estructura; esta no debe de presentar deformaciones y roturas.
- El diseño de la estructura secundaria debe cubrir en su totalidad las partes mecánicas móviles que puedan ocasionar un daño al operario, garantizando una protección y adecuada operación de la máquina dentro del proceso de fabricación.
- El dimensionamiento y diseño de los sistemas de transmisión de potencia por poleas, es una perspectiva del movimiento deseado dentro de la etapa de enrollado del trapero. Por lo que, los cálculos realizados pueden variar al momento de implementar los sistemas dentro de la máquina.
- Dependiendo de la máquina y aplicación, los rodamientos tienen formas y diseños muy variados. Algunos cojinetes van colocados de manera directa en la máquina, pero con frecuencia van montados en soportes que facilita su montaje.
- El variador de frecuencia usado en el sistema de transmisión de potencia uno, permite modificar la velocidad del motor uno y de la regleta de enrollado. Por lo que, el tiempo y la cantidad de producción pueden ser modificados de acuerdo con los requerimientos de la empresa.
- La presión de trabajo del compresor seleccionado puede diferir con respecto al material del capuchón y su base. De acuerdo con la fuerza que requiere los cilindros neumáticos, para insertar el capuchón en el trapero final.
- La simulación del algoritmo para el control de la máquina permite visualizar y supervisar el tiempo y avance del proceso a través de un interfaz humano máquina (HMI). Donde, el usuario puede controlar cada etapa del proceso de enrollado y prensado del trapero a fabricar.
- La programación del algoritmo para la fabricación de traperos se realizó en lenguaje FBD. El cual, facilita la comprensión de la lógica de control y permite realizar modificaciones o futuras mejoras en la etapa de enrollado y prensado, de acuerdo con las necesidades de la empresa.

- En la simulación de los movimientos mecánicos, de los componentes diseñados en el software CAD Solid EDGE V20. En donde, se obtiene una perspectiva del movimiento que realiza la máquina con los sistemas de transmisión de potencia por poleas y prensado, en la etapa de enrollado y prensado del trapero. Adicionalmente, se simuló los esfuerzos que debe soportar la estructura principal.

5.2. Recomendaciones

- Debido a que la estructura principal no es afectada por grandes esfuerzos, para el ensamblado de los soportes y perfiles se recomienda usar tornillos y pernos; ya que son comúnmente usados por su rápido montaje y estabilidad ante esfuerzos (internos y externos) en aplicaciones para unir chapas, perfiles y vigas.
- Para la implementación de la estructura secundaria se recomienda usar una unión mediante tornillos, permitiendo un montaje y desmontaje rápido para la realizar los mantenimientos preventivos de los componentes internos de la máquina.
- Para acoplar los ejes del motor uno y dos con los ejes de transmisión respectivos, se recomienda usar matrimonios de tipo ranurado flexible de aluminio que no produzcan variaciones de velocidad en la transmisión, elevada rigidez torsional, resistente a productos químicos.
- Debido a que las longitudes de los ejes de transmisión fueron definidos de acuerdo con las distancias entre los ejes del motor uno y dos, y los ejes de transmisión de la regleta y el tornillo sin fin respectivamente. Se recomienda redefinir el largo de este eje con respecto a la nueva longitud que se puede presentar al momento de su implementación.
- Para obtener un mayor control sobre la posición de la regleta del enrollado del trapero, se recomienda implementar un motor a pasos conectado a un eje mecánico. Este dispositivo debe instalarse cerca de la regleta para que controle la posición vertical al momento de iniciar la etapa de prensado.
- Para aumentar la velocidad de desplazamiento de la guía del hilo se recomienda aumentar el paso del tornillo sin fin. Con lo cual el tiempo de operación del motor dos del sistema de transmisión dos se reduce debido a que se aumenta la velocidad y se mantiene la distancia de desplazamiento.

- Para reducir la probabilidad de un deslizamiento de la polea con la banda, es recomendable implementar una banda dentada ya que posee mayor flexibilidad para adaptarse a diámetros pequeños de acuerdo con el trabajo a desarrollar.
- Para que el sistema neumático de la máquina esté libre de impurezas se recomienda usar un filtro antes suministrar el aire comprimido a cada cilindro (actuador). Con lo cual se alarga la vida útil y se garantiza la correcta operación de los elementos del sistema.
- Para obtener una correcta respuesta por parte de los sensores de presencia y finales de carrera, se recomienda calibrar cada uno de estos con la máquina en operación y tomando en cuenta los parámetros de funcionamiento en cada etapa de la fabricación de los traperos
- Los informes de simulación no se deben usar como única medida de la capacidad de una idea de diseño en ciertas condiciones ambientales determinadas. El software CAD Solid EDGE ha realizado todos los esfuerzos posibles para certificar que sus productos ofrezcan el máximo posible de guía y ayuda. Sin embargo, esto no sustituye al buen criterio técnico y experiencia del diseñador.
- Los resultados de los cálculos deben ser evaluados en conjunto con la experiencia práctica de los diseñadores, ingenieros y con el respaldo de datos de pruebas experimentales. Dichos resultados están considerados fiables, pero no deben considerarse que dan cierta clase de garantía al diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] EcuRed, «ECURED,» Diseño Asistido por Computador (CAD), 19 Agosto 2019. [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Diseño_asistido_por_computadora. [Último acceso: 01 Junio 2020].
- [2] P. E. Robert L. Moot, «Google Books,» Diseño de elementos de Máquinas, 11 Spetiembre 2010. [En línea]. Available: https://books.google.com.ec/books?id=nrYd_BjTL0UC&lpg=PA22&dq=soportes%20de%20hierro%20para%20maquinas%20define&pg=PA20#v=onepage&q=soportes%20de%20hierro%20para%20maquinas%20define&f=false. [Último acceso: 25 Mayo 2020].
- [3] Manuel Torres Búa, «Mecanismos,» JUNTA DE GALICIA, 30 Abril 2014. [En línea]. Available: https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/42_sistemas_de_polea_y_correa.html. [Último acceso: 16 Mayo 2020].
- [4] BAIZ, S.L., «BAIZ,» Tornillo sin fin: definiciones y formulas, 11 Abril 2014. [En línea]. Available: <http://www.baiz.net/es/productos-sinfines-y-coronas/--tornillo-sinfin-definiciones-y-formulas>. [Último acceso: 26 Mayo 2020].
- [5] ASCO NEUMATICS, «ASCO Neumatics,» 11 Marzo 2011. [En línea]. Available: http://www.asconumatics.eu/images/site/upload/_es/pdf1/00091es.pdf. [Último acceso: 30 Julio 2020].
- [6] Orozco Henry, DImensionamiento y cordinación de protecciones, Quito: E.P.N. - ESFOT, 2011.

- [7] ISA, «El contactor,» 15 Octubre 2013. [En línea]. Available: http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/MaterialApoyoPracticas/02_02_EI_contactor.pdf. [Último acceso: 18 Junio 2020].
- [8] Promakfil, «Estructuras de máquinas ligueras,» 11 Febrero 2019. [En línea]. Available: <http://promakfil.net/es/productos/bancadas.html>. [Último acceso: 25 Mayo 2020].
- [9] Área Tecnología, «Área Tecnología,» Estructuras Metálicas, 20 Mayo 2011. [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/estructuras/estructuras-metalicas.html>. [Último acceso: 20 Mayo 2020].
- [10] SaraLee Ocampo Bilbao, «SaraLee Educación Tecnológica.,» Poleas, 11 Febrero 2010. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/saraleeeducaciontecnologica/mecanismos/polea>. [Último acceso: 16 Mayo 2020].
- [11] DUNLOP, Correas de transmisión, «Ingemecánica,» 01 Febrero 2012. [En línea]. Available: https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/Correas_Dunlop.pdf. [Último acceso: 17 Mayo 2020].
- [12] Gutiérrez López, Ricardo., «ECURED,» Tornillo sin FIn, 13 Agosto 2019. [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Tornillo_sin_fin. [Último acceso: 28 Mayo 2020].
- [13] Abasolo Mikel, «Ejes,» 15 Enero 2015. [En línea]. Available: https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/15406/mod_resource/content/2/Tema%209.%20Ejes.pdf. [Último acceso: 23 Mayo 2020].

- [14] G. Raquel, «Diseño y comportamiento de cojinetes.,» ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICAUNIVERSIDAD DE CANTABRIA, 02 Julio 2016. [En línea]. Available: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/9241/Raquel%20Lia%C3%B1o%20G%C3%B3mez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 21 Mayo 2020].
- [15] McGraw Hill, «MH Educación,» 11 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>. [Último acceso: 30 Mayo 2020].
- [16] Ingenieria Mecafenix, «Sensor capacitivo,» 10 Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-proximidad-capacitivo/>. [Último acceso: 08 Junio 2020].
- [17] Angel Rincon, «Empresa del trabajo,» Finales de carrera, 29 Agosto 2011. [En línea]. Available: <http://empresadetrabajo.blogspot.com/2011/08/finales-de-carrera.html>. [Último acceso: 01 Junio 2020].
- [18] PAC, «Controladores Logicos programables.,» UNED, 18 Junio 2013. [En línea]. Available: http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf. [Último acceso: 06 Junio 2020].
- [19] Innergy Electric, «INNERGY ELECTRIC,» HMI, 14 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://innergy-global.com/es/divisiones/innergy-electric/soluciones/software/hmi>. [Último acceso: 06 Junio 2020].
- [20] SIEMENS, «Siemens,» SIMATIC HMI Paneles, 20 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:878c1c25->

3bf3-497f-846f-1ebe39c7c90c/version:1581257732/dffa-b10135-

02brsimatichmimehrwerteenus-144.pdf. [Último acceso: 02 Junio 2020].

- [21] ENKADOR S.A., «Microlimpia - Fabricación de traperos,» ESFOT - EPN, QUITO, 2020.

TABLA DE ANEXOS

ANEXO A: Tiempo de fabricación de los traperos del área de Microlimpia de la empresa ENKADOR S.A.....	114
ANEXO B: Relación de número de cabos y vueltas para los traperos de la empresa ENKADOR. S.A.....	115
ANEXO C: Diagrama de flujo del control de la máquina.	116
ANEXO D: Diagrama P&ID de la máquina para la fabricación de traperos de la empresa ENKADOR S.A.....	121
ANEXO E: Informes de análisis de fuerzas aplicadas al soporte frontal, lateral izquierdo y trasero.	123
ANEXO F: Fragmento de la tabla del factor de corrección de potencia.	141
ANEXO G: Fragmento de diámetros de Poleas nominales.....	142
ANEXO H: Factor de corrección del arco de contacto, longitudes primitivas nominales de la correa y prestación base.	143
ANEXO I: Diagrama de conexiones eléctricas de los motores.	144
ANEXO J: Diagrama de conexiones eléctricas del PLC.	145
ANEXO L: Variador de frecuencia Siemens V20.	146
ANEXO M: Algoritmo de control.	148
ANEXO N: Planos de construcción de la máquina para la fabricación de traperos.....	184