



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

## **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA SELLADORA DE PELÍCULA DE POLIETILENO**

**Luis Enrique Aguirre Pineda**

Asesorado por el Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco

Guatemala, mayo de 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA SELLADORA DE PELÍCULA DE  
POLIETILENO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**LUIS ENRIQUE AGUIRRE PINEDA**

ASESORADO POR EL ING. MILTON ALEXANDER FUENTES OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, MAYO DE 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA SELLADORA DE PELÍCULA DE POLIETILENO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 30 de agosto de 2018.

**Luis Enrique Aguirre Pineda**





Guatemala, 9 de abril de 2019

Ing. Julio César Campos Paiz  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero Campos Paiz

Por medio de la presente informo a usted, que como asesor del Trabajo de Graduación del estudiante universitario **Luis Enrique Aguirre Pineda** quien se identifica con registro académico **201213242 y CUI 2627 28133 0101** procedí a revisar el trabajo de graduación de cuatro capítulos, cuyo título es "**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA SELLADORA DE PELÍCULA DE POLIETILENO**". El cual encuentro satisfactorio.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle trámite correspondiente.

Sin otra particular, es grato suscribirme de usted.

Atentamente,

  
Milton Alexander Fuentes Orozco  
INGENIERO MECANICO  
COLEGIADO No. 8189  
Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco  
Colegiando Activo No. 8189





# USAC

TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.106.2019

El Coordinador del Área de Diseño de Ingeniería de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA SELLADORA DE PELÍCULA DE POLIETILENO** desarrollado por el estudiante **Luis Enrique Aguirre Pineda**, CUI **2627281330101** con Reg. Académico No. **201213242** recomienda su aprobación.

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Julio César Campos Paiz  
Coordinador Área de Diseño  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, abril 2019





**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.159.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área de Diseño del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA SELLADORA DE PELÍCULA DE POLIETILENO** desarrollado por el estudiante **Luis Enrique Aguirre Pineda**, CUI **2627281330101** con Reg. Académico No. **201213242** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

**"Id y Enseñad a Todos"**

Ing. Julio César Campos Paiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, mayo de 2019

/aej



Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.261-2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica del trabajo de graduación titulado: **"DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA SELLADORA DE PELÍCULA DE POLIETILENO"** presentado por el estudiante: **Luis Enrique Aguirre Pineda** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

5/27/19  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, mayo de 2019

/echm







## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por regalarme la vida, la paciencia y la inteligencia necesaria para lograr alcanzar cada una de mis metas a lo largo de mi vida. Por darme la bendición de tener unos padres maravillosos que me apoyaron en todo momento.

### **Mis padres**

Jorge Aguirre y Amarilis Pineda por los sacrificios que hicieron por mí a lo largo de mi carrera, por siempre ser un ejemplo, un apoyo cuando lo necesité y su amor incondicional.

### **Mi novia**

Linda Virginia Solis Secaida, por acompañarme durante esta travesía, gracias por creer en mí, por todo tu apoyo y amor.

### **Mis hermanos**

Jorge Ernesto Aguirre Pineda, Carlos Alberto Aguirre Pineda y Jose Rodolfo Aguirre Pineda por su amistad y compañía durante toda mi vida.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por haber sido mi segundo hogar y ser la casa de estudios que me permitió formarme como profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por sembrar en mí los conocimientos técnicos y los valores para volverme un profesional capacitado y con ética.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Por haber estado en los buenos y malos momentos a lo largo de la carrera. Gracias a Ángel Palacios, Carlos Sánchez, Edgar Chis, Jorge Corado, Jorge Gutiérrez, Josue Belteton, Julio Román, Miguel Ángel Colindres, Pablo Orellana, Pedro Chuquiej, Raúl Chang, Raúl Franco, Samuel Chis y Walter Granados.
<b>Mi asesor</b>	Ing. Milton Cifuentes, por su paciencia y asesoría brindada durante todo el proceso de elaboración de este trabajo de graduación.
<b>Ingeniero Hugo Ávila</b>	Por su apoyo, paciencia y buena voluntad de compartir su conocimiento con mi persona.

**Departamento de  
Mantenimiento Grupo  
Olefinas**

Por el apoyo brindado durante la realización de mi trabajo de graduación, por compartir sus conocimientos, experiencias y haberme brindado su amistad.





## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA .....	1
1.1. Descripción de la empresa .....	1
1.1.1. Historia .....	1
1.1.2. Localización .....	2
1.1.3. Ubicación geográfica .....	2
1.1.4. Actividad productora y comercial .....	3
1.1.4.1. Sector bananero .....	3
1.1.4.2. Sector agrícola.....	4
1.1.4.3. Sector comercial e industrial.....	5
1.1.4.4. Sector etiquetas & tape .....	6
1.2. Planeación estratégica .....	6
1.2.1. Misión .....	6
1.2.2. Visión.....	7
1.2.3. Valores .....	7
1.2.4. Objetivos empresariales .....	8
2. EXTRUSIÓN DE PELÍCULA SOPLADA .....	9
2.1. Descripción del proceso .....	9

2.1.1.	Extrusión .....	11
2.1.2.	Polietileno.....	11
2.1.2.1.	Historia .....	12
2.1.2.2.	Clasificación y propiedades del polietileno .....	13
2.1.2.2.1.	Polietileno de alta densidad (HDPE) .....	14
2.1.2.2.2.	Polietileno de baja densidad lineal (LLDPE) .....	14
2.1.2.2.3.	Polietileno de baja densidad (LDPE).....	15
2.2.	Descripción de elementos de la línea de extrusión .....	15
2.2.1.	Extrusor.....	15
2.2.1.1.	Componentes del extrusor .....	16
2.2.1.1.1.	Motor.....	16
2.2.1.1.2.	Caja reductora.....	17
2.2.1.1.3.	Sistema de alimentación .....	18
2.2.1.1.4.	Barril.....	19
2.2.1.1.5.	Tornillo .....	20
2.2.1.2.	Especificaciones del extrusor .....	21
2.2.1.2.1.	Diámetro de cilindro (D).....	22
2.2.1.2.2.	Relación longitud/diámetro (L/D) .....	22
2.2.1.2.3.	Relación de compresión.....	22



	2.2.1.2.4.	Configuración del tornillo .....	23
	2.2.1.3.	Descripción del funcionamiento del extrusor.....	24
	2.2.1.3.1.	Alimentación .....	24
	2.2.1.3.2.	Compresión .....	24
	2.2.1.3.3.	Dosificación .....	25
2.2.2.		Portamallas.....	25
2.2.3.		Adaptador .....	27
2.2.4.		Dado o molde .....	28
	2.2.4.1.	Dado tipo araña .....	28
	2.2.4.2.	Dado en eje de espiral.....	29
	2.2.4.3.	Dado de alimentación lateral .....	30
2.2.5.		Anillo de enfriamiento .....	31
2.2.6.		Torre estabilizadora .....	32
2.2.7.		Sistema de tiraje y moldeo .....	33
2.2.8.		Bobinador .....	33
2.2.9.		Panel de control.....	34
	2.2.9.1.	Control de temperatura.....	34
	2.2.9.2.	Control de velocidad .....	35
3.		GENERALIDADES DEL DISEÑO .....	37
3.1.		Antecedentes.....	41
3.2.		Especificaciones generales .....	43
3.3.		Requerimientos técnicos .....	44
3.4.		Capacidad de la máquina.....	44
3.5.		Componentes principales .....	45
	3.5.1.	Mecanismo de sellado .....	45
	3.5.1.1.	Mecanismo de biela manivela.....	46

3.5.1.2.	Yugo escocés.....	47
3.5.2.	Componentes mecánicos.....	48
3.5.2.1.	Tornillos.....	48
3.5.2.2.	Resorte de compresión.....	52
3.5.2.3.	Anillos de seguridad DIN 471.....	60
3.5.3.	Componentes eléctricos.....	61
3.5.3.1.	Resistencia de cartucho.....	61
3.5.3.2.	Termocupla.....	65
3.5.3.3.	Control termorregulador.....	66
4.	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA SELLADORA.....	69
4.1.	Dimensiones.....	69
4.2.	Diseño de mecanismo de sellado.....	70
4.3.	Diseño de estructura.....	73
4.4.	Diseño del circuito eléctrico.....	75
4.5.	Selección de materiales.....	76
4.6.	Planos máquina selladora.....	82
4.7.	Procesos de manufactura.....	86
4.7.1.	Procesos de maquinado.....	86
4.7.1.1.	Torneado.....	86
4.7.1.2.	Fresado.....	87
4.7.1.3.	Taladrado.....	88
4.7.2.	Procesos de unión.....	89
4.7.2.1.	Soldadura por arco eléctrico.....	89
4.7.2.2.	Uniones roscadas.....	91
4.8.	Costos de fabricación.....	92
	CONCLUSIONES.....	93
	RECOMENDACIONES.....	95

BIBLIOGRAFÍA.....	97
APÉNDICES .....	99
ANEXOS.....	123



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1.	Mapa de ubicación de la empresa.....	2
2.	Formación de burbuja .....	10
3.	Proceso de extrusión de película soplada .....	10
4.	Estructura de cadenas de polietileno .....	12
5.	Sección longitudinal típica de un extrusor .....	16
6.	Motor de extrusor .....	17
7.	Caja reductora de engranajes .....	18
8.	Gravimétrico montado en extrusor .....	19
9.	Barril del extrusor .....	20
10.	Tornillo de extrusor.....	21
11.	Configuraciones comunes de tornillos de extrusión .....	23
12.	Transición gradual del tornillo.....	25
13.	Ordenamiento correcto de las mallas.....	26
14.	Portamallas tipo cambiador manual .....	27
15.	Sección longitudinal de un adaptador .....	27
16.	Dado tipo araña.....	29
17.	Dado tipo espiral .....	30
18.	Anillo de enfriamiento.....	31
19.	Torre estabilizadora.....	32
20.	Bobinador tipo superficie.....	34
21.	Diagrama de flujo de un diseño.....	40
22.	Método de sellado actual.....	42
23.	Propuesta de mecanismo de sellado .....	46
24.	Yugo escocés.....	47
25.	Partes de un tornillo .....	49

26.	Tipos de roscas.....	50
27.	Dimensiones de las roscas de tipo unificado y nacional americano .....	51
28.	Resorte helicoidal formado por una barra redonda.....	54
29.	Anillo de seguridad din 471 .....	61
30.	Resistencia de cartucho.....	62
31.	Termocupla tipo j .....	65
32.	Control de temperatura omron e5cc-800 .....	68
33.	Diseño con mecanismo yugo escocés .....	71
34.	Diseño con mecanismo biela-manivela modificado .....	71
35.	Mecanismo de sellado .....	72
36.	Estructura máquina selladora .....	74
37.	Vistas estructura máquina selladora .....	74
38.	Circuito eléctrico de selladora .....	75
39.	Materiales cabezal y mecanismo de sellado.....	81
40.	Diseño máquina selladora.....	82
41.	Vistas del diseño de la máquina selladora .....	83
42.	Partes de máquina selladora .....	84
43.	Uso del torno.....	87
44.	Uso de fresadora .....	88
45.	Uso de taladro.....	89
46.	Fabricación de estructura.....	90
47.	Cabezal de sellado armado .....	91

## TABLAS

I.	Productos claves del sector bananero .....	3
II.	Productos claves del sector agrícola.....	4
III.	Productos claves del sector comercial e industrial .....	5
IV.	Productos claves del sector etiquetas & tape.....	6
V.	Alambre para resorte, resistencias mínimas de tracción y designaciones ASTM .....	58
VI.	Razón del punto de fluencia en cortadura $s_{syp}$ y la resistencia máxima en cortadura $s_{se}$ y al punto de rotura $s_{ult}$ .....	57
VII.	Tipos de termocupla .....	66
VIII.	Propiedades mecánicas del acero 1018.....	77
IX.	Composición química del acero 1018 .....	77
X.	Propiedades mecánicas acero 705 .....	78
XI.	Composición química acero 705 .....	78
XII.	Propiedades mecánicas acero plata .....	79
XIII.	Composición química del acero plata.....	79
XIV.	Lista de partes máquina selladora.....	85
XV.	Costos materiales y mano de obra.....	92





## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$(C_2H_4)_n$	Polietileno
"	Pulgadas
°	Grado sexagesimal
°C	Temperatura en grados Celsius
$2\alpha$	Angulo de rosca
A	Amperios
C	Carbono
CA	Corriente alterna
cm	Centímetro
D	Diámetro
GPa	Giga Pascal
HB	Dureza Brinell
kg	Kilogramo
L	Longitud
L/D	Relación longitud/diámetro
m	Metro
mm	Milímetro
Mn	Manganeso
MPa	Mega Pascal
NPT	<i>National Pipe Thread</i> (rosca nacional de tubos)
P	Fosforo
PE	Polietileno en sus variantes
LDPE	Polietileno de baja densidad

<b>PEBD</b>	Polietileno de baja densidad
<b>LLDPE</b>	Polietileno lineal de baja densidad
<b>HDPE</b>	Polietileno de alta densidad
<b>PEAD</b>	Polietileno de alta densidad
<b>S</b>	Azufre
<b>Si</b>	Zinc
<b>S<sub>se</sub></b>	Resistencia máxima el punto de rotura
<b>S<sub>syp</sub></b>	Fluencia en cortadura
<b>S<sub>ult</sub></b>	Resistencia máxima en cortadura
<b>V</b>	Voltios
<b>W</b>	Watts

## GLOSARIO

<b>Barril</b>	Elemento cilindro que tiene la tarea de albergar en su interior el tornillo en el extrusor.
<b>Caja reductora</b>	Reductor de velocidad compuesto por un motor asincrónico acoplado a un reductor de engranajes.
<b>Calibre</b>	Grosor de la película plástica.
<b>Caudal</b>	Flujo de agua que pasa a través de un dispositivo a cierta velocidad.
<b>Contactor</b>	Dispositivo eléctrico encargado de suministrar corriente cada vez que es activado.
<b>Conversión</b>	Siguiente proceso después de la extrusión donde se le da la forma deseada a la película de polietileno.
<b>Extrusión</b>	Dar forma a una masa plástica haciéndola salir por una apertura especialmente dispuesta.
<b>Extrusora</b>	Máquina utilizada para producir película plástica tubular a base de polietileno.
<b>Polietileno</b>	Polímero del etileno, sólido, blanco, traslúcido, y flexible, de considerable inercia química.

<b>Tornillo</b>	Barra cilíndrica de hierro o acero, con un fileteado a modo de tornillo, utilizado en máquinas extrusoras.
<b>Resina</b>	Sustancia sólida o de consistencia pastosa, polímero compuesto por moléculas rígidas, dispuestas tridimensionalmente.
<b>Anillo de enfriamiento</b>	Dispositivo encargado de direccionar el flujo de aire frío para el enfriamiento brusco de la película al salir del dado.
<b>Termocupla</b>	Sensores encargados de percibir la señal calorífica de las resistencias y enviarla al pirómetro, está formada en su interior por dos cables, un negativo y un positivo.

## RESUMEN

El diseño mecánico es una herramienta de la ingeniería que pretende aportar una solución a un problema o bien mejorar las condiciones en las que se lleva a cabo alguna tarea; con el diseño de máquinas y herramientas se simplifican operaciones, contribuyendo con la mejora del desempeño de las personas en sus actividades productivas.

En el presente trabajo de graduación se describe el diseño y la fabricación de una máquina selladora y el sistema eléctrico necesario para controlarla. Dicha máquina es utilizada para el sellado para la unión de películas de polietileno para la elaboración de reservorios que son utilizados en las industrias salinera, acuícola, entre otras.

El diseño de una máquina selladora de película de polietileno surge de la necesidad de poder realizar la unión por medio del sellado de varias películas de polietileno en el menor tiempo posible y con la calidad necesaria, para que el resultado contribuya con la duración de los reservorios y estos puedan cumplir con su función.

Este proyecto de diseño analiza las condiciones actuales en que se realiza la tarea de sellado y unión de las películas en el campo, cuyo método es totalmente artesanal y la habilidad del colaborador es vital para la elaboración de una unión de calidad y duradera.

Mediante observación se ha recopilado la información de las condiciones actuales de sellado, se tomaron en cuenta los requerimientos técnicos y capacidad de la máquina, y luego de analizarla se procedió a seleccionar un mecanismo con el que se pudiera realizar la tarea con la mayor simplicidad posible.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar y fabricar una máquina selladora de película de polietileno.

### **Específicos**

1. Diseñar un mecanismo sencillo sin mayor complejidad, que facilite la realización del proceso de sellado en campo.
2. Seleccionar los materiales adecuados para garantizar la durabilidad de la máquina.
3. Definir un procedimiento seguro y eficiente de uso para la máquina selladora.





## INTRODUCCIÓN

La industria del plástico es una de las más grandes en el mundo, en la actualidad. Conforme pasan los años, han surgido necesidades que se deben satisfacer. Esto implica el desarrollo y mejoramiento en la producción y conversión del plástico. El proceso de extrusión de película soplada es el método más común de fabricación de películas y el polietileno el material de mayor uso.

El Grupo Olefinas es una empresa dedicada a la elaboración de productos plásticos. Sus líneas de producción le permiten tener los mayores anchos del mercado para sus tipos de película de polietileno, pero en ocasiones sus dimensiones quedan limitadas para las necesidades de sus clientes en la industria salinera, tabaquera y acuícola. Para tener una película de mayores dimensiones, se unen las películas por medio de un sellado a lo largo de estas. Para ello, se usa una plancha casera para el calentamiento y se aplica presión sobre la sección que se unirá. Este es un trabajo deficiente y genera fatiga en el personal que lo realiza.

Este tema del trabajo de graduación surge como consecuencia de la necesidad de contar con una máquina para realizar el sellado de una manera más eficiente, segura y generando menor fatiga al personal. Por ello, se propone el diseño de una máquina selladora para utilizarla en el campo, que cuente con un mecanismo sencillo de utilizar y con variación de temperatura en el sellado para utilizarla en los diferentes productos. Por lo anterior, en este trabajo se presentan cuatro capítulos donde se describe cómo resolver la problemática.

En las primeras fases se mencionan los aspectos generales de la compañía, como reseña histórica, misión, visión, objetivos empresariales, descripción de la empresa, productos de interés. Además, se describe el proceso para la fabricación de la película soplada y el funcionamiento de la maquinaria que se utiliza en este.

En la fase de desarrollo se realiza una descripción de las generalidades del diseño de la máquina, en la cual se establece las especificaciones generales, requisitos técnicos y la capacidad de la máquina. Por otro lado, los componentes principales seleccionados, mecanismo, componentes mecánicos y eléctricos.

En la última fase se desarrolla el diseño, dimensiones, selección de materiales, diseño de estructura, procesos de manufactura utilizados para su fabricación, diseño del circuito eléctrico de control y potencia y el esquema general de la máquina.

# **1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA**

## **1.1. Descripción de la empresa**

Los clientes del Grupo Olefinas lo reconocen como empresa pionera en el desarrollo de productos plásticos agroindustriales innovadores que dan un valor excepcional a sus clientes. Fue la empresa en la cual se desarrolló el presente trabajo de graduación. A continuación, se presentan aspectos importantes de esta organización.

### **1.1.1. Historia**

Desde 1959, Grupo Olefinas ha sido la empresa pionera en la producción de plásticos para la producción de banano y plátano. Fabrica productos de alto valor agregado dedicados al incremento de la productividad agrícola. Con el paso de los años OLEFINAS se desarrolló y abarcó nuevos mercados, entre ellos, el agrícola, comercial, industrial y etiquetas & tape. Esta empresa se ha preocupado por la calidad en los productos, la excelencia en el servicio y la transparencia en los negocios. Por ello, se ha posicionado como líder en los mercados o sectores. Los productos posteriores incluyeron otros tipos de películas especializadas de plástico, orientadas hacia otros mercados, películas para la agricultura, películas para invernadero, películas para la industria salinera, entre otros. A través de los años y como resultado de una relación de trabajo cercana con los clientes en investigación constante, se han desarrollado nuevos productos a las tres líneas básicas de productos de polietileno, polipropileno y etiquetas auto adheribles.

En junio de 2015, se adquirió OLEFINAS por COVERIS, líder mundial en soluciones de empaque y revestimientos. Dicha adquisición fue motivada por el éxito acarreado por la empresa en su trayectoria. Con esto COVERIS LATAM proporciona una gama completa de soluciones de empaques para productos agrícolas, que van desde el campo hasta el consumidor.

### 1.1.2. Localización

Olefinas cuenta con una planta de producción, una planta instalada en el Municipio de Villa Nueva, Guatemala, con equipos vanguardistas, por sus tecnologías en control de mezclas, altos estándares de calidad y extrusión de películas multicapa para llevar a su más alto nivel el rendimiento y cubriendo necesidades específicas de sus clientes.

### 1.1.3. Ubicación geográfica

La planta de producción se encuentra ubicada en la 1ra Calle 2-01, Zona 6, Villa Nueva. Guatemala.

Figura 1. Mapa de ubicación de la empresa



Fuente: Google Maps.

#### **1.1.4. Actividad productora y comercial**

Grupo Olefinas es una empresa dedicada a la fabricación, comercialización y distribución de productos plásticos para la agricultura, industria, comercial, entre otros. Sus productos pueden ser divididos en cuatro sectores, que son los siguientes:

##### **1.1.4.1. Sector bananero**

La amplia gama de productos bananeros abarca desde el material de embole para protección del fruto en crecimiento, hasta los productos de empaque. Presenta las ofertas más amplias en la industria, ofrece variedad estructural y la experiencia de fabricación necesaria para garantizar lo siguiente; paso de luz certificado, resistencia mecánica, rendimiento garantizado, durabilidad garantizada por cosecha. Los productos claves de este sector son:

Tabla I. **Productos claves del sector bananero**

<b>Productos</b>
Fundas de protección en campo
Bolsas de empaque
Faldillas
Etiquetas y tape bananero
Sogas bananeras
Cintas de edad
Corbatas
Lámina platanera
Bolsa impresa de empaque

Fuente: elaboración propia.

#### **1.1.4.2. Sector agrícola**

Se ofrece una gran variedad de plásticos destinados al sector agrícola, los cuales son utilizados para la protección de cultivos, riego, empaque, entre otros. Se entregan productos de calidad que protegen los cultivos, con tecnologías avanzadas de producción que permiten llevar continuamente las últimas innovaciones de productos a los clientes. Los productos claves de este sector son:

Tabla II. **Productos claves del sector agrícola**

<b>Productos</b>
Acolchados
Plásticos para invernadero
Sogas para tutero agrícola
Liner para reservorios de agua
Túneles
Micro techos hortícolas
Plástico para secado de tabaco
Mangas para riego

Fuente: elaboración propia.

### 1.1.4.3. Sector comercial e industrial

Los productos dirigidos para el área comercial son para la fabricación de productos artesanales con soga, producidos con la tecnología de punta y bajo los más altos estándares de calidad, con la finalidad de logra el más alto desempeño de la soga. Los productos dirigidos al sector industrial ofrecen el mejor empaque y protección a sus productos con un costo efectivo. Los productos claves de este sector son:

Tabla III. **Productos claves del sector comercial e industrial**

<b>Productos</b>
Soga artesanal
Empaque para embalaje de camas y colchones
Empaque para embalaje de tarimas
Bolsas especiales
Película termoencogible
Película encogible en frío
Película con inhibidor de corrosión VCI

Fuente: elaboración propia.

#### 1.1.4.4. Sector etiquetas & tape

Es el proveedor de elección de muchos de los principales fabricantes de las ramas de alimentos, bebidas, cosméticos y laboratorios. Se cuenta con el soporte técnico capaz de proporcionar los diseños de sus artes, así como el asesoramiento sobre la elección de materiales, aplicación de las etiquetas y la resolución de problemas. Los productos claves de este sector son:

Tabla IV. **Productos clave del sector etiquetas & tape**

<b>Productos</b>
Etiquetas agrícolas e industriales
Tape industrial

Fuente: elaboración propia.

## 1.2. Planeación estratégica

Grupo Olefinas ha diseñado planes estratégicos para lograr sus objetivos y metas a corto, mediano y largo plazo. A continuación, se presentan algunos de los planes estratégicos ya establecidos.

### 1.2.1. Misión

“Garantizar que nos clientes reconozcan como proveedor de soluciones de embalaje y revestimientos innovadores, que ofrece un servicio excepcional al cliente y de calidad, es flexible y rápido para responder e invierte y crece con ellos.”<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Grupo Olefinas. *Misión de la Empresa.*



### **1.2.2. Visión**

“Con un enfoque global de la industria y a través del entendimiento de lo que es posible, lo que está disponible y lo que es práctico, trabajar hombro a hombro con cada cliente para identificar necesidades, realizar pruebas de producto y evaluar los resultados finales, para convertirnos en el mejor proveedor nacional.”<sup>2</sup>

### **1.2.3. Valores**

Los valores son los principios sobre los cuales las empresas rigen internamente todas sus actividades, para garantizar a los consumidores que los productos que adquieren son de buena calidad y que los procesos de fabricación se han llevado a cabo con ética y responsabilidad, para no afectar a terceros durante su elaboración. Además, los valores dan confiabilidad al cliente y hacen que se sienta satisfecho con la empresa y con la marca de consumo. En el Grupo Olefinas se trabaja bajo los siguientes valores:

- Un ambiente seguro para todos
- Integridad e imparcialidad siempre
- Centrado en el cliente, fácil de trabajar y flexible
- Empoderamiento y responsabilidad
- Intensidad y velocidad
- Demostrar compromiso y pasión para tener éxito

---

<sup>2</sup> Grupo Olefinas. *Visión de la Empresa*.

#### **1.2.4. Objetivos empresariales**

Los objetivos empresariales son resultados o fines que las empresas desean alcanzar y se esfuerza para lograrlos. Una característica clave de los objetivos empresariales es que deben ser claros, específicos y alcanzables. Además, deben ser medibles en términos cuantitativos para facilitar la función de evaluación y control. Los objetivos empresariales sirven a la compañía para orientar y coordinar la toma de decisiones y las acciones que se toman en todos los niveles de la organización. Los objetivos empresariales del Grupo Olefinas son los siguientes:

- Crear productos de alta calidad a bajo costo y con responsabilidad social.
- Alcanzar la máxima rentabilidad anual.
- Optimizar los procesos de producción a través de tecnología y métodos de trabajo.
- Crear fuentes de empleo que beneficien a nuestros trabajadores y al desarrollo del país.
- Forjar vínculos perdurables con nuestros clientes.

## **2. EXTRUSIÓN DE PELÍCULA SOPLADA**

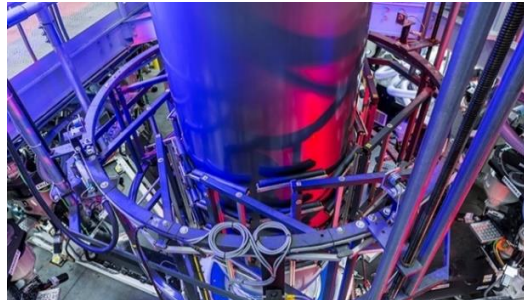
### **2.1. Descripción del proceso**

La fabricación de película soplada es un proceso de una serie de etapas continuas. El proceso inicia con la preparación de la mezcla a utilizar, alimentando la tolva de alimentación o gravimétrico con las resinas, aditivos y colorantes, según sea el producto por fabricar. Al mismo tiempo, se preparan las zonas del extrusor, las cuales deben estar a la temperatura adecuada, superior a la temperatura de fusión, para que la fluidez de la masa sea continua y no se presente aumentos de presión en el proceso.

Luego, la mezcla se introduce al extrusor que, por el aumento de temperatura y las fuerzas mecánicas entre el tornillo y el barril, el material puede fluir a lo largo de extrusor y llegar al dado como un material homogéneo. El material tiene salida en el dado, el que es el encargado de darle la forma tubular a determinado calibre.

Para la formación de la burbuja, se introduce aire el cual se encontrará confinado gracias a que en la parte superior de la línea se encuentran los rodillos de sellado principal que es el encargado de este sello. El anillo de aire es el encargado de darle un espacio vertical en el que se aplica un brusco enfriamiento a la película, esto con el objeto de brindarle la correcta disposición a las moléculas del material sin forzar el proceso y que adquieran las propiedades deseadas.

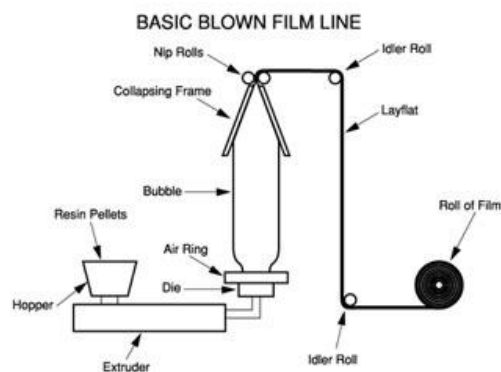
Figura 2. **Formación de burbuja**



Fuente: Davis-Standard. *Blown film*. [https://davis-standard.com/converting\\_system/blown-film/](https://davis-standard.com/converting_system/blown-film/)  
Consulta: agosto de 2018.

Luego de que la burbuja adquiera forma laminar en los rodillos de sellado principal, pasa por una serie de rodillos guías para evitar la formación de pliegues y arrugas, para luego ser bobinado. Entre estos procesos se encuentra tratamientos de película para la impresión en su superficie, creación de texturas, entre otras.

Figura 3. **Proceso de extrusión de película soplada**



Fuente: Industrial Extrusion Machine. *Blown Film Extrusion (Film Blowing)*.  
[www.industrialextrusionmachinery.com/plastic\\_extrusion\\_blown\\_film\\_extrusion.html](http://www.industrialextrusionmachinery.com/plastic_extrusion_blown_film_extrusion.html)

Consulta: agosto de 2018.

### **2.1.1. Extrusión**

La extrusión consiste en convertir la materia prima adecuada en un producto de sección recta específica, forzando el paso del material a través de un dado o molde bajo condiciones controladas.

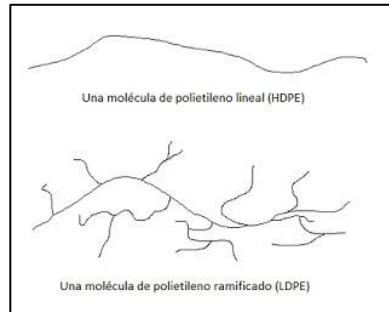
El ejemplo más simple de extrusión es el que se efectúa cuando se presiona con la mano el tubo de pasta dental y se fuerza a salir con una forma determinada por la boquilla. En este caso la presión es proporcionada por la mano lo cual es el análogo de la acción giratoria del tornillo, el tubo representa el análogo del cilindro o barril y por último la boquilla el molde o dado.

### **2.1.2. Polietileno**

El polietileno (PE) es el plástico más común en esta industria por sus características y beneficios, su principal uso es el embalaje. El polietileno es un polímero termoplástico, perteneciente a la familia de las poliolefinas, generalmente, es la mezcla de compuestos orgánicos similares, presentado la fórmula química  $(C_2H_4)_nH_2$ , existen de diferentes tipos con la diferencia del valor  $n$ , que determina la configuración del polietileno.

Una molécula de polietileno es una cadena larga de átomos de carbono, con dos átomos de hidrogeno unidos a cada átomo de carbono. Dependiendo del proceso de fabricación del polietileno, algunos átomos de carbono, en lugar de tener átomos de hidrogeno unidos a ellos, tiene largas cadenas de polietileno, a lo que se le denomina polietileno ramificado o de baja densidad (LDPE). Cuando no existe ramificación se le denomina polietileno lineal o de alta densidad (HDPE). El más fuerte es el polietileno lineal, pero el polietileno ramificado es más barato y más fácil de fabricar.

Figura 4. **Estructura de cadenas de polietileno**



Fuente: RAMIREZ, Mariano. *Polietileno*. <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/07/polietileno-pe.html>. Consulta: agosto de 2018.

### 2.1.2.1. **Historia**

El polietileno fue sintetizado por primera vez por el químico alemán Hans Van Pechmann, que lo preparó por accidente en 1898 mientras calentaba diazometano. Cuando sus colegas Eugen Bamberger y Friedrich Tschiner caracterizaron la sustancia blanca cerosa que se había formado, identificaron el contenido de largas cadenas de metilenos ( $-\text{CH}_2-$ ) y lo calificaron como polimetileno.

La primera síntesis industrial del polietileno fue realizada en el 1933 por Eric Fawcett y Reginald Gibson en Imperial Chemical Industries (ICI). Al aplicar una presión extremadamente alta a una mezcla de etileno y benzaldehído, lo cual produjo un material blanco ceroso, por la contaminación de oxígeno presentes en sus equipos fue muy difícil replicar el proceso. Más adelante se pudo replicar el proceso, obteniendo polietileno reproducible, que se convirtió en la base para el inicio de la producción industrial de polietileno de baja densidad en 1939.

Debido a que el polietileno posee muy baja pérdida de propiedades en las ondas de radio de muy alta frecuencia, se utilizó para producir el aislamiento de cables coaxiales de UHF y SHF de equipos de radar. Durante la Segunda Guerra Mundial, se llevó a cabo más investigaciones sobre el proceso del ICI y en 1944 la Bakelite Corporation en Sabine, Texas, y Du Pont en Charleston, Virginia Occidental, comenzó la producción comercial a gran escala bajo la licencia de Imperial Chemical Industries (ICI).

Se tuvo un mayor avance en la producción comercial de polietileno con el desarrollo de catalizadores que permitían la polimerización a temperaturas y presiones controladas. La familia de catalizadores, basados en metaloceno y Ziegler, ha demostrado ser muy flexible en la copolimerización de etileno con otras olefinas y se han convertido en la base de la amplia gama de resinas de polietilenos disponibles en la actualidad, incluyendo polietileno de muy baja densidad y polietileno lineal de baja densidad.

#### **2.1.2.2. Clasificación y propiedades del polietileno**

El polietileno se clasifica en varias categorías basadas, principalmente, en su densidad y ramificación. Sus propiedades mecánicas dependen en gran medida de variables tales como la extensión y el tipo de ramificación, la estructura cristalina y el peso molecular. Con respecto a los volúmenes vendidos, los grados de polietileno más importantes son el HDPE, LLDPE y LDPE. A continuación, se presentan sus propiedades y aplicaciones.

#### **2.1.2.2.1. Polietileno de alta densidad (HDPE)**

El HDPE está definido por una densidad mayor o igual a  $0,941 \text{ g/cm}^3$ . El HDPE tiene un bajo grado de ramificación y por lo tanto fuertes fuerzas intermoleculares y resistencia a la tracción. La falta de ramificación se asegura por una elección apropiada de catalizador y condiciones de reacción. El polietileno de alta densidad se utiliza en productos y envases, tales como jarras de leche, botellas de detergente, envases de margarina, contenedores de basura y tuberías de agua.

#### **2.1.2.2.2. Polietileno de baja densidad lineal (LLDPE)**

El LLDPE se define por un intervalo de densidad de  $0,915\text{-}0,925 \text{ g/cm}^3$ . Es un polímero sustancialmente lineal con un número significativo de ramas cortas, comúnmente realizados por copolimerización de etileno con alfa-olefinas de cadena corta. Presenta una mayor resistencia a la tracción, mayor resistencia al impacto y a la perforación que el LDPE. Se pueden soplar menores espesores de películas, con una mejor resistencia al agrietamiento, pero no es tan fácil de procesar. El LLDPE se utiliza en envases, en particular en películas para las bolsas y láminas, recubrimiento de cables, juguetes, tapas, cubetas, recipientes y tuberías. Pero su principal aplicación es en películas, debido a su dureza, flexibilidad y transparencia relativa. Ejemplos de estos productos van desde películas agrícolas, hasta películas de múltiples capas y de material compuesto.



### **2.1.2.2.3. Polietileno de baja densidad (LDPE)**

El LDPE se define por un intervalo de densidad de 0,910-0,940 g/cm<sup>3</sup>. Posee un alto grado de ramificaciones en la cadena polimérica, lo que significa que las cadenas no se empaquetan muy bien en la estructura cristalina. Por lo tanto, las fuerzas de atracción intermoleculares son menos fuertes, lo cual se traduce en una menor resistencia a la tracción y el aumento de ductilidad. El LDPE se crea por polimerización por radicales libres. El alto grado de ramificación con cadenas largas le provee propiedades de fluidez únicas y deseables. Se utiliza tanto para aplicaciones de envases rígidos y de películas de plástico tales como bolsas de plástico y películas para envolturas.

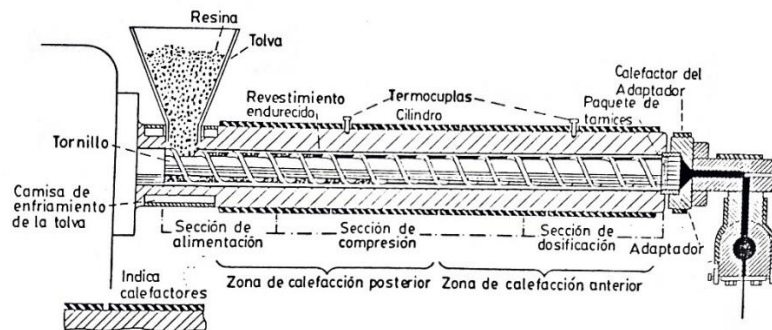
## **2.2. Descripción de elementos de la línea de extrusión**

Una línea básica de extrusión de película soplada está formada por un extrusor, porta mallas, adaptador, dado, anillo de aire, torre estabilizadora, equipo de tiraje y bobinador. A continuación, se dará una descripción de estos y sus partes.

### **2.2.1. Extrusor**

El extrusor es una máquina que recibe resina de plástico en forma de granos y junto con la combinación de calor y presión se convierte en una masa fundida y transportada a lo largo del barril por medio del movimiento giratorio y de empuje del tornillo y así enviarlo al dado o molde.

Figura 5. Sección longitudinal típica de un extrusor



Fuente: Grupo Olefinas. *Manual de capacitación extrusión PE*. p. 12.

### 2.2.1.1. Componentes del extrusor

Una línea de extrusión está compuesta por; motor, caja reductora, sistema de alimentación, barril y tornillo, los cuales se detallan a continuación:

#### 2.2.1.1.1. Motor

El motor es una máquina eléctrica rotativa que convierte energía eléctrica en energía mecánica, la mayoría de los motores utilizados como motor principal en líneas de extrusión, son motores asíncronos trifásicos, debido a su gran par de arranque. En un motor síncrono el flujo de corriente alterna en sus devanados del estator, inducen campos magnéticos que envuelve el rotor, en el cual se generan una fuerza electromotriz de inducción. La acción mutua del campo magnético giratorio y la fuerza electromotriz sobre el devanado del rotor hace que el motor gire.

En las líneas de extrusión se utilizan de diferentes capacidades (HP), lo cual estará sujeto a la capacidad del extrusor, el motor será acoplado a una caja reductora y así poder transmitir la energía mecánica al tornillo a una menor velocidad.

Figura 6. **Motor de extrusor**



Fuente: Grupo Olefinas.

#### **2.2.1.1.2. Caja reductora**

Las cajas reductoras comprenden un conjunto de engranajes diseñados para la transmisión de potencia de un eje a otro, disminuyendo la velocidad de salida en relación con la de entrada, las velocidades de la mayoría de extrusores van desde 0 a 100 rpm.

Es muy importante tomar en cuenta la potencia mecánica a transmitir, al momento de seleccionar la caja reductora. Dado la potencia que se trabaja en los extrusores de este tipo de líneas de producción, se utilizan cajas reductoras separados del motor, las cuales pueden ser acopladas por medio de fajas y poleas o un acople directo.

En este tipo de cajas, es importante mencionar el empuje que recibirá del tornillo del extrusor, por la acción de empuje del material hacia el dado. El encargado de absorber esta contrafuerza será cojinete de empuje del tornillo del extrusor, el cual se encuentra ubicado en el eje de salida de la caja reductora.

Figura 7. **Caja reductora de engranajes**



Fuente: Grupo Olefinas.

#### **2.2.1.1.3. Sistema de alimentación**

La alimentación del extrusor se realiza por medio de tolvas o gravimétricos los cuales por acción manual o un sistema de vacío se cargan con el material que requiere la fórmula del material a fabricar.

La garganta de alimentación y parte de la sección de alimentación de tornillo, deben ser enfriadas interiormente por agua, para evitar que los gránulos de resina se fundan prematuramente y se adhieran a la garganta, bloqueándola, antes de llegar al tornillo. Si esto llegara a ocurrir, puede disminuirse la alimentación o detenerse y, por lo tanto, reducir o detener la producción.

Figura 8. **Gravimétrico montado en extrusor**



Fuente: Grupo Olefinas.

#### **2.2.1.1.4. Barril**

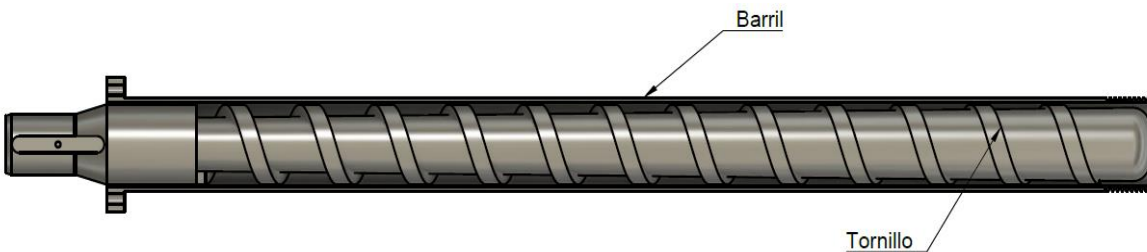
El barril tiene la tarea albergar en su interior del tornillo y tener montado el sistema de calentamiento y enfriamiento. Su superficie debe tener un gran coeficiente de fricción para aumentar las fuerzas de cizalla a las que se somete el material y permitir así que este fluya a lo largo del extrusor. Para evitar la corrosión y el desgaste mecánico, el cilindro suele construirse de acero de alta resistencia y en algunos casos con un revestimiento superficial bimetálico en su interior para aumentar su resistencia, la cual debe ser mayor a la del tornillo.

El barril posee sistemas de transferencia de calor, en la zona de alimentación, para que esta zona se encuentre por debajo de la temperatura de fusión del material y así evitar el taponamiento de la entrada.

Ahora, el sistema de calentamiento en su mayoría de casos está formado por resistencias eléctricas circulares a lo largo del extrusor. El barril se divide en varias zonas de calentamiento, al menos tres, para poder crear el gradiente de temperatura que se necesita desde la zona de alimentación hasta el adaptador de salida del extrusor.

Por otro lado, el barril tendrá montado un sistema de enfriamiento, para mantener las temperaturas estables en el *set point*. Este sistema en su mayoría de casos está formado por ventiladores para la transferencia de calor. Hay que tener en cuenta que, por zona, se cuenta con un sensor de temperatura, el cual nos controlara la alimentación de las resistencias y ventiladores.

Figura 9. **Barril del extrusor**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Fusion 360.

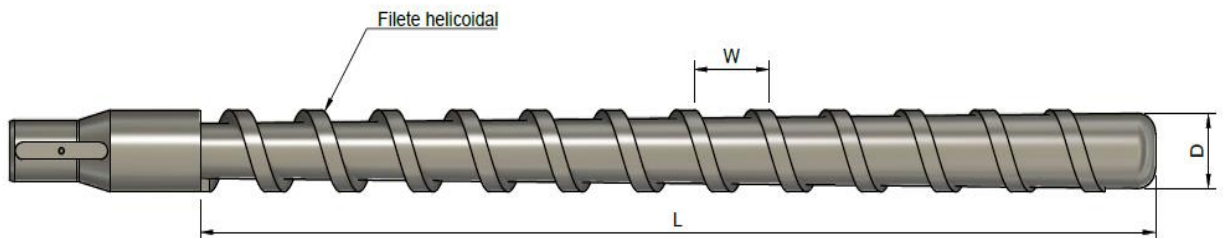
#### 2.2.1.1.5. **Tornillo**

El tornillo consiste en un cilindro largo rodeado por un filete helicoidal, es una de las partes más importantes del extrusor ya que contribuyen a realizar las funciones de transportar, calentar, fundir y mezclar el material.

La estabilidad del proceso y la calidad del producto dependen en gran medida del diseño del tornillo. Los parámetros más importantes en su diseño son su longitud, diámetro, ángulo del filete y pasó de la rosca.

El material que ingresa al extrusor se va presurizando a medida avanza en su interior, comenzando con presión atmosférica en la tova y aumentando hasta la salida por la boquilla. La sección de paso del tornillo no es constante, sino que es mayor en la zona de alimentación o en otras palabras posee una mayor profundidad de filete. Independientemente del material que se vaya a trabajar se tiene tres zonas en las cuales se puede dividir el tornillo: zona de alimentación, zona de compresión y zona de dosificación.

Figura 10. **Tornillo de extrusor**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Fusion 360.

#### **2.2.1.2. Especificaciones del extrusor**

Para la sección de un extrusor es necesario tomar en cuenta cuatro especificaciones, en base a la capacidad de producción en la línea de extrusión, las cuales son: Diámetro de cilindro, relación de longitud/diámetro, relación de compresión y configuración del tornillo.

#### **2.2.1.2.1. Diámetro de cilindro (D)**

Es representativo del tamaño del extrusor y afecta en gran medida la velocidad del flujo. El caudal del material que puede proporcionar el extrusor es proporcional al cuadrado del diámetro del tornillo.

#### **2.2.1.2.2. Relación longitud/diámetro (L/D)**

Para un diámetro dado, la capacidad para fundir, mezclar y homogenizar a una velocidad de giro determinada crece al aumentar la longitud del tornillo y, por lo tanto, la relación L/D. Sin embargo, los tornillos excesivamente largos son difíciles de construir y de alinear dentro del cilindro, de modo que no resulta operativos. La relación L/D típica para la extrusión de polímeros termoplásticos varía generalmente entre 24:1 y 30:1.

#### **2.2.1.2.3. Relación de compresión**

Una definición exacta de este parámetro es la relación volumétrica de las vueltas del filete en las zonas de alimentación y de dosificación. Se suele expresar en términos de relación de profundidades del canal en ambas zonas, una aproximación que únicamente es válida si el ángulo de los filetes y la anchura del canal se mantienen constantes.

Las relaciones de compresión varían típicamente entre 2 y 4, es importante mencionar que una zona de dosificación de pequeña profundidad impone mayor fuerza de cizalla sobre el material fundido, y se asocia también como un gradiente de presión.

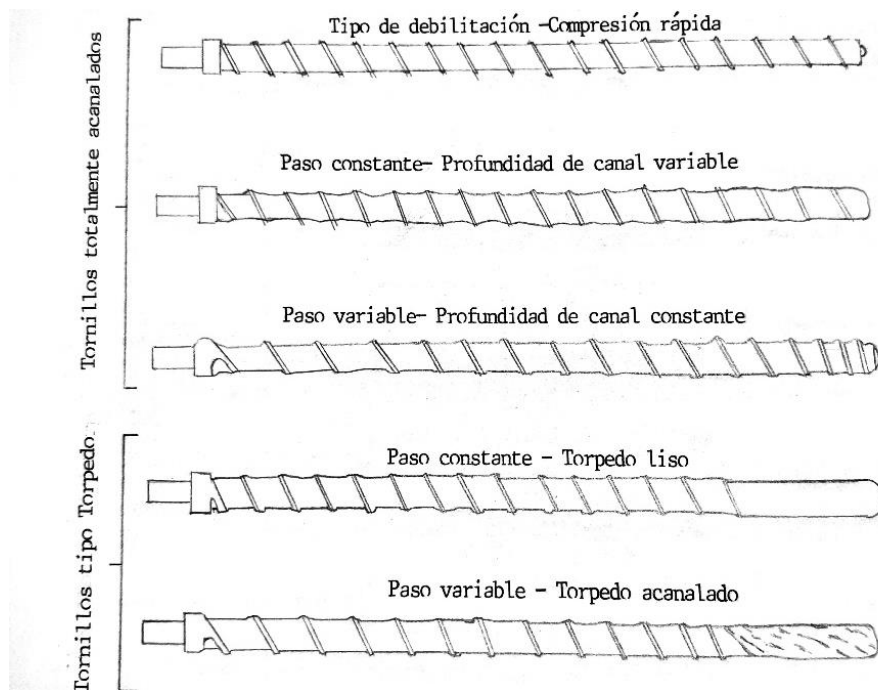


#### 2.2.1.2.4. Configuración del tornillo

Un aspecto de gran importancia que se debe tomar en cuenta antes de la selección de las anteriores especificaciones del extrusor es el diseño geométrico de las zonas del tornillo.

Esta decisión depende del diseño del adaptador y del caudal de material, sino también de las características de fusión del polímero, de su comportamiento y de la velocidad del tornillo. Un tornillo simple, de tres zonas, se define usualmente según el número de vueltas de hélice en las zonas de alimentación, compresión y dosificación.

Figura 11. Configuraciones comunes de tornillos de extrusión



Fuente: Grupo Olefinas. *Manual de capacitación extrusión PE*. p. 15.

### **2.2.1.3. Descripción del funcionamiento del extrusor**

A continuación, se describen los mecanismos por lo que tienen lugar las tres funciones que se realizan en el extrusor; transporte de sólidos o alimentación, compresión o fusión y la dosificación.

#### **2.2.1.3.1. Alimentación**

Una vez que el material ingresa al interior del canal de la extrusora, el mecanismo de transporte se debe al empuje o arrastre. Este tipo de flujo tiene lugar debajo de la tolva a lo largo del tornillo en una distancia relativamente corta. En esta sección el tornillo tiene un filete profundo, el cual le permite enviar un gran volumen de material a la siguiente zona.

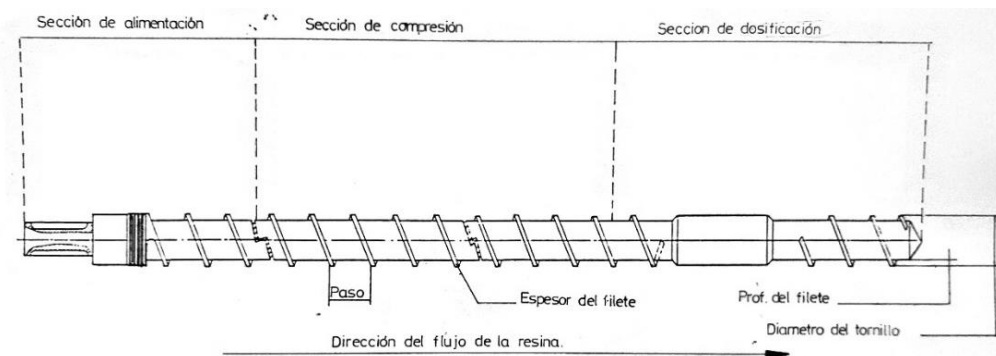
#### **2.2.1.3.2. Compresión**

La zona de alimentación finaliza cuando se empieza a formar una fina película del polímero fundido. La fusión se iniciará como consecuencia del calor de la superficie del barril y del generado por la fricción a lo largo de las superficies del barril y del tornillo. En esta sección el filete va decreciendo en su profundidad, aquí la mezcla es comprimida, fusionada y mezclada.

### 2.2.1.3.3. Dosificación

La zona de dosificación inicia en el punto en que todas las partículas de polímero han fundido, esta funciona como una bomba que empuja hacia la salida del extrusor como resultado del giro del tornillo y de la configuración helicoidal del mismo. En esta sección el filete ha decrecido lo máximo posible, consta con una sección igual a lo largo de toda la sección, con esto se logra originar la suficiente presión y temperatura para obtener una mezcla constante.

Figura 12. Transición gradual del tornillo



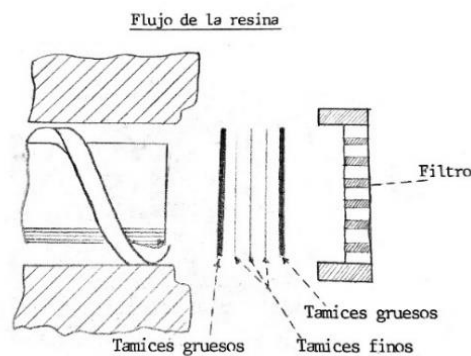
Fuente: Grupo Olefinas. *Manual de capacitación extrusión PE*. p. 16.

### 2.2.2. Portamallas

Luego de que el material haya pasado a lo largo del extrusor, la mezcla fundida pasa a través del portamallas el cual está formado de un paquete de mallas y el filtro o plato rompedor, para luego continuar al adaptador que se conecta con el dado. Las mallas sirven como filtros para materiales extraños que puedan haber ingresado al extrusor por el sistema de alimentación, o trozos de material del tornillo o barril debido al desgaste.

Las mallas deben adaptarse exactamente a diámetro interior del plato rompedor, en su mayoría son fabricados de acero inoxidable y de diferentes calibres. El ordenamiento correcto es, malla gruesa, fina, gruesa y el plato rompedor. El objeto de esta disposición es filtrar al máximo las impurezas según su tamaño y además la malla gruesa que va pegada al plato, por su espesor actuara como soporte y evitara que las mallas finas se puedan perforar en los orificios del plato debido a la gran presión que ejerce la mezcla a la salida del extrusor.

Figura 13. **Ordenamiento correcto de las mallas**



Fuente: Grupo Olefinas. *Manual de capacitación extrusión PE*. p. 18.

Siguiendo el paso del material hasta el dado, se encontrará con el plato rompedor, el cual es un disco que esta perforado con un número de agujeros equidistantes; generalmente de 1/8" a 1/4" de diámetro. Entre sus funciones están; servir de soporte para el paquete de mallas y reforzar su acción, desarrollar un aumento de presión que permite mejorar el mezclado de la mezcla en el extrusor, cambiar el flujo en espiral a lineal.

Figura 14. **Portamallas tipo cambiador manual**

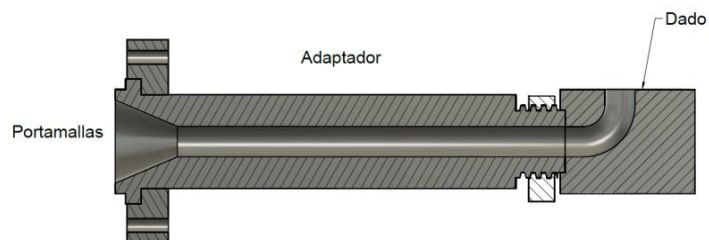


Fuente: Grupo Olefinas.

### 2.2.3. **Adaptador**

El adaptador es el encargado de guiar la resina fundida desde el portamallas hasta el dado con el mínimo estancamiento. Un flujo no uniforme significará zonas de estancamiento donde la mezcla puede detenerse, recalentarse y descomponerse químicamente. La forma del canal de conducción del adaptador debe tener cambios prudentes en diámetros y trayectorias.

Figura 15. **Sección longitudinal de un adaptador**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Fusion 360.

#### **2.2.4. Dado o molde**

La función del dado o molde es moldear la mezcla luego de pasar por diferentes procesos en el extrusor, a través de una abertura angosta. Este proceso, en el cual se moldea la mezcla, debe ser realizado libre de imperfecciones y a una temperatura determinada para que el material no se degrade en el paso de las diferentes zonas del dado. Es importante mencionar que, en cualquier dado, existirá un gradiente de temperatura, la cual disminuirá conforme el material avanza en él.

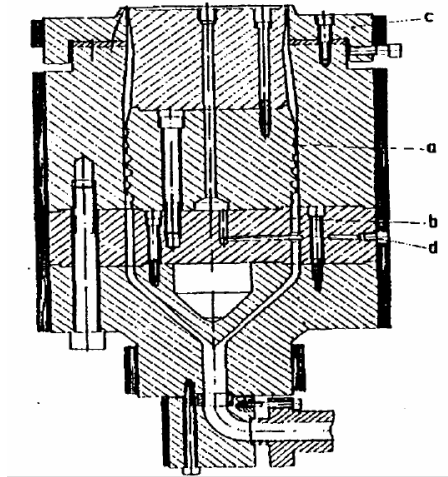
En la industria se conocen tres tipos de dados de soplado: los de tipo araña, eje espiral y alimentación lateral.

##### **2.2.4.1. Dado tipo araña**

Este tipo de dado es el más utilizado en la industria, el termino araña se deriva del anillo de soporte con elementos radiales con forma de patas de araña, que conectan con el eje y el componente interno sólidamente al cuerpo del dado. Estos se utilizan cuando son necesarias tolerancias de densidad estrechas.

La araña o llamada también placa de contención, divide la mezcla por un corto tiempo, pero ocasiona que aparezcan líneas de soldadura. Estas deben ser eliminadas usando un dispositivo de engrase que provoque que el eje principal del chorro sea envuelto en una forma circular al ser desviado el flujo de la mezcla. Entre sus ventajas se observa en la alimentación del eje, y esto colabora para una mejor distribución uniforme de la mezcla a la salida del dado.

Figura 16. Dado tipo araña



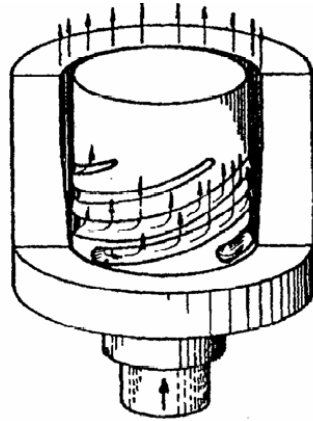
a. Dispositivo de engrase b. Anillo de araña c. Centro d. Entrada de aire interior

Fuente: Stein, P. *Entwicklungsstand bei Bändchengeweben*. p. 376.

#### 2.2.4.2. Dado en eje de espiral

La forma de construcción de este tipo de dados favorece las operaciones de alto rendimiento. La mezcla es alimentada hacia el dado y luego a través de canales radiales al eje espiral. Las dimensiones de la espiral se seleccionan en función de una mejor distribución de la mezcla a lo largo de toda su longitud, la cual es lo más uniforme posible. Un dado de eje espiral para polietileno de alta densidad se reconoce porque tiene más espirales y es más alto que el de baja densidad.

Figura 17. **Dado tipo espiral**



Fuente: Stein, P. *Entwicklungsstand bei Bändchengeweben*. p. 377.

### **2.2.4.3. Dado de alimentación lateral**

Los dados de alimentación lateral se usan poco, por su forma de operación, el chorro de mezcla se distribuye alrededor del eje por medio de ranuras en forma de corazón en la superficie exterior.

Los dos chorros de mezcla se encuentran, aparecen marcas soldadas visibles en la película soplada; por otro lado, la cabeza del dado se debe centrar de nuevo cuando se cambia el rango del rendimiento de la mezcla, debido al cambio en las fuerzas del eje de alimentación lateral.



### 2.2.5. Anillo de enfriamiento

Luego de que la película sale del dado, se solidifica por medio de un enfriamiento brusco, debido a un flujo de aire frío a baja temperatura proveniente del anillo de enfriamiento. Esto brinda estabilidad a la burbuja, por medio de la uniformidad de flujo de aire. El aire que brinda el anillo de enfriamiento proviene de un intercambiador agua-aire. Este aire ingresa al anillo de enfriamiento por medio de ductos estratégicamente ubicados.

Los anillos de enfriamiento más utilizados en la actualidad se diseñan con cámaras de presión de una o dos estaciones, para lograr uniformidad de espesores y eficiencia de enfriamiento. El anillo se selecciona con base en la capacidad de enfriamiento y se relaciona con la capacidad del dado sobre el que está instalado.

Figura 18. Anillo de enfriamiento



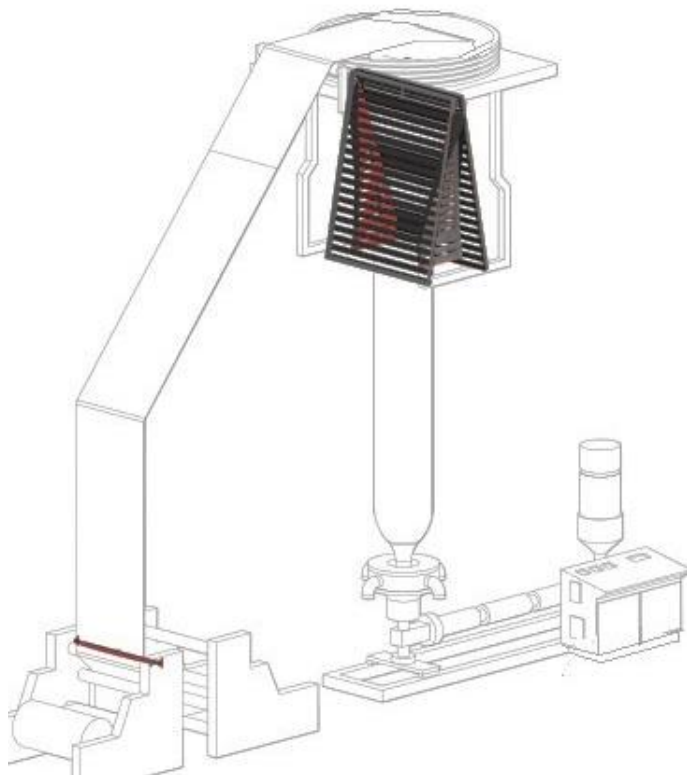
Fuente: Grupo Olefinas.

### 2.2.6. Torre estabilizadora

Está antes de los rodillos de sellado principal y ayuda a la transición lenta de forma tubular a laminar de la película, además estabiliza el globo en su paso de enfriamiento.

Las persianas de la torre estabilizadora se fabrican de madera con cubiertas plásticas que pase la película con la menor fricción posible. En los extremos laterales de la torre estabilizadora, se pueden instalar fuelles para fabricar rollos de mayor ancho y embobinarlos en un menor ancho.

Figura 19. **Torre estabilizadora**



Fuente: Pearl Technologies Inc. *Catalogo extrusión*. p. 5.

### **2.2.7. Sistema de tiraje y moldeo**

Moldeo se le denomina al proceso en el cual la película pasa de ser una forma cilíndrica, a una laminar, a través del recorrido que realiza desde la persiana y los rodillos de sellado principal hasta que es embobinada.

La principal función del tiraje es mantener la tensión en la película, sus elementos principales son los rodillos de sellado principal, rodillos de sellado secundario y los rodillos de paso. Entre los rodillos de sellado se regula la tensión a la cual baja la película desde la parte superior de la línea hasta el nivel del bobinador, por otro lado, los rodillos de paso permiten hacer diferentes configuraciones de paso de la película para diferentes procesos con podemos mencionar; tratamiento, impresión, perforación, sellado, precortado, entre otros.

### **2.2.8. Bobinador**

El bobinador realiza el embobinado del producto en un centro de cartón o tubo de PVC sobre una barra desmontable. Este procederá a su conversión o a su embalaje como producto terminado.

Es importante mencionar que el proceso del bobinador se inicia al recibir la película de los rodillos de sellado secundario, en bobinador existirá una configuración de rodillos que permitan embobinar el material. Existe de dos tipos, tipo torreta y tipo superficie, los dos son muy versátiles y eficientes, la gran diferencia entre uno y otro será el espacio físico que ocupa. Por último, es importante resaltar que el procedimiento de embobinado es continuo por lo cual lo más modernos posee sistemas de corte automático y de cambio de barra.

Figura 20. **Bobinador tipo superficie**



Fuente: Grupo Olefinas.

### **2.2.9. Panel de control**

En los paneles de control se encuentra todo aquellos dispositivos eléctricos y electrónicos que encargan de recopilar información y controlar las diferentes variables existentes en la línea, entre ellos podemos mencionar; variadores de frecuencia, controles termorregulados, contactores, termocuplas, portafusibles, transformadores de corriente, entre otros. Los dos controles más importantes son el de temperatura y velocidad.

#### **2.2.9.1. Control de temperatura**

Tanto el extrusor como el dado, están divididos por zonas, debido a los gradientes de temperatura a los cuales son sometidos el material a lo largo de su fabricación, es por ellos que se necesita tener la temperatura de cada una de ellas, para ello se utiliza una termocupla.

El resultado de la medida de esta entra en el control termorregulador, el cual manda una señal de cierre o apertura de los contactores que alimentan las resistencias o ventiladores en el caso del extrusor, para poder variar la temperatura y poder llevar esta variable lo más cerca del *set point* establecido.

#### **2.2.9.2. Control de velocidad**

Por otro lado, la velocidad del motor del extrusor se relación con la velocidad del sistema de tiraje y el bobinador, lo cual es importante para mantener una tensión adecuada en toda la película y evitar el bloqueo de está. La variable de entrada de las velocidades se obtiene a través de los encoder ubicados en; motor principal, rodillos de sellado principal, rodillos de sellado secundario y bobinador.

El control de las velocidades de los motores se gobierna por medio de un variador de frecuencia, el cual es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor y así lograr controlar la velocidad línea y tensión de la película a lo largo de toda la línea.



### **3. GENERALIDADES DEL DISEÑO**

Se analizó la forma como se realiza un diseño en general, es decir, se dio una descripción de cada uno de los pasos del proceso y una breve explicación de cada uno de ellos, para entender todo lo que se consideró en el diseño. Además, se definió el trabajo que hará la máquina, junto con sus especificaciones generales, requerimientos técnicos y la capacidad de la misma.

La primera fase del diseño de un prototipo comienza con el reconocimiento de una necesidad, este aspecto del diseño puede tener su origen en un número cualquier de causas. La industria, constantemente, necesita diseñar equipo y máquinas para la mejorar de procesos. Se podrá pensar en muchas otras necesidades que hagan resurgir problemas de diseño en ingeniería, independientemente de la causa, un aspecto importante es reconocer que existe la necesidad de usar la experiencia y el sentido común para plantear una solución a las necesidades encontradas.

Luego de reconocer las necesidades, se continúa con la segunda, la cual consisten en identificar las especificaciones y requisitos, sus requisitos deberán estudiarse con mucho cuidado. Muchos designan a esta área como diseño y requisito para su realización. Con frecuencia, la parte inicial de un proyecto resulta interrumpida en este punto, debido a que las especificaciones están dadas en términos muy generales, es decir, que usualmente el cliente tiene solamente una vaga idea de lo que desean.

Luego haberse presentado las especificaciones y requisitos que han sido planteadas, aceptadas y sometidas a considerar, la tercera fase del diseño, es hacer un estudio de posibilidades. La finalidad de este estudio es verificar el posible éxito o falla de una propuesta, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

El estudio de posibilidades, simplemente, indica que debe hacerse uso del juicio y de la experiencia para determinar, que se han obtenido los objetivos del diseño a través de la buena práctica de la ingeniería y que este esfuerzo será realizado en forma económica. Con bastante frecuencia, como resultado del estudio de posibilidades, se hacen cambios en las especificaciones y requisitos para que el proyecto tenga una mayor posibilidad de éxito.

Luego de haber realizado el estudio de posibilidades, en la cuarta fase se debe hacer una síntesis de diseño creativo, esta parte constituye un reto, siendo una parte muy interesante del diseño.

Tras tener claro la propuesta de los diseños para solventar las necesidades encontradas y que estos cumplan con las especificación y requisitos. Es necesario decidir, cuál de las soluciones se usará para el diseño preliminar y desarrollo. En quinta fase, se hacen dibujos mostrando máquinas o sistemas separados, para determinar la configuración total y para establecer relaciones funcionales entre las diferentes partes de la máquina o sistema. Estos dibujos deben tener todas las dimensiones y notaciones importantes, así como también vistas seccionales auxiliares que expliquen completamente el diseño propuesto.



Durante esta fase raramente se logran todas las especificaciones y requisitos, por tanto, se regresa al diseño preliminar y desarrollo hasta las especificaciones y requisitos, indicando con este la necesidad de reducir algunas especificaciones a fin de efectuar el diseño completo.

Luego de tener claro el diseño preliminar se procede con la sexta fase, que consiste en realizar el diseño detallado. Este se refiere al aparejo actual y dimensionamiento de todos los componentes individuales, tanto de los fabricados como de los comprados, que constituyen el producto total, dispositivo o sistema. Se elaboran por separado dibujos detallados de cada uno de los componentes, mostrando todas las listas necesarias y todas las dimensiones y tolerancias, el material y el tratamiento térmico si lo requiere, la cantidad de cada uno de los componentes por ensamble, el nombre de los componentes y quizá el número del dibujo del ensamble donde va a usarse la parte del componente. El criterio es que la información dada en los dibujos debe ser tal que en el taller se sepa específicamente como va a fabricarse la pieza.

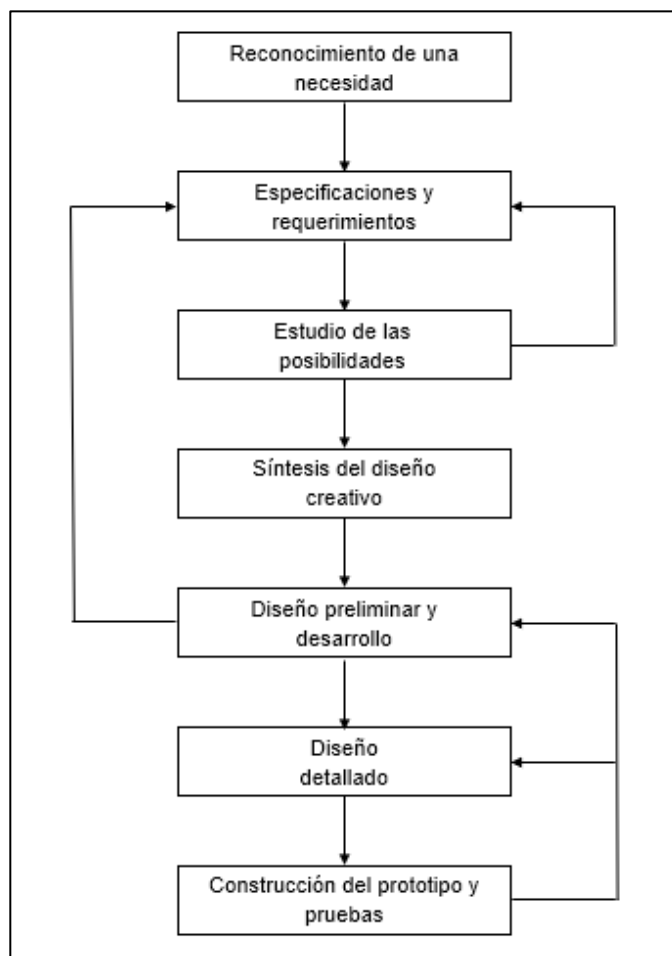
Luego de realizar el diseño detallado, se termina con la séptima fase, en la cual se procede con la construcción de prototipo y realizar las pruebas necesarias, después de haber completado todos los detalles, deberá enviar al taller los dibujos subensambles y ensambles, incluyendo los materiales y lista de las partes del diseño completo para la fabricación del modelo o prototipo.

En esta etapa, se fabrican las partes, se compran los componentes comerciales y la máquina o sistema después del ensamble esta lista para su evaluación y prueba. Al final del periodo de prueba, se podrán o no conocer las piezas y dimensiones que requieran cambios o modificaciones.

Este procedimiento de hacer continuas revisiones y mejoras al diseño se repite hasta que el encargado del diseño quede satisfecho y de que se cumpla con las especificaciones estipuladas.

La descripción anterior, no está descrita en todos sus detalles, así como también no es la única trayectoria en el diseño de una máquina o equipo, pero será una guía para la elaboración de este trabajo de graduación.

Figura 21. **Diagrama de flujo de un diseño**



Fuente: elaboración propia.

### **3.1. Antecedentes**

En la actualidad la industria del plástico es una de las más grandes a nivel mundial, conforme el pasar de los años, han surgido necesidades que satisfacer, lo que conlleva al desarrollo y mejora de procesos de producción y conversión.

En Grupo olefinas se producen diferentes películas, las cuales son utilizadas en diferentes mercados, en este caso se fijará la atención en las películas utilizadas por clientes en la industria salinera, tabaquera y acuícola. Los productos son los siguientes:

- Olesal es una película diseñada para la producción de sal a través del proceso de evaporación de agua de mar. Además, puede ser utilizada para el recubrimiento de reservorios de agua, recubrimiento de canales y el recubrimiento de piscinas para la producción acuícola. Se fabrica, en anchos hasta de 8 m, largos de hasta 100 m y calibres que van desde 6 hasta 15 milésimas de pulgada.
- Acolchados o Mulch. Esta película se fabrica tres clases diferentes, los cuales ofrecen todas las ventajas de la técnica de acolchados además de permitir una solución única, dependiendo de las necesidades del productor, el cultivo y las características climáticas del área de producción. Se fabrican, en anchos entre 1 a 2 m, largos de hasta 80 m y calibres de 0,7 y 1,5 milésimas de pulgada.
- Curaplast: es una película utilizada para secar tabaco, puede ser utilizada para deshidratación y secado de otros productos como los cítricos, la madera, el ajo, el café, entre otros. Se fabrica, en anchos hasta de 6 m, largos desde 6 a 60 m y con un calibre de 6 milésimas de pulgada.

Las películas mencionadas tienen dimensiones límites, las cuales se encuentran limitadas por las capacidades de los equipos de las líneas de producción en los que se fabrican. Algunas tareas en las que se utilizan estas películas, necesitan un mayor ancho y largo. Por ello, es necesaria la unión de película con película en un extremo en su largo total, lo cual se realiza por medio de un sellado que se aplicará en el lugar a utilizarse, el sellado se logra por medio del calentamiento de una sección de la película y la aplicación de presión, cuando sea necesaria para que las dos películas se fundan y unan para obtener un sellado efectivo.

El método actual se realiza por medio del uso de una plancha convencional, calentando y aplicada presión de forma manual a lo largo de toda la película, para realizar el sello. De acuerdo con este procedimiento, el método actual es deficiente, inseguro y de alta fatiga para el personal que lo realiza, por lo que se reconoce la necesidad de otro método de sellado.

Figura 22. **Método de sellado actual**



Fuente: elaboración propia.

### **3.2. Especificaciones generales**

Luego de haber identificado la necesidad de un nuevo método de sellado de la película en el campo, se propuso el diseño y la fabricación de una máquina selladora. A continuación, se identifican las especificaciones generales que se necesita que cumpla la máquina selladora:

- El sello debe ser de 3 mm de ancho, con 20" de largo.
- El sellado debe ser aplicado de mecanismo sencillo, de mínima complejidad y fácil de operar.
- El movimiento del cabezal de sellado debe ser lineal.
- La fuerza que se aplique al mecanismo debe ser ejercida desde una postura de pie, por una persona.
- La máquina deberá ser alimentada por un generador móvil externo, y este debe alimentar únicamente las resistencias para el calentamiento de sello.
- Debido a que el sello se realiza a películas que son utilizadas para el almacenamiento de agua, el cabezal de sellado deberá realizar un sello doble al mismo tiempo, la distancia entre los sellos debe ser de 1".
- La máquina debe ser fácil de transportar en diferentes terrenos, por lo cual debe contar con llantas para su movilización.
- Dado que la máquina será utilizada en diferentes productos, se deberá poder modificar la temperatura de sellado.
- La máquina deberá tener un alojamiento, en el cual la película, podrá ser colocada alineada sencillamente.
- Cuando se realice el sello, debe ser uniforme a lo largo y ancho, por lo que su apoyo debe ser resistente, además de poder adecuarse a la forma de estas para que el sellado sea efectivo.

### **3.3. Requerimientos técnicos**

Luego de haber establecido las especificaciones generales, se definen los requerimientos técnicos de la máquina selladora. Se ha establecido el trabajo que se necesita que haga la máquina y además se ha determinado qué trabajar con electricidad y por medio de un mecanismo manual, se hace mención de los requerimientos técnicos básicos:

- Fuente de alimentación, para su funcionamiento se necesario una fuente de alimentación eléctrica de 220 V, 4500 W., a partir de estos se podrán seleccionar los elementos eléctricos, sus capacidades y el panel para poder almacenar el control eléctrico.
- Transporte, para su movilización la máquina selladora contara con 4 ruedas todo terreno de 15" x 6", con aro de metal y cojinete de bolas sellado para eje de  $\frac{3}{4}$ ".
- Operación, para poder realizar la tarea se necesitarán a 3 personas, una persona para operar el mecanismo de sellado y dos personas para levantar, colocar y acomodar la película dentro de la máquina para su sellado.
- Control de temperatura, para el control de la temperatura de sellado se instalar un control termorregulador para cada resistencia.

### **3.4. Capacidad de la máquina**

Debido a que el proceso de sellado se ha realizado de manera manual, se tendrán dos variables de operación por controlar: el tiempo de sellado y la temperatura de sellado.

Para el control de temperatura, se ha definido que la máquina contará con un termostato para la temperatura de sellado. La temperatura promedio para los diferentes tipos de películas es de 250 °C, por lo que se programará el control termostato dentro de un rango de temperatura de 150 a 350 °C de tal forma que se cuente con un amplio rango de temperaturas para hacer el sellado.

Para el control del tiempo de sellado se harán pruebas con diferentes tiempos de sellado, cada una de las películas necesitará un tiempo específico dependiendo del calibre y las condiciones ambientales a los que se realiza el proceso. En promedio se estima que será de 3 a 5 segundos, la experiencia del operario determinará el tiempo correcto para un sello efectivo, para los diferentes tipos de películas.

### **3.5. Componentes principales**

Una máquina es un conjunto de componentes ensamblados de cierta forma, para realizar una tarea específica. Por ello, se mencionarán los componentes de mayor importancia, con sus características, especificaciones técnicas y cómo se seleccionaron.

#### **3.5.1. Mecanismo de sellado**

Para este mecanismo se buscaron mecanismo de eslabones articulados, los cuales pudieran tener como resultante un movimiento lineal, independiente del movimiento de entrada al mecanismo, los mecanismos que cumplieran con estas características son los siguientes:



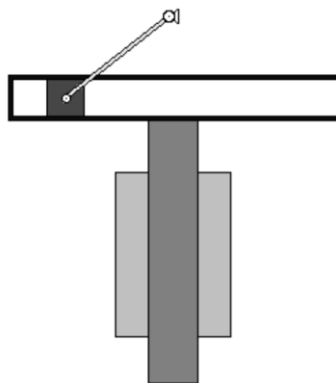


### 3.5.1.2. Yugo escocés

Básicamente realiza la misma función que una manivela simple, pero el movimiento de salida lineal es una senoide pura y puede ser usado para obtener mecánicamente un movimiento armónico simple. El mecanismo se puede usar para obtener un movimiento lineal a partir de un movimiento circular o viceversa.

El yugo escocés es una opción debido a salida de movimiento lineal que se genera tras la entrada de un movimiento circular, la entrada en este sistema sería por medio de un timón.

Figura 24. Yugo escocés



Fuente: elaboración propia, empleando Working Model.

Luego de encontrar los mecanismos que cumple con las características técnicas que se necesita en la máquina selladora, se elaboran las propuestas y se evalúa cuál de acuerdo con términos técnicos y económicos conviene más, para usarla en la máquina.

### **3.5.2. Componentes mecánicos**

Son los elementos que realizan una tarea mecánica en la máquina, reciben fuerzas, transmiten movimiento, realizan uniones entre elementos, entre otros. Los componentes mecánicos más importantes son los tornillos, resorte helicoidal y anillos de seguridad DIN 471. A continuación, se detallará su funcionamiento, sus características técnicas y su selección.

#### **3.5.2.1. Tornillos**

Son elementos mecánicos, formados de un cilindro con un filete helicoidal y cabeza. Se utilizan para unir diversas partes de una máquina. Para seleccionarlos se deben conocer los tipos de roscas de uso comercial, así como el método para especificar las tolerancias deseadas para el montaje con tornillos y tuercas.

Para sujetar, se emplean principalmente las roscas, es decir, las métricas o internacionales y las inglesas o whitworth. Se suele usar la siguiente terminología para las roscas de tornillos:

- Diámetro efectivo ( $D$ ), se le llama así al cilindro coaxial con él que corta a la rosca a tal altura que la anchura de la rosca es igual a la del espacio libre.
- Paso ( $P$ ), se llama así a la distancia medida paralelamente al eje desde un punto de un hilo de rosca al punto correspondiente del hilo adyacente.
- Angulo de rosca ( $2\alpha$ ), se le llama así al ángulo formado entre las paredes de la rosca en un plano axial.
- Avance ( $l$ ), en las roscas múltiples el avance es la distancia que recorre la tuerca en una vuelta.

Figura 25. Partes de un tornillo

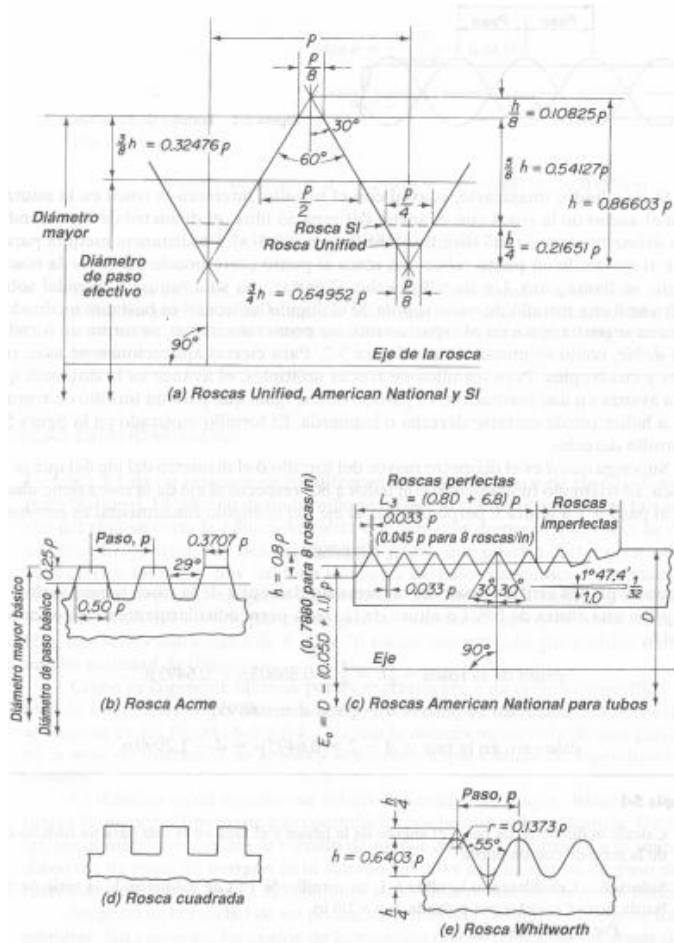


Fuente: ROSALES, Cesar J., *Tornillos*. [http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material-107/operadores/ope\\_tornillo.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material-107/operadores/ope_tornillo.htm). Consulta: septiembre 2018.

Los tipos de roscas varía de las otras por la forma de la rosca y el ángulo de rosca con el que se fabrican, estos son algunos tipos de rosca:

- La rosca unificada es de uso general en pernos y espárragos. El ángulo de rosca es de  $60^\circ$ , la forma básica de la rosca es la indicada en la figura 26 (a).
- Para tornillos de guía y transmisión de potencia se emplea con frecuencia la rosca Acme, tiene un ángulo de  $29^\circ$  representada en la figura 26 (b).
- Existe una proporción normalizada de la rosca para tubos de la *American National*, están dadas en la figura 26 (c). Este tipo de rosca se caracteriza por su conicidad juntamente con el fondo y cresta planos más pequeños, lo cual brinda una junta hermética para los fluidos.
- Las roscas cuadradas y en diente de sierra representadas en la figura 26 (d) se utilizan para transmisión de energía.
- La rosca *whitworth*, representada en la figura 26 (e), tiene un ángulo de  $55^\circ$ .

Figura 26. Tipos de roscas



Fuente: SPOTTS, M. F. *Elementos de máquinas*. p. 293

La siguiente tabla da un resumen de los diversos tamaños y pasos para roscas de tipo unificado y nacional americano. Como tamaño de un tornillo se indica el diámetro mayor o el de la barra sobre la que se ha tallado la hélice. Debe observarse que los tamaños inferiores a 6,35 mm se designan por números.

En general, existen dos pasos, grueso y fino, posibles en cada diámetro. Para ciertos tamaños; existe también una serie de pasos extrafinos. Existen tres series adicionales de roscas de 8, 12 y 16 hilos por pulgada que pueden cortarse en una amplia variedad de diámetros.

Figura 27. Dimensiones de las roscas de tipo unificado y nacional americano

Tamaño	Diámetro exterior o mayor, pulg.	Serie gruesa			Serie fina			Serie extrafina			Lado de la tuerca hexagonal.
		Hilos por pulg.	Diámetro efectivo, básico, pulg.	Sección útil, pulg. <sup>2</sup>	Hilos por pulgada	Diámetro efectivo básico, pulg.	Sección útil, pulg. <sup>2</sup>	Hilos por pulgada	Diámetro efectivo básico, pulg.	Sección útil, pulg. <sup>2</sup>	
0	0,0600				80	0,0519	0,0018				
1	0,0730	64	0,0629	0,0026	72	0,0640	0,0028				
2	0,0860	56	0,0744	0,0037	64	0,0759	0,0039				
3	0,0990	48	0,0855	0,0049	56	0,0874	0,0052				
4	0,1120	40	0,0958	0,0060	48	0,0985	0,0066				
5	0,1250	40	0,1088	0,0080	44	0,1102	0,0083				
6	0,1380	32	0,1177	0,0091	40	0,1218	0,0102				
8	0,1640	32	0,1437	0,0140	36	0,1460	0,0147				
10	0,1900	24	0,1629	0,0175	32	0,1697	0,0200				
12	0,2160	24	0,1889	0,0242	28	0,1928	0,0258	32	0,1957	0,0270	
1/4	0,2500	20	0,2175	0,0318	28	0,2268	0,0364	32	0,2297	0,0379	7/16
5/16	0,3125	18	0,2764	0,0524	24	0,2854	0,0580	32	0,2922	0,0625	1/2
3/8	0,3750	16	0,3344	0,0775	24	0,3479	0,0878	32	0,3547	0,0932	9/16
7/16	0,4375	14	0,3911	0,1063	20	0,4050	0,1187	28	0,4143	0,1274	5/8
1/2	0,5000	13	0,4500	0,1419	20	0,4675	0,1599	28	0,4768	0,170	3/4
9/16	0,5625	12	0,5084	0,182	18	0,5264	0,203	24	0,5354	0,214	13/16
5/8	0,6250	11	0,5660	0,226	18	0,5889	0,256	24	0,5979	0,268	15/16
3/4	0,7500	10	0,6850	0,334	16	0,7094	0,373	20	0,7175	0,386	1-1/8
7/8	0,8750	9	0,8028	0,462	14	0,8286	0,509	20	0,8425	0,536	1-5/16
1	1,0000	8	0,9188	0,606	12	0,9459	0,663	20	0,9675	0,711	1-1/2
1-1/8	1,1250	7	1,0322	0,763	12	1,0709	0,856	18	1,0889	0,901	1-11/16
1-1/4	1,2500	7	1,1572	0,969	12	1,1959	1,073	18	1,2139	1,123	1-7/8
1-3/8	1,3750	6	1,2667	1,155	12	1,3209	1,315	18	1,3389	1,370	2-1/16
1-1/2	1,5000	6	1,3917	1,405	12	1,4459	1,581	18	1,4639	1,64	2-1/4
1-3/4	1,7500	5	1,6201	1,90				16	1,7094	2,24	2-5/8
2	2,0000	4	1,8557	2,50				16	1,9594	2,95	3
2-1/4	2,2500	4	2,1057	3,25							3-3/8
2-1/2	2,5000	4	2,3376	4,00							3-3/4
2-3/4	2,7500	4	2,5876	4,93							4-1/8
3	3,0000	4	2,8376	5,97							4-1/2
3-1/4	3,2500	4	3,0876	7,10							4-7/8
3-1/2	3,5000	4	3,3376	8,33							5-1/2
3-3/4	3,7500	4	3,5876	9,66							5-5/8
4	4,0000	4	3,8376	11,08							6

Fuente: SPOTTS, M. F. *Elementos de máquinas*. p. 296

Se utilizarán tornillos como elemento de unión en la máquina selladora, en aquellos componentes que necesite una buena unión y se necesite armar y desarmar sin complicación.

Los tornillos con los que se armará la base del cabezal serán del tipo rosca fina porque se someterán a vibraciones en el transporte por terrenos complicados, el diámetro dependerá del espacio disponible de diseño.

Para el armado de los sellos, se seleccionará una rosca ordinaria porque el material de fabricación será de aluminio, el cual presenta la desventaja de las roscas interna puedan sufrir desgaste prematuro, por el frecuente armado y desarmado.

### **3.5.2.2. Resorte de compresión**

Un resorte de compresión tiene la capacidad de disminuir su longitud cuando se aumenta la presión ejercida sobre ellos y se convierte en un dispositivo de almacenamiento de energía, por lo que los resortes de compresión están destinados a soportar esfuerzos de compresión y choque.

Un resorte de compresión puede tener diferentes formas: resortes helicoidales cilíndricos, helicoidal de estampación, helicoidal cónico, helicoidal bicónico y arandelas elásticas. Dada la tarea que debe realizar el resorte de compresión en la máquina selladora, se dirigirá la atención al resorte helicoidal cilíndrico de compresión.

Estos resortes son de uso general en la industrial, suelen estar formados de alambre de acero de sección redonda, cuadrada u ovalada, enrollado en forma de hélice cilíndrica a la izquierda o a la derecha, a su vez, con paso uniforme o variable.

Se selecciona a un resorte con sección circular porque presentan mejores atributos para soportan tensiones inferiores a los otros tipos de sección, paso uniforme, debido a que en un resorte con paso uniforme la relación entre la fuerza ejercida y la deformación es lineal, mientras que con un paso variable esta relación no es proporcional y extremos rectificadas para proporcionar una mejor superficie de apoyo.

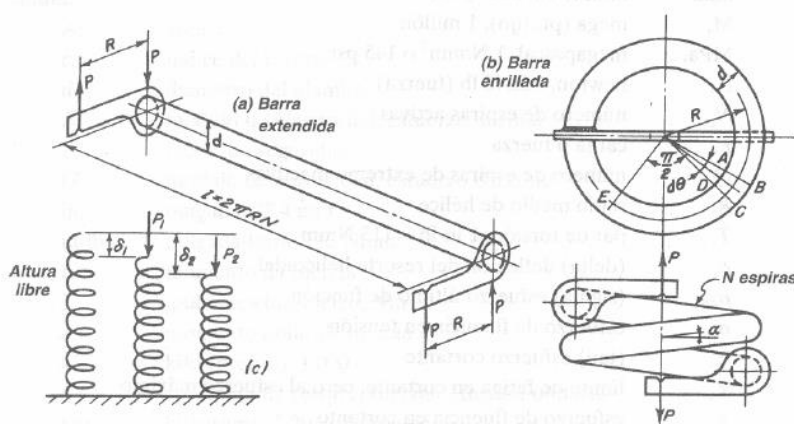
Para el cálculo de un resorte helicoidal de compresión, es necesario conocer los diferentes términos que pueden aparecer al momento de seleccionarlo:

- El diámetro del alambre ( $d$ ), es uno de los resultados más importantes para el diseño del resorte.
- El diámetro exterior ( $D_e$ ), es la distancia de la superficie cilíndrica envolvente del resorte y se especifica cuando un resorte opera en una cavidad.
- El diámetro interior ( $D_i$ ), se especifica cuando el resorte opera sobre una barra.
- El diámetro medio ( $D$ ), es el diámetro exterior menos el diámetro del alambre.
- El radio medio ( $R$ ), es igual al diámetro medio dividido 2.
- El paso ( $p$ ), es la distancia medida paralela al eje desde el centro de una espira hasta el centro de la espira adyacente.

- El ángulo de paso ( $\lambda$ ), mientras mayor es este ángulo, las espiras parecen estar más inclinadas. La mayor parte de diseño de resortes tiene un ángulo de paso menor a  $12^\circ$ .
- La longitud libre ( $L_0$ ), es la longitud total en paralelo al eje cuando el resorte está en estado libre o sin carga. Si las cargas no son conocidas, la longitud debe ser especificada.
- La longitud sólida ( $L_s$ ), es la longitud del resorte cuando este está cargado con la fuerza suficiente para cerrar todas sus aspiras.
- El número de espiras totales ( $N_T$ )
- El índice del resorte ( $C$ ), es la relación entre el diámetro medio y el diámetro del alambre.

El cálculo del resorte helicoidal se analizará por medio de las ecuaciones para tensiones y deformaciones de un resorte helicoidal de espiras muy juntas, lo cual se obtiene directamente de las ecuaciones correspondientes para la torsión de una barra redonda como se indica en la figura 28.

Figura 28. **Resorte helicoidal formado por una barra redonda**



Fuente: SPOTTS, M. F., *Elementos de máquinas*. p. 244.



La barra, de longitud "l" y de diámetro "d", tiene en sus extremos ménsulas de longitud "R" y está en equilibrio bajo la acción de las cargas P. Supóngase que la barra recta se enrolla en la hélice de N espiras de radio R como se indica en la figura 28.

La barra helicoidal está en equilibrio bajo la acción de las dos fuerzas iguales y opuestas P. La tensión de la barra recta es de cortadura producida por un par igual a PR. La tensión principal en la hélice es también tensión cortante por torsión. La tensión de cortante por torsión es:

$$\frac{T_r}{J} = \frac{16PR}{\pi d^3}$$

Después del arrollamiento en hélice, las secciones transversales están sometidas a una tensión adicional por la cortadura transversal. Un estudio exacto indica que esta tensión a mitad de la altura tiene un valor de 1.23P/A. Por lo que la tensión cortante transversal será:

$$1.23 \frac{P}{A} = \frac{16PR}{\pi d^3} * \frac{0.615}{C}$$

De tal forma que la tensión cortante total  $S_s$  en el interior del resorte a mitad de la altura como consecuencia de la carga estática P viene dada por la suma de la tensión cortante por torsión y transversal:

$$S_s = \frac{16PR}{\pi d^3} \left(1 + \frac{0.615}{C}\right) = \frac{2PC^3}{\pi R^2} \left(1 + \frac{0.615}{C}\right)$$

Donde:

$S_s$ , tensión cortante total

$P$ , carga aplicada

$C$ , índice del resorte

$R$ , radio medio del resorte

Supóngase que el elemento ABCD de la figura 28 es flexible pero que el resto del resorte es rígido. De esta forma, de la ecuación de rotación de la sección CD respecto a la sección transversal adyacente AB es igual a:

$$d\varphi = \frac{PRdl}{JG}$$

Esta rotación de la longitud diferencial del resorte da lugar a que el punto E situado a  $90^\circ$  se desplace una distancia igual a:

$$d\delta = Rd\varphi = \frac{PR^2dl}{JG}$$

La deformación total producida por el momento torsos cuando todo el resorte es elástico se encuentra por integración de esta ecuación a lo largo de la totalidad de longitud del resorte.

$$\delta = \frac{PR^2l}{JG} = \frac{64PR^3N}{4dG} = \frac{4PC^4N}{GR}$$

Donde

$\delta$ , deformación

$P$ , carga aplicada

$C$ , índice del resorte

$N$ , número de espiras

G, módulo de elasticidad de ruptura

R, radio medio del resorte

Para obtener la razón de resorte k o fuerza necesaria para una deformación de 1 cm, considerando la figura 25, se parte de la relación entre la carga aplicada y la deformación producida.

$$k = \frac{GR}{4C^4N}$$

Para la selección del calibre de alambre a utilizar se utilizará la resistencia mínima de tracción para determinado alambre de diferentes tipos de materiales, como se muestra en la tabla siguiente.

Los resultados experimentales indican que la relación entre la resistencia a la tracción  $S_{ult}$  y la resistencia a la fluencia en cortadura  $S_{syp}$ , es como se indica en la siguiente tabla.

Tabla V. **Razón del punto de fluencia en cortadura  $S_{syp}$  y la resistencia máxima en cortadura  $S_{se}$  y al punto de rotura  $S_{ult}$**

<b>Tipo</b>	<b><math>S_{syp}/S_{ult}</math></b>	<b><math>S_{se}/S_{ult}</math></b>
Alambre estirado en frío	0.42	0.21
Cuerda de piano	0.40	0.23
Alambre revenido en aceite	0.45	0.22
Alambre de acero inoxidable 302, 18-8	0.46	0.20
Alambre de aleación Cr-V y Cr-Si	0.51	0.20

Fuente: SPOTTIS, M. F. *Elementos de máquinas*. p. 250.

Tabla VI. **Alambre para resorte, resistencias mínimas de tracción en  $\frac{Kg^2}{cm^2}$  y designaciones ASTM**

Calibre W & M <sup>*</sup> núm.	Diámetro d, in	Estirado en frío, clase 1, A 227-93	Alambre de piano <sup>†</sup> , A228-93	Revenido en aceite, clase 1, A229-93	Acero inoxidable 302, clase 1 <sup>†</sup> , A313-92
25	0.0204	283,000	350,000	293,000	296,000
24	0.0230	279,000	343,000	289,000	292,000
23	0.0258	275,000	337,000	286,000	291,000
22	0.0286	271,000	332,000	283,000	285,000
21	0.0317	266,000	327,000	280,000	282,000
20	0.0348	261,000	323,000	274,000	280,000
19	0.0410	255,000	314,000	266,000	275,000
18	0.0475	248,000	306,000	259,000	267,000
17	0.0540	243,000	301,000	253,000	265,000
16	0.0625	237,000	293,000	247,000	258,000
15	0.0720	232,000	287,000	241,000	250,000
14	0.0800	227,000	282,000	235,000	246,000
13	0.0915	220,000	275,000	230,000	238,000
12	0.1055	216,000	269,000	225,000	227,000
11	0.1205	210,000	263,000	220,000	222,000
10	0.1350	206,000	258,000	215,000	217,000
9	0.1483	203,000	253,000	210,000	205,000
8	0.1620	200,000	249,000	205,000	198,000
7	0.1770	195,000	245,000	200,000	194,000
6	0.1920	192,000	241,000	195,000	188,000
5	0.2070	190,000	238,000	190,000	182,000
4	0.2253	186,000	235,000	188,000	175,000
1/4 in	0.2500	182,000	230,000	185,000	168,000
5/16 in	0.3125	174,000		183,000	155,000
3/8 in	0.3750	167,000		180,000	145,000

\* Washburn & Moen.

† Valores interpolados al calibre más cercano.

Fuente: SPOTTS, M. F. *Elementos de máquinas*. p. 247.

El resorte por utilizarse en la máquina selladora será un resorte helicoidal, que deberá soportar una carga máxima de 15 kg, ejercida por el peso del cabezal y la presión para realizar el sellado. El radio medio de la hélice es de 1,75 cm, se utilizará un coeficiente de seguridad igual a 1,25. Se desea encontrar un diámetro medio normalizado de alambre adecuado para su fabricación.

Se propone utilizar un alambre calibre número 11, estirado en frío, por lo que se obtiene de la tabla VI;

$$d = 3.061 \text{ mm}$$

$$S_{ult} = 14800 \text{ Kg/cm}^2$$

Las razones del punto de fluencia en cortadura y la resistencia máxima en cortadura y al punto de rotura, se obtiene de la tabla V,

$$S_{Syp} = 0.42 S_{ult}$$

Se compara la tensión admisible por las características de fabricación y la tensión real a la que será sometida:

Cálculo:

Cálculo de la tensión de punto de fluencia.

$$S_{Syp} = 0,42S_{ult} = 0,42 * 14\ 800 \text{ Kg/cm}^2 = 6\ 216 \text{ kg/cm}^2$$

Aplicando el factor de seguridad de 1,25, se obtiene la tensión admisible.

$$S_e = \frac{S_{ult}}{CS} = \frac{6\ 216 \text{ kg/cm}^2}{1} \cdot 25 = 4\ 975 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo del índice de resorte

$$C = \frac{2R}{d} = \frac{2 * 1,75 \text{ cm}}{0,3061 \text{ cm}} = 11,45$$

Cálculo de la tensión cortante total

$$S_s = \frac{2PC^3}{\pi R^2} \left(1 + \frac{0,615}{C}\right) = \frac{2 * 15 \text{ kg} * 11,45^3}{\pi (1,75 \text{ cm})^2} \left(1 + \frac{0,615}{11,45}\right) = 4\,932,15 \text{ kg/cm}^2$$

El calibre propuesto cumple con las especificaciones a las que será sometido el resorte.

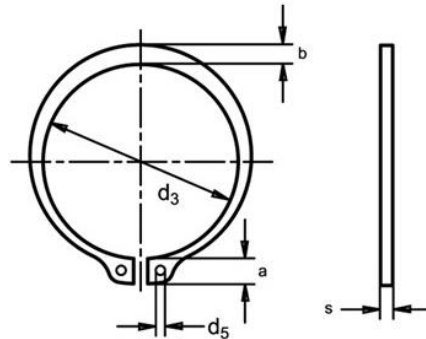
Con base en los cálculos y lo mencionado anteriormente el resorte helicoidal cilíndrico de compresión tendrá las siguientes características; largo de 3 1/8", diámetro medio del 1 3/8", el alambre de fabricación es de estiramiento en frío calibre no. 11, con 8 vueltas, rectificado en sus extremos.

### **3.5.2.3. Anillos de seguridad DIN 471**

Los anillos de seguridad DIN 471 sirve para limitar el movimiento de un eje a un nivel previamente definido, así como también, donde existen partes de la máquina en movimiento lineal o rotacional. Pueden ser sometidos a altas presiones, tensiones y fuerzas de impacto sin torsión. Transferir una alta fuerza axial en la aplicación de presión a una parte de la máquina por medio de las ranuras. Gracias a su resistencia pueden ser usados en altas velocidades. Los seguros pueden ser removidos fácil y rápidamente a través de una pinza.

Por sus características se decidió utilizar los anillos de seguridad DIN 471, como componentes de unión y armado de las barras que componen el mecanismo de sellado.

Figura 29. **Anillo de seguridad DIN 471**



Fuente: Rulemanes de mayo. *Ficha técnica anillos de retención DIN 471.*

### 3.5.3. Componentes eléctricos

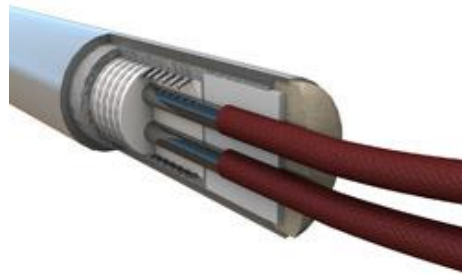
Los componentes eléctricos serán utilizados para el control y alimentación de las resistencias que estarán instaladas en el interior de cada uno de los sellos del cabezal de sellado. Los componentes eléctricos más importantes podemos mencionar; las resistencias de cartucho, los contactores, las termocuplas y el control de temperatura. A continuación, se detallará su funcionamiento, sus características técnicas y como se seleccionan.

#### 3.5.3.1. Resistencia de cartucho

Una resistencia de cartucho es un elemento de calentamiento industrial que consiste en un cilindro metálico que contiene cable resistivo aislado del cilindro mediante material cerámico. La mayoría de las resistencias de cartucho son tubos cilindros rectos, de diferentes dimensiones, pero las más comunes son, diámetro que va desde 1/4" a 1 1/4", largo que va desde 1 1/2" a 60".

Fuera de estas medidas, aunque son posibles de fabricar, no se aconseja su fabricación ni su uso debido a que, en el caso de diámetros o largos menores, la potencia será muy limitada por la poca área superficial.

Figura 30. **Resistencia de cartucho**



Fuente: Maxi watt. *Resistencias de cartucho calefactoras.*

<https://www.resistencias.com/esp/durawatt.php> Consulta: septiembre de 2018.

Para determinar las especificaciones técnicas de las resistencias de cartucho partiremos de los valores conocidos, se sabe que el largo del sello de ser de 20", para el alojamiento de la resistencia el sello tendrá un agujero de diámetro de 3/8". El valor pendiente será la potencia de la resistencia.

El calor con el que realizará el sello obtendrá de la acción de la conducción entre la resistencia y el sello. Para determinar la potencia de la resistencia, se partirá de la Ley de conducción de calor de Fourier para superficies bidimensionales, se tiene la siguiente fórmula:

$$q = Sk(T_1 - T_2)$$



Donde:

q - flujo de calor [ $Watts/m^2$ ]

S - factor de forma de conducción [ $1/m$ ]

k - factor de conductividad térmica [ $Watts/mK$ ]

T<sub>1</sub> - temperatura absoluta del cuerpo [K]

T<sub>2</sub> - temperatura absoluta del medio [K]

Ahora para el análisis del sistema se analizará como sistema formado por de un cilindro de longitud L enterrado en un medio semiinfinito. Se tendrá un factor de forma de conducción a partir de la siguiente fórmula:

$$S = \frac{2\pi L}{\ln(4L/D)}$$

Donde:

L - Longitud de la resistencia de cartucho [m]

D - Diámetro de la resistencia de cartucho [m]

Datos

Longitud de la resistencia de cartucho = 20" = 0.508 m

Diámetro de la resistencia de cartucho = 3/8" = 0.009525 m

Temperatura ambiente = 25 °C = 298.15 K

Temperatura límite del sellado = 650 °C = 923.15 K

Factor de conductividad térmica del aluminio = 205 Watts / mK

Cálculos

Cálculo del factor de forma de conducción del sistema.

$$S = \frac{2\pi * 0,508 \text{ m}}{\ln\left(4 * 0,508 \text{ m} / 0,009525 \text{ m}\right)} = 0,595 \text{ 1/m}$$

Cálculo de flujo de calor del sistema.

$$\begin{aligned} q &= Sk(T_1 - T_2) = 0,595 \text{ 1/m} * 205 \text{ Watts/mK} * (923,15 \text{ k} - 298,15 \text{ k}) \\ &= 76\,234,375 \text{ Watts/m}^2 \end{aligned}$$

Cálculo área superficial de la resistencia.

$$A = \pi DL = \pi * 0,009525 \text{ m} * 0,508 \text{ m} = 0,0152 \text{ m}^2$$

Cálculo de potencia de la resistencia.

$$P = qA = 76234,375 \text{ Watts/m}^2 * 0,0152 \text{ m}^2 = 1158,75 \text{ Watts}$$

Dado los resultados anteriores se podría utilizar una resistencia de 1 200 Watts, pero como se tendrá un control de temperatura y para que el calentamiento sea más rápido se utilizara una resistencia de 2000 Watts, con largo de 20" y un diámetro de 3/8".

### 3.5.3.2. Termocupla

Una termocupla es un sensor de temperatura que consiste en dos conductores metálicos diferentes, unidos en uno de sus extremos, denominada junta caliente, esta unión suministra una señal de tensión eléctrica, en valores de mV, que depende directamente de la temperatura; este sensor puede ser conectado a un instrumento de medición, para ser traducido a un valor de lectura de la variable medida.

Figura 31. **Termocupla tipo J**



Fuente: Arian, Control & Instrumentación. *¿Qué son y cómo funcionan las termocuplas?* p. 2.

Es importante recordar que una termocupla no mide temperaturas absolutas, si no que la diferencia de temperatura que existe entre su extremo caliente y el extremo frío. Este efecto termoeléctrico hace posible la medición de temperatura mediante un termopar.

El tipo de termocupla a utilizar dependerá de la aplicación que se le dará, entre los aspectos a considerar se encuentra el rango de temperatura en el cual se va a someter y la precisión requerida de la medición. El tipo de termocupla varía, por el material con el que se fabrican. Aunque existen más tipos de termopar estos son los más comunes.

Según la capacidad de la máquina selladora, la termocupla que se necesita debe poder medir entre un rango de 100 a 350 °C y según los datos de la tabla anterior la termocupla más recomendada por la aplicación que se le dará, es una termocupla tipo J.

Tabla VII. **Tipos de termocupla**

<b>Tipo</b>	<b>Rango de Temperatura</b>
Tipo J	0 - 760 °C
Tipo K	-200 – 1 370 °C
Tipo T	-200 - 350 °C
Tipo E	-200 – 1 250 °C
Tipo R	0 – 1 450 °C
Tipo S	0 – 1 450 °C
Tipo B	0 – 1 700 °C

Fuente: elaboración propia.

### **3.5.3.3. Control termostato**

Este tipo de control es un instrumento que compara la señal de un sensor, que en este caso será una termocupla tipo J, la compara con una señal interna deseada (*set point*) y ajusta la salida del dispositivo calefactor tan cerca como sea posible, para mantener el equilibrio entre la temperatura medida y la temperatura deseada. Existen varios métodos de control para conseguir esto. Trataremos de explicar brevemente los más comunes.

- Control proporcional en el tiempo, un control proporcional en el tiempo trabaja de la misma manera como el control si-no mientras la temperatura del proceso está por debajo de lo que se llama la banda proporcional. Esta banda proporcional es el lugar debajo del *set point* en el cual el control proporcional comienza a actuar o sea que la proporción entre sí y no comienza a cambiar. A medida que la temperatura se aproxima al *set point*, el tiempo si disminuye y el tiempo no aumenta. Esto cambia la potencia efectiva y ocasiona una disminución en la velocidad a la cual la temperatura del proceso aumenta. Esta acción continua, ya que se estabiliza en algún lugar debajo del *set point*. En este punto se obtiene el control. Esta diferencia entre el punto de control y el *set point* se llama caída o *droop*.
- Control con acción integral, si la caída en el control proporcional en el tiempo, no se puede tolerar en un proceso, se debe agregar la función integral de control. La función integral que se encuentra en los controladores de corte automático emplea un algoritmo matemático para calcular la magnitud de la caída y luego ajustar la salida para cortar el control y llevarlo más cerca del *set point*.
- Control derivador, el sobrepaso de temperatura es cuando el proceso, durante su ciclado, sobrepasa el *set point*. Este puede ser pequeño e insignificante o lo bastante grande como para causar problemas con el proceso, además puede ser perjudicial en muchos procesos por lo que debe ser evitado por medio de la función derivador. La función derivador anticipa con qué rapidez se llega al *set point*, lo cual realiza midiendo la velocidad de cambio de la temperatura del proceso y forzando al control a entrar antes en una acción proporcional disminuyendo la velocidad del cambio de la temperatura del proceso. Esto resulta en una temperatura que entra al *set point* de forma suave y así previene un sobrepaso excesivo al inicio del proceso o cuando el sistema cambia.

El control más exacto es aquel que es proporcional, integral y es derivador. Este tipo de control se conoce como PID (Proporcional, Integrador, Derivador). Dado la aplicación a realizar es hasta cierto punto requiere precisión, por ello se seleccionó un control termorregulado con PID de marca OMRON, el modelo E5CC-800.

Figura 32. **Control de temperatura OMRON E5CC-800**



Fuente: OMRON, *Catalogo productos controles de temperatura*. p. 12.

## 4. DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MÁQUINA SELLADORA

El diseño de la máquina selladora se dividió en 3 partes: diseño del mecanismo de sellado, diseño de la estructura y diseño del circuito eléctrico. Una vez se obtuvo el diseño definitivo de la máquina selladora, se seleccionaron los materiales a utilizar para su fabricación. Durante la fabricación se utilizaron diferentes procesos de maquinado y tipos de unión, los cuales se especificarán y detallarán los procesos utilizados.

### 4.1. Dimensiones

Para las dimensiones de la selladora se tomó como referencia el ancho del sello, el cual es de 20", por seguridad se dieron 2" de margen en cada extremo para mantener lo más alejado posible la superficie caliente del sello, por lo cual el ancho de la selladora fue de 24". Para la altura se tomó en cuenta la especificación general, "*La fuerza que se aplique al mecanismo debe ser ejercida desde una postura de pie, por una persona.*", por lo que se colocó la barra de aplicación de la fuerza del mecanismo de sellado a una altura de 46 ½" con referencia al nivel del suelo. Para la profundidad de la selladora se calculó el espacio necesario para el alojamiento del mecanismo de sellado y panel de control, se seleccionó el panel *Rittal AE 1034.500* el cual cuenta con las siguientes dimensiones: un ancho de 300 mm, una altura de 400 mm y una profundidad de 210 mm. A partir de esto se seleccionó una profundidad de 20".

## 4.2. Diseño de mecanismo de sellado

Para el mecanismo de sellado se partió de la especificación general, que indica que el movimiento del sello debe ser lineal, por lo que se buscaron varios mecanismos que cumplieran con dicha especificación, entre ellos, se seleccionó el yugo escocés, con el cual, su operación será por medio del giro de una manecilla y un movimiento angular, para luego generar un movimiento lineal. El siguiente mecanismo analizado fue la biela-manivela modificada, su operación consiste en aplicar palanca en el extremo. En los dos mecanismos se buscó que el sello tuviera una trayectoria lineal de forma vertical, con esto se asegura que el sello se aplique siempre en el mismo lugar y de manera distribuida a lo largo de la cuchilla del cabezal de sellado.

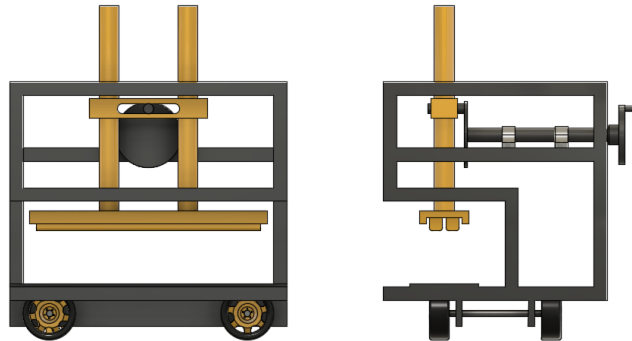
Se realizaron los diseños preliminares de la selladora con cada uno de los mecanismos. Luego, se realizó un análisis de las ventajas y desventajas del uso del mecanismo para decidir cuál es mejor para el diseño del mecanismo de sellado.

Para el diseño del mecanismo de sellado con yugo escocés se pueden mencionar las siguientes ventajas y desventajas:

- La entrada al mecanismo es un movimiento angular, por lo que se consideró el uso de cojinetes en los extremos del eje de transmisión. Los cojinetes deben ser sellados y para su reemplazo lo debe realizar personal calificado.
- Para la transmisión del movimiento angular se tiene un pivote de deslizamiento, este elemento tiene la desventaja que puede fallar con facilidad.



Figura 33. **Diseño con mecanismo yugo escocés**

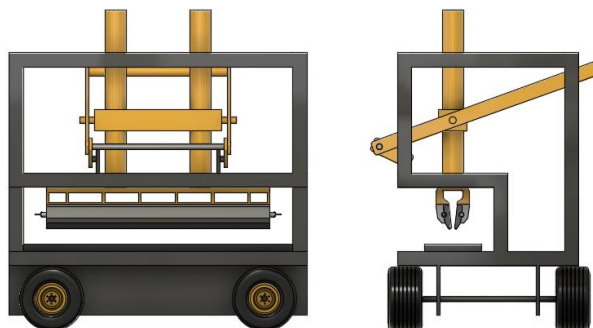


Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Fusion 360.

Para el diseño del mecanismo de sellado con biela-manivela modificado se pueden mencionar las siguientes ventajas y desventajas:

- La aplicación de un buen sello depende de la alineación de las barras que conforman al mecanismo.
- Los bujes de la guía de cabezal deben mantener una adecuada lubricación.

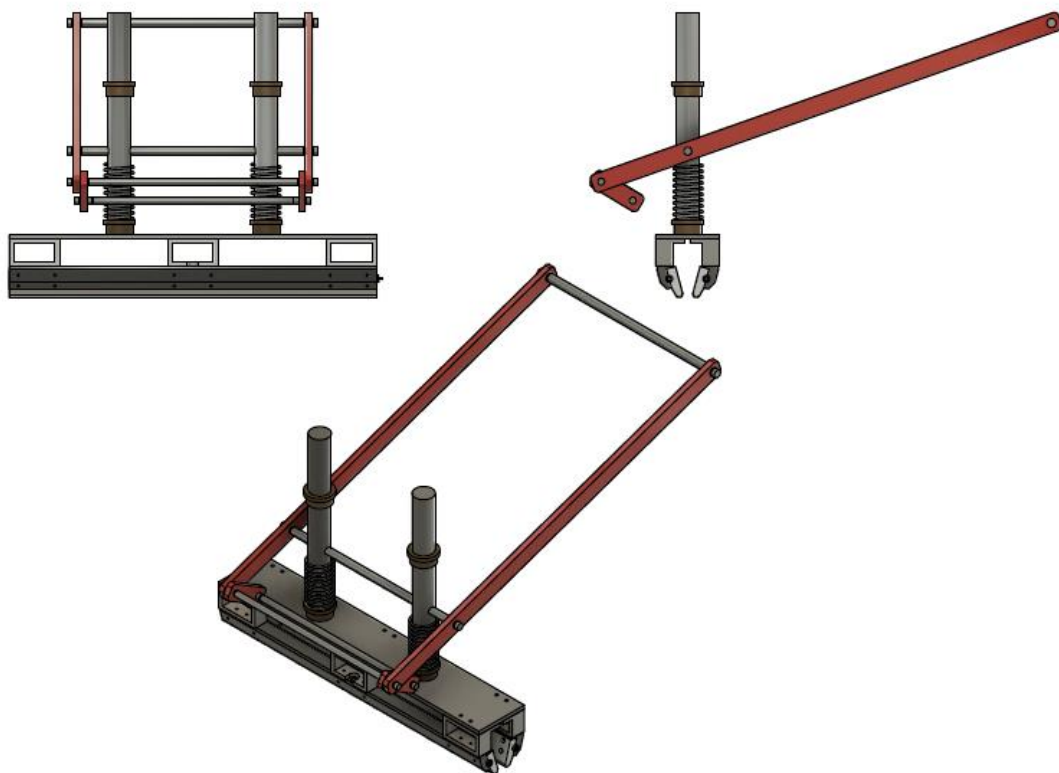
Figura 34. **Diseño con mecanismo biela-manivela modificado**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Fusion 360.

El mecanismo seleccionado fue, el mecanismo de biela-manivela modificado, debido a que este tuvo menor cantidad elementos de falla. El mecanismo de sellado funciona de la siguiente forma; para la carrera de trabajo o sellado es por medio de la aplicación de una fuerza hacia abajo en la barra superior del mecanismo, para la carrera de retorno se auxilió del uso de resortes de compresión, ubicados entre la barra que une las guías con el mecanismo y la guías que se encuentra unidos a la estructura.

Figura 35. **Mecanismo de sellado**



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Fusion 360.

### **4.3. Diseño de estructura**

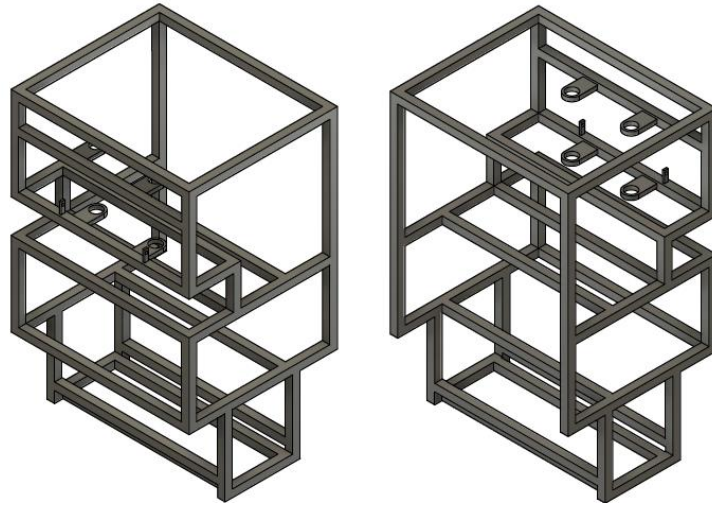
Para el diseño de la estructura se tomó en cuenta las especificaciones generales y requerimientos técnicos. Se partió de especificación general: la máquina deberá de tener un alojamiento, en el cual la película, se coloque y sencilla de forma alineada, por lo que se diseñó un alojamiento de con un alto de 4 ½", profundidad de 5" y ancho de 24".

Para el montaje de las llantas de transporte, se consideró que el ancho no debería de superar 26", para que la que selladora con las llantas no sobrepase este valor, la parte baja de la estructura se redujo a una profundidad de 8".

Para la altura de la estructura se tomó de base las 46 ½" definidas en las dimensiones de la máquina, para definir la altura de la estructura se debe restar la distancia que ocupan las llantas y sus elementos de montaje, lo que corresponde a 8", quedando una altura de 38 ½".

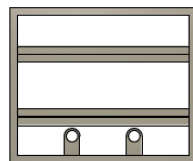
Por último, se consideró la ubicación del panel de control, el cual se decidió ubicar en la parte trasera de la máquina, por lo cual se colocaron dos apoyos para el marco que sujetan el panel de control.

Figura 36. **Estructura máquina selladora**

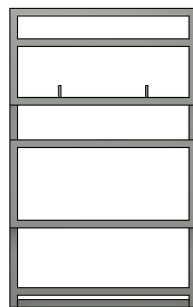


Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Fusion 360.

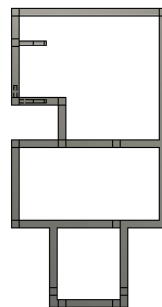
Figura 37. **Vistas estructura máquina selladora**



Vista: Planta



Vista: Frontal



Vista: Lateral

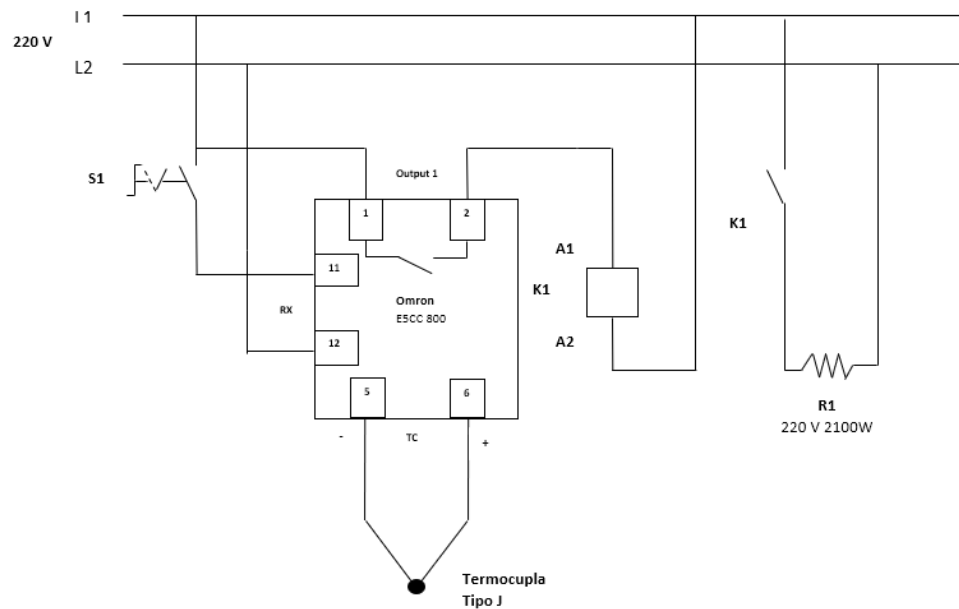
Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Fusion 360.

#### 4.4. Diseño del circuito eléctrico

Dada la especificación que dice: es necesario poder regular la temperatura del sellado, se utilizó como elemento de control, un control de temperatura digital (E5CC-RX2ASM-801), el cual permite el control de la apertura de los contactos que alimenta la resistencia. Dado que se solicitó que se pudiera realizar un doble sello, se necesitaron dos controles de temperatura, pero el funcionamiento de cada uno es independiente y controla la temperatura de cada uno de los sellos. Por otro lado, como anterior mente se había mencionado para censar la temperatura se utilizó una termocupla tipo J en cada sello.

El control termorregulador se programó de la siguiente manera; Input Power Supply, 240 VAC, Sensor Input, TC, Control output 1, Relay 250 VAC, 3 A.

Figura 38. Circuito eléctrico de selladora



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Office Word 2013

Donde:

TC – Termocupla tipo J

R1 – Resistencia de cartucho 220 V, 2000 W

S1 – Selector doble

K1 – Contactor 3 polos 220 V, 20 A.

#### **4.5. Selección de materiales**

Es importante señalar que el proceso de sellado será realizado de forma manual, debido a ello, los esfuerzos a los que serán sometidos los componentes de la máquina selladora no son significativos para que sea necesario realizar cálculos para la selección de los materiales. Sin embargo, para seleccionar los materiales que se utilizaron para fabricación de estos componentes, se tomó en cuenta la función que realizara dicha pieza, bajo las condiciones ambientales y de trabajo a los que se someterán.

A continuación, se dan las características de los materiales que se seleccionaron para la fabricación de partes de la selladora:

- Acero 1018. Es un acero de medio contenido de carbono, posee una buena soldabilidad y ligeramente mejor maquinabilidad que los aceros de menor de carbono. Debido a su tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para componentes de maquinaria, debido a su facilidad para conformado y soldarlo. Se utiliza para la fabricación de piezas como; pines, cuñas, remaches, rodillos, pasadores, tornillos y aplicaciones en lámina.

Tabla VIII. **Propiedades mecánicas del acero 1018**

<b>Propiedades mecánicas</b>
Dureza 120 HB
Punto de fluencia 370 MPa
Esfuerzo máximo 400 MPa
Elongación máxima 15 %
Módulo de elasticidad 205 GPa

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Composición química del acero 1018**

<b>Composición química</b>
0,15 – 0,20 % C
0,60 – 0,90 % Mn
0,04 % P máx.
0,05 % S máx.

Fuente: elaboración propia.

- Acero 705. Es un acero al molibdeno con una aleación de cromo y níquel. El molibdeno ejerce un fuerte efecto sobre la templabilidad y de manera semejante al cromo, aumenta la dureza y resistencia a alta temperatura de los aceros. Es menos susceptible al fragilizado debido al revenido, que los demás aceros aleados para maquinaria. Se utiliza para partes de maquinarias sometidas a altos esfuerzos.

Tabla X. **Propiedades mecánicas acero 705**

<b>Propiedades mecánicas</b>
Dureza 240 - 360 HB
Resistencia mecánica 1200-1400 MPa
Punto de fluencia 1000 MPa
Elongación máxima 9 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Composición química acero 705**

<b>Composición química</b>
0,34 % C
0,10 – 0,35 % Si
0,60 – 0,80 % Mn
0,04 – 0,30 % P
0,002 – 0,03 % S

Fuente: elaboración propia.

- Acero plata. Es un acero de alta resistencia al desgaste, aleado con cromo y vanadio. Entregado pulido y rectificado a medidas precisas. Facilidad en su maquinado. Se utiliza en la fabricación de herramientas y piezas de precisión, como punzones, guías y vástagos.



Tabla XII. **Propiedades mecánicas acero plata**

<b>Propiedades mecánicas</b>
Dureza 180 - 285 HB
Resistencia mecánica 730-770 MPa
Punto de fluencia 610 MPa

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Composición química del acero plata**

<b>Composición química</b>
1,05 % C
0,20 % Si
0,30 % Mn

Fuente: elaboración propia.

- Bronce estándar 884. Es comúnmente conocido como bronce fosforado, estándar o comercial. Este bronce, aunque sin ninguna norma internacional, tiene excelentes características físicas, gran maquinabilidad y resistencia a la tensión y al esfuerzo. Recomendaciones de uso: para trabajos ligeros, como en la elaboración de casquillos, chumaceras pequeñas, bujes y estoperos.
- Aluminio serie 4000. Es una aleación binaria aluminio-silicio. Presenta alta resistencia al calor, además se utiliza como barras para soldar, se han utilizado como forjados en forma de cilindros en los motores radiales de aviación y otros de combustión interna.

Luego de especificar las caracterizas de los materiales, se procede a indicar con que material se fabricó cada uno de los componentes. La mayor parte de la estructura no es sometida a grandes esfuerzos, esta se fabricó con tubo cuadrado de 1" chapa 16.

En el mecanismo de sellado se encuentran 4 barras que sirven para la transmisión de movimiento al cabezal. Para esta se utilizó acero plata, porque tiene una gran resistencia al desgaste y alta precisión al ser maquinado, lo cual se necesita para tener un alineación precisa y gran ajuste.

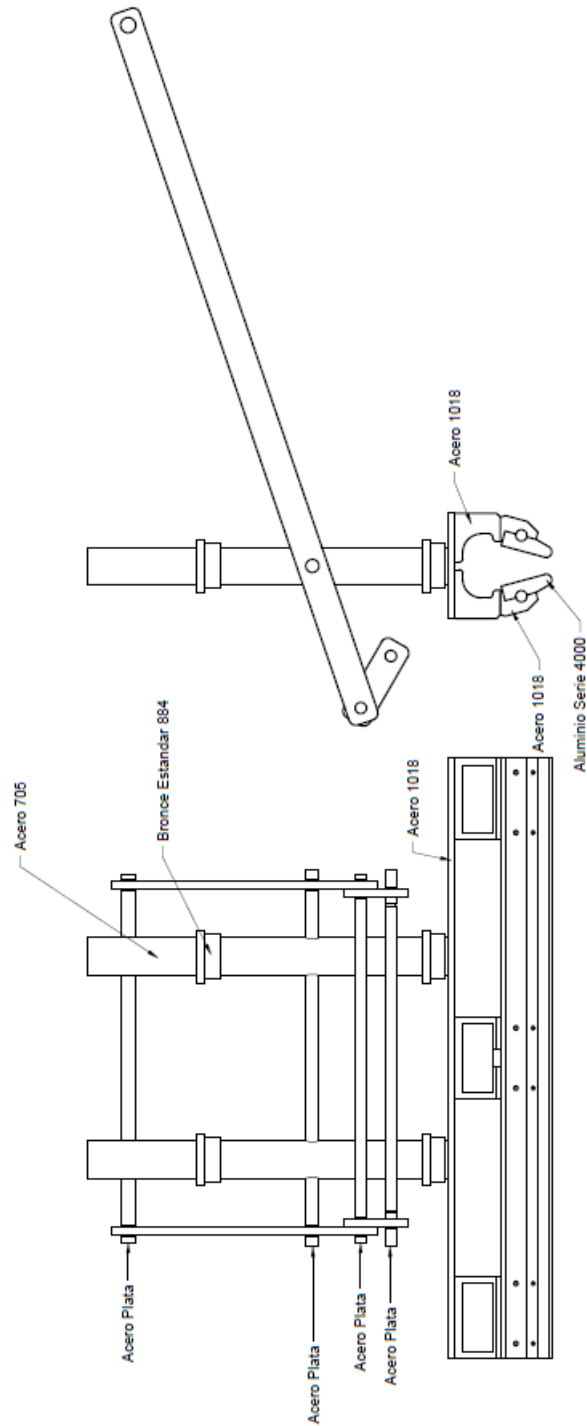
Los ejes guía estarán sometidos a alto esfuerzo dado que tendrá un orificio a la mitad de su largo, por lo que se fabricaron de acero 705 por su alta resistencia de ruptura en combinación con tenacidad considerable.

El cabezal está compuesto por una pletina porta bases y 6 bases de los sellos. La pletina porta bases y sus bases de los sellos se utilizó acero 1018, debido a su tenacidad y baja resistencia mecánica.

La pieza del sello se fabricó de aluminio serie 4000, por su alta resistencia al calor, buena conductividad térmica y su bajo peso.

Los ejes guías del cabezal, tendrá un roce frecuente debido al movimiento intermitente, por lo que se encontró la necesidad de colocar bujes, los cuales se fabricaron de bronce fosforado, gracias a las sus buenas propiedades mecánicas, antifriccionales y anticorrosivas.

Figura 39. **Materiales cabezal y mecanismo de sellado**

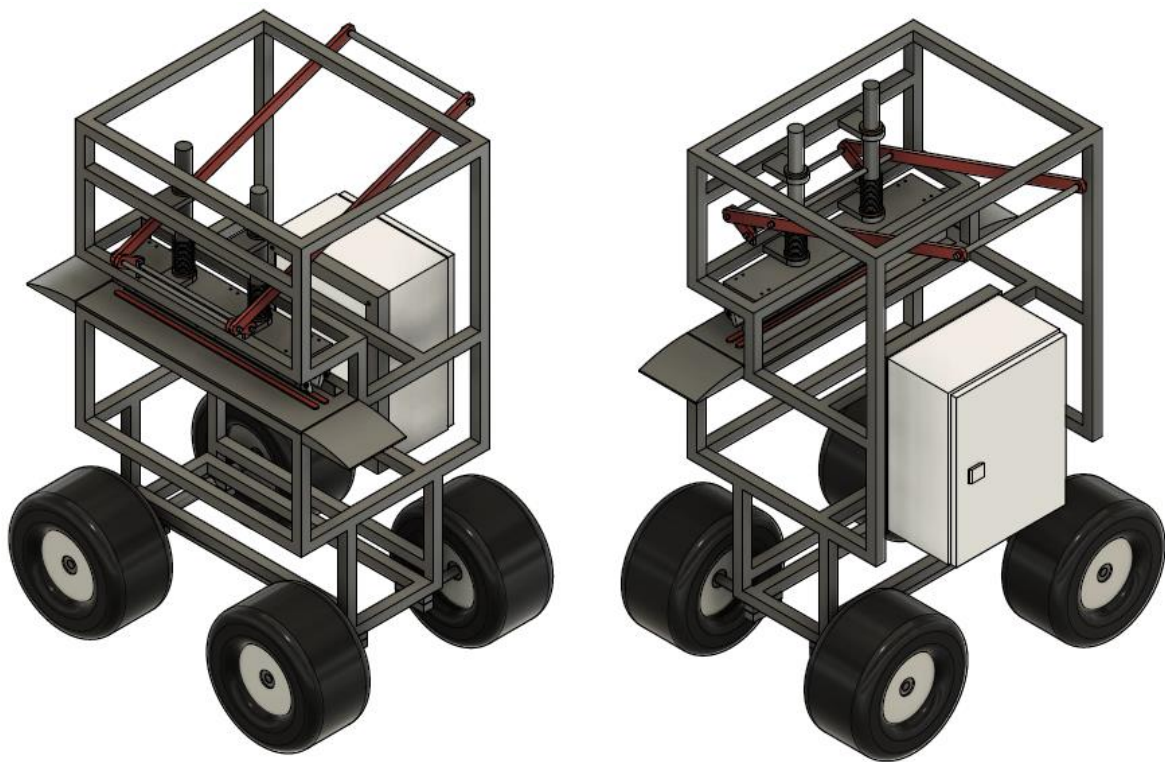


Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Fusion 360.

#### 4.6. Planos máquina selladora

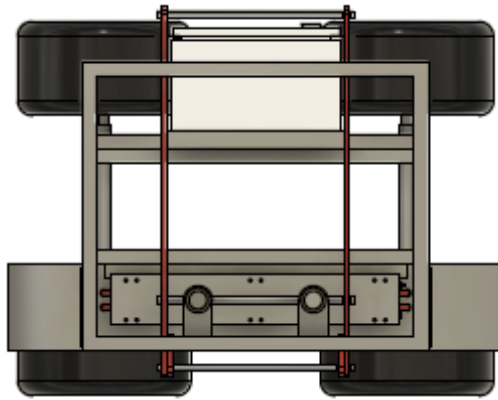
Luego de seleccionar el mecanismo de sellado, componentes mecánicos y eléctricos, se definen las dimensiones de la máquina y los materiales, se elabora el diseño definitivo de la máquina y los planos de cada uno de los componentes, especificando material y dimensiones para su fabricación. Para ello, se emplea *Autodesk Fusion 360*, un *software* que permite la elaboración de diseños 3D, mediante el ensamble de sus componentes, la simulación del funcionamiento los componentes ensamblados y el estudio del efecto de las cargas aplicadas en cada uno de los componentes.

Figura 40. **Diseño máquina selladora**

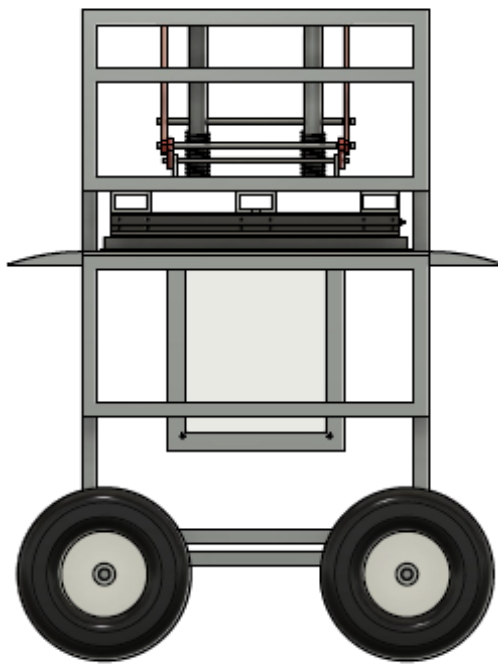


Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Fusion 360.

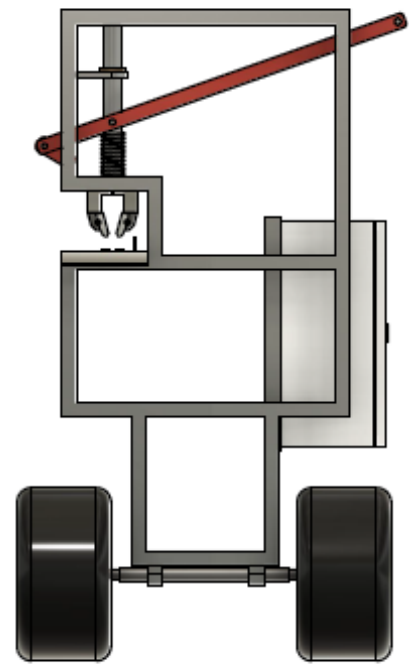
Figura 41. **Vistas del diseño de la máquina selladora**



Vista: Planta



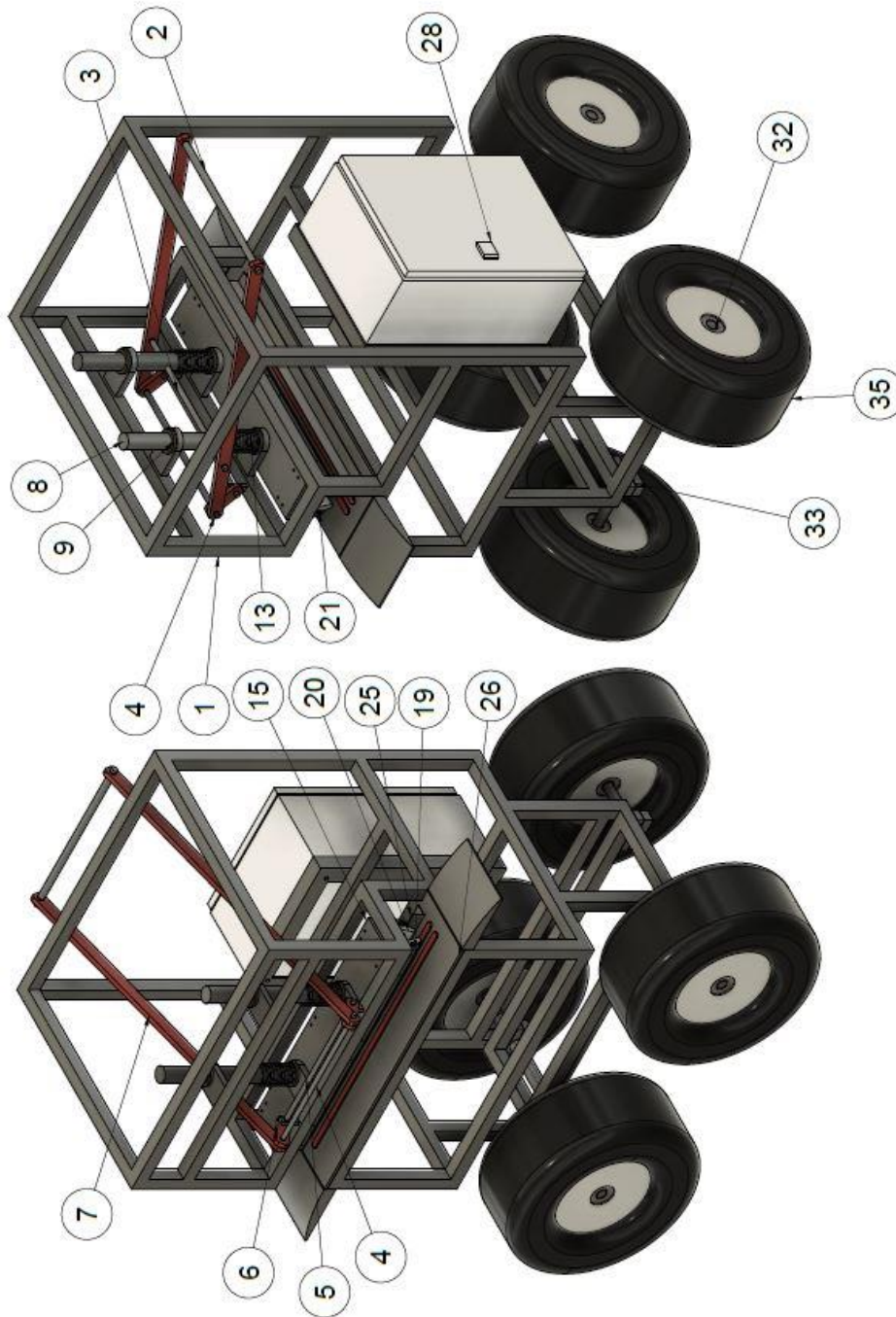
Vista: Frontal



Vista: Lateral

Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Fusion 360.

Figura 42. Partes de máquina selladora



Fuente: elaboración propia, empleando Autodesk Fusion 360.

Tabla XIV. Lista de partes máquina selladora

LISTA DE PARTES				
ITEM	QTY	PARTE	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
1	1	Estructura	Dimensiones 24" x 38 1/2" x 20"	Tubo cuadrado 1" x 1" chapa 16
2	1	Barra 1	Longitud 13 5/8", Ø 1/2"	Acero Plata
3	1	Barra 2	Longitud 13 5/8", Ø 7/16"	Acero Plata
4	1	Barra 3	Longitud 13 5/8", Ø 3/8"	Acero Plata
5	1	Barra 4	Longitud 13 5/8", Ø 3/8"	Acero Plata
6	2	Plana guía tipo 1	Longitud 27"	Plana de 1" x 3/8"
7	2	Plana guía tipo 2	Longitud 3"	Plana de 1" x 3/8"
8	2	Eje guía	Longitud 12", Ø 1 1/4"	Acero 705
9	4	Bujes	Longitud 3/4", Ø 1 3/4"	Bronce estándar 884
10	2	Seguro DIN 471 p/eje Ø 13 mm	Barra Ø 1/2"	Spring Steel 1060-1090
11	2	Seguro DIN 471 p/eje Ø 11 mm	Barra Ø 7/16"	Spring Steel 1060-1090
12	4	Seguro DIN 471 p/eje Ø 9 mm	Barra Ø 3/8"	Spring Steel 1060-1090
13	2	Resorte helicoidal cilíndrico de compresión	Longitud 3 1/8", D 1 3/8", 8 vueltas, d 1/8", rectificado en sus extremos	Acero estirado en frío
14	2	Tornillo 3/8"-16 UNC x 1"	Tornillo de cabeza hueca	Black-Oxide Alloy Steel
15	1	Pletina cabezal de sellado	Porta base del cabezal de sellado	Acero 1018
16	12	Tornillo 10-24 UNC x 1/4"	Tornillo de cabeza hueca	Black-Oxide Alloy Steel
17	2	Base tipo 1	Dimensiones 2 3/4" x 1 1/2" x 1 5/8"	Acero 1018
18	4	Base tipo 2	Dimensiones 2 3/4" x 1 1/2" x 1 5/8"	Acero 1018
19	2	Sello 1	Longitud 20"	Aluminio serie 4000
20	2	Sello 2	Longitud 20"	Aluminio serie 4000
21	2	Resistencias de cartucho	220 V, 2000 W 20" x 3/8"	
22	24	Tornillo 6-32 UNC x 3/4"	Tornillo de cabeza hueca	Black-Oxide Alloy Steel
23	2	Conector para Termocupla P-25, 1 perno	Longitud 1", Ø 3/8" NPT	Acero inoxidable
24	2	Termocuplas tipo "J" 3/16" x 1"		Hierro y aleación cobre-níquel
25	1	Guía de película	Longitud 22"	Hembra de 1" x 1/16"
26	1	Base de sellado	Dimensiones 24" x 1/2" x 7"	Plancha 1/2" acero 1018
27	1	Marco panel de control	Dimensiones 315 x 415 x 31.75 mm	Hembra de 1" x 1/8"
28	1	Panel de control	Rittal AE 1034.500 Dimensiones 400 x 300 x 210 mm	Chapa de acero
29	4	Tornillo 5/16"-18 x 3/4"	Tornillo de cabeza hueca	Black-Oxide Alloy Steel
30	4	Tuerca hexagonal 5/16"-18		Black-Oxide Steel
31	4	Roldana 3/8"		Stainless Steel
32	2	Eje de llantas	Longitud 24", Ø 1"	Acero 705
33	4	Soporte llantas	Dimensiones 3" x 1 1/2" x 1"	Acero 1018
34	8	Tornillo 1/4"-20 UNC x 1 1/2"	Tornillo de cabeza hueca	Black-Oxide Alloy Steel
35	4	Llantas Ø 15" x 6"	Llanta inflable con aro de metal y cojinete de bolas sellado p/eje Ø 3/4"	Caucho

\* Para mayor detalle de las partes fabricadas consultar plano ubicado en el Anexo 6

Fuente: elaboración propia.

## **4.7. Procesos de manufactura**

Para la fabricación de una máquina selladora se tuvo que transformar diferentes elementos, darles forma y propiedades específicas para que cada elemento tenga las características necesarias para cumplir una tarea específica en la operación de la máquina. Para la fabricación de la máquina selladora se utilizaron diferentes procesos de maquinado y tipos de unión.

### **4.7.1. Procesos de maquinado**

Para la fabricación de algunos elementos de la máquina selladora, se realizaron diferentes procesos de maquinado. Por medio de los procesos de maquinado se pudo transformar las dimensiones físicas de un material a otras, auxiliándose de alguna máquina herramienta. A continuación, se mencionará los procesos de maquinado utilizados para la fabricación de piezas de la máquina selladora.

#### **4.7.1.1. Torneado**

Durante la fabricación de la máquina selladora se realizaron operaciones en el torno, entre ellos están el cilindrado de los ejes guías del mecanismo de sellado, el taladrado y cilindrado de los bujes de bronce, el tronzado en las barras del mecanismo de sellado para el alojamiento de los seguros DIN 471, elaboración de los ejes de las llantas, entre otros.



Figura 43. **Uso del torno**



Fuente: Grupo Olefinas.

#### **4.7.1.2. Fresado**

En la fabricación de la selladora se utilizó la fresadora principalmente para la fabricación de sello, gracias a la orientación entre el eje de rotación y el eje de avance se puede realizar formas curvas en el material de trabajo. El sello está formado por la unión de dos piezas entre ellas se encuentra alojada la resistencia, para la fabricación de la ranura semicilíndrica se utilizó una fresa redonda de 3/8", por otro lado, la forma del sello es curva, para realizar esta forma se utilizó el cabezal divisor con el cual se giró la pieza sobre el eje de avance y se talló la forma curva del sello, debido a que una fresadora puede ser utilizada como taladro se elaboraron los agujeros para los tornillos de unión del sello.

Por otro lado, entre las especificaciones generales para el diseño y la fabricación de máquina selladora, se necesitaba una base en la cual puedan apoyarse el sello durante su operación, a la base se le realizaron una ranura para el alojamiento de un empaque de alta temperatura.

Figura 44. **Uso de fresadora**



Fuente: Grupo Olefinas.

#### **4.7.1.3. Taladrado**

En la fabricación de la máquina selladora, el taladro se utilizó para la elaboración de diferentes agujeros en los componentes de la selladora, los cuales fueron de diferentes medidas y tipo de corrido como ciegos.

Figura 45. **Uso de taladro**



Fuente: Grupo Olefinas.

#### **4.7.2. Procesos de unión**

Para que algunos componentes cumplan con su función en la máquina selladora se deben acoplar o unir entre sí, formando uniones fijas. Las uniones utilizadas en la fabricación son las del tipo soldadas y por medio de uniones roscadas.

##### **4.7.2.1. Soldadura por arco eléctrico**

La soldadura es un proceso de fabricación donde se realiza la unión de dos materiales, normalmente lograda a través de la fusión, en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas piezas y agregando un material de relleno o de aportación fundido para conseguir un baño de material fundido que, al enfriarse, se convierte en una unión fija.

La soldadura por arco eléctrico se basa en someter a dos conductores que están en contacto a una diferencia de potencial, por lo que termina estableciéndose una corriente eléctrica entre ambos. Si, posteriormente, se separan ambas piezas, se provoca una chispa que va a ionizar el aire circundante, permitiendo el paso de corriente a través del aire, aunque las piezas no estén en contacto.

En la fabricación de la máquina se utilizó la soldadura por arco eléctrico para la unión de elementos fijos, como lo es la estructura, las guías del mecanismo de sellado, como material de unión se utilizó electrodo E6013 de 3/32".

Figura 46. **Fabricación de estructura**



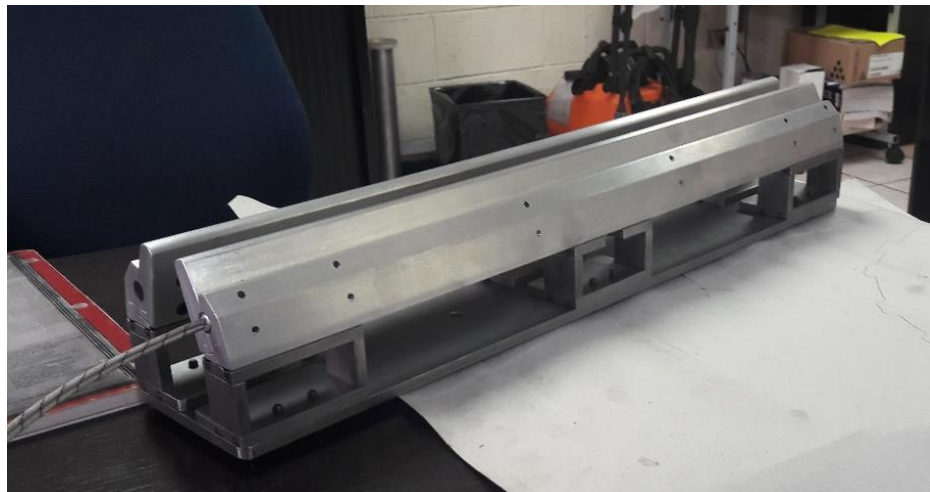
Fuente: Grupo Olefinas.

#### **4.7.2.2. Uniones roscadas**

Las uniones roscadas presentan ventajas, como facilidad de su ensamble y desensamble, amplia nomenclatura de elementos roscados adaptables para distintas condiciones de trabajo, el costo relativamente bajo condicionando su estandarización y el empleo de procesos tecnológicos de alta producción, permite su vasta aplicación en el diseño de maquinaria.

En la fabricación de la máquina selladora se utilizaron uniones roscadas en el armado del cabezal sellador. Por su diversas medidas y tipos de roscas se pudo seleccionar la medida que más se acoplara a las necesidades, en la unión de las dos piezas que conforman el sello se seleccionaron tornillos adecuados para el aluminio y así cuando se necesite cambiar la resistencia no se tenga un desgaste en la rosca interior.

**Figura 47. Cabezal de sellado armado**



Fuente: Grupo Olefinas.

#### 4.8. Costos de fabricación

A continuación, se presenta un detalle de los costos de materiales y mano de obra empleados en la fabricación de la máquina selladora.

Tabla XV. **Costos materiales y mano de obra**

<b>Descripción</b>	<b>Parte</b>	<b>Precio Total</b>
Fabricación de cabezal completo	Cabezal	Q 15 940,00
Llantas	Estructura	Q 720,00
Fabricación y materiales de estructura	Estructura	Q 2 200,00
Fabricación y materiales elementos de mecanismo de sellado	Mecanismo	Q 4 500,00
Resortes de compresión	Mecanismo	Q 60,00
Tornillería, seguros, otros componentes mecánicos	Mecanismo	Q 250,00
Componentes de circuito mando y circuito fuerza	Sistema eléctrico	Q 5 100,00
Termocupla tipo J 3/16" x 1"	Sistema eléctrico	Q 990,00
Resistencias de cartucho 3/8" x 20" 240V 2000W	Sistema eléctrico	Q 2 900,00
Instalación sistema eléctrico	Sistema eléctrico	Q 800,00
<b>Total</b>		<b>Q 33 460,00</b>
Tiempo invertido personal del departamento de mantenimiento	<b>450 horas</b>	

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. Para el diseño de la máquina se tomaron en cuenta los detalles del proceso y los recursos que se tiene a la mano para su funcionamiento: se tomó la posición a realizar, temperatura del proceso, por otro lado, los recursos son limitados, dado que se realizara en el campo, pero se logró realizar un diseño en el cual solo es necesario una fuente de energía eléctrica.
2. La finalidad principal del diseño de cualquier máquina es la mejora en la eficiencia del proceso, reducción del tiempo, disminución de la cantidad de personal y cantidad de recursos para realizarse. En este caso, no se pudo cuantificar, pero con el diseño y las pruebas se puede observar una eficiencia en el tamaño y calidad del sellado, por otra parte, el tiempo y cantidad de personal que se necesita para realizar el proceso.
3. Un factor importante para el diseño es la seguridad, Con el diseño de la selladora se logró que el proceso fuera más seguro porque se evitó que el operario entre en contacto con la película y con el cabezal, durante el proceso. Así, el personal para su operación no debe ser tan capacitado.
4. Durante la prueba de sellado se pudo verificar que el rango de temperatura para un sello adecuado es entre 225 y 250 °C, el tiempo de aplicación de sello es de 3 a 5 segundos, para que el sello sea adecuado. Estos valores pueden variar por el material y condiciones ambientales en las cuales se encuentra realizando el sellado.





## RECOMENDACIONES

1. Al realizar un diseño de un proceso, es indispensable conocer los recursos con los que cuenta en el lugar de operación, para reducir los posibles diseños que satisfaga las necesidades y requerimientos. Además, se debe realizar lo más sencillo posible, para que, al momento de alguna falla o mantenimiento, no sea necesario gran conocimiento de la máquina.
2. Al utilizar mecanismo manual para el proceso de sellado, la calibración para su operación no será posible, por ello, se necesitará que el operario identifique la presión y el tiempo de sellado necesario para los diferentes tipos de película para que el sello sea efectivo.
3. Antes de realizar el sello entre dos películas, es recomendable hacer las pruebas para verificar si se encuentra en un valor adecuado de temperatura y tiempo de aplicación de sello, ya que este puede cambiar dependiendo de las condiciones ambientales bajo las que se encuentren.
4. Es recomendable que los elementos móviles de la máquina selladora se lubriquen y limpien para extender su vida útil y evitar el deterioro prematuro de los elementos del mecanismo de sellado.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CARRANZA GUZMAN, Lenin Rafael. Programa de operación y mantenimiento de extrusoras, para la manufactura de bobina plástica a base de polietileno. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 113 p.
2. CASTILLO VALDEZ, Eduardo Guillermo. Diseño de una máquina selladora de tapones plásticos. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1998. 103 p.
3. GROOVER, Mikell P. Fundamentos de Manufactura Moderna. Materiales, Procesos y Sistemas. México: Prentice Hall, 1997. 748 p.
4. GUERRERO, Omar Erasmo. Procesos de manufactura. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, 2008. 164 p.
5. LÓPEZ MERÉN, Elias Jonathan. Diseño de máquina dobladora de varillas de acero de 1/4", para la fabricación de asas para ollas. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015. 86 p.

6. MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas. 4a ed. México: Pearson, 2006. 798 p.
7. RAMOS GONZÁLEZ, Juan Carlos. Fórmulas, tablas y figuras de transferencia de calor. España: Tecnum, 2007. 56 p.
8. ROSAS ADQUI, René Alexander. Diseño de una máquina para fabricar tejas de concreto. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. 125 p.
9. SPOTTS, M.F. Elementos de máquinas. 7a ed. España: Reverté, 1999. 856 p.
10. VIANA VIDAL, Manuel José. Análisis de capacidad de proceso de una planta de producción de bolsas de polietileno. Trabajo de graduación de Ing. Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. 227 p.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. **Fotografías de proyecto**

Se muestran las fotografías del proceso de fabricación de la máquina selladora, resultado de la fabricación de máquina selladora y pruebas realizadas para el sellado de película de polietileno, en una industria acuícola en la costa sur del país.

#### Apéndice 1a. **Fabricación de máquina selladora**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1b. **Máquina selladora. Vista frontal**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1c. Máquina selladora. Vista lateral



Fuente: elaboración propia.

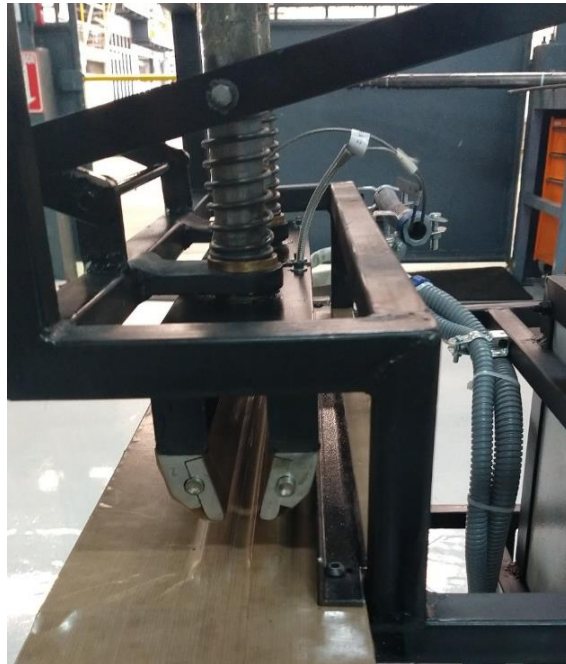


Apéndice 1d. **Cabezal de sellado. Vista superior**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1e. **Cabezal de sellado. Vista lateral**



Fuente: elaboración propia.



**Apéndice 1f. Preparación de película de polietileno para sellado**



Fuente: elaboración propia.

**Apéndice 1g. Sellado de película de polietileno para reservorio de agua**



Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 1h. Sello en película Curaplast



Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 1i. Película Curaplast sellada para reservorio de agua

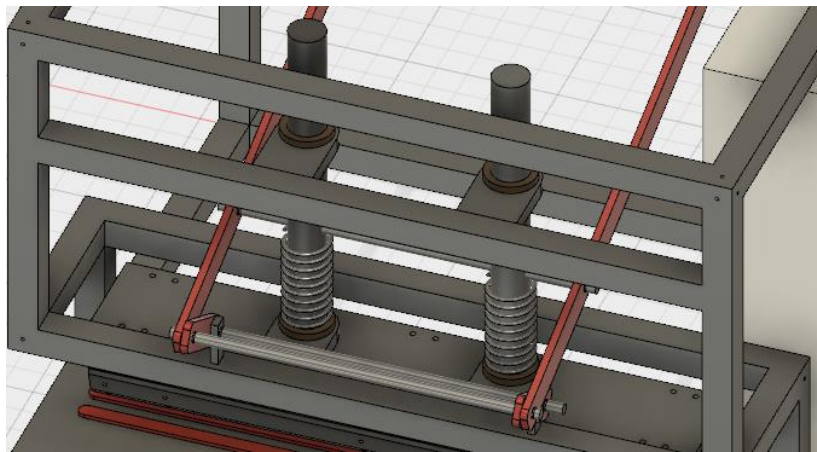


Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Puntos susceptibles al daño y desgaste

- Bujes es un punto susceptible al desgaste, debido a que son de bronce, estos permiten que los ejes guías tenga un movimiento intermitente recto, se recomienda su constante inspección, ya que de estos depende que el sello sea uniforme.

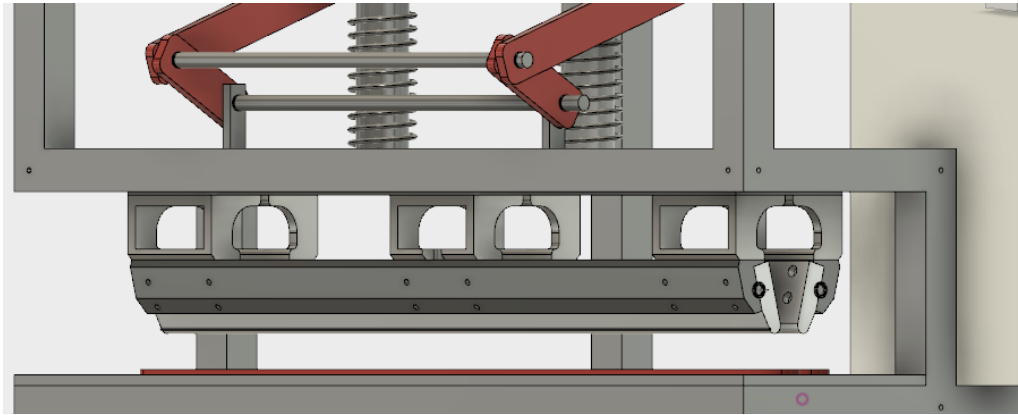
### Apéndice 2a. Bujes mecanismo de sellado



Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.

- Sellos. Debido a que los sellos son de aluminio presentan mayor plasticidad si se comparan con el resto de materiales del cabezal, fácilmente podrían ser deformados al aplicarse una carga excesiva. Se recomienda limpieza del base en la cual cae el cabezal y el cabezal para evitar este inconveniente.

## Apéndice 2b. **Cabezal de sellado**



Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.

## Apéndice 3. **Puntos de lubricación**

A continuación, se detalla el punto de lubricación a considerar durante la operación de la máquina selladora:

- Bujes para que el movimiento intermitente del cabezal se realice con la menor carga posible. Se recomienda limpieza y lubricación una vez al día. El punto de lubricación será en la parte superior de las barras guías para que toda la barra esté bien lubricada, se utilizarán 3 gr de aceite convencional.

Fuente: elaboración propia

#### Apéndice 4. **Seguridad**

A continuación, se detalla los riesgos a considera durante la operación de la máquina selladora.

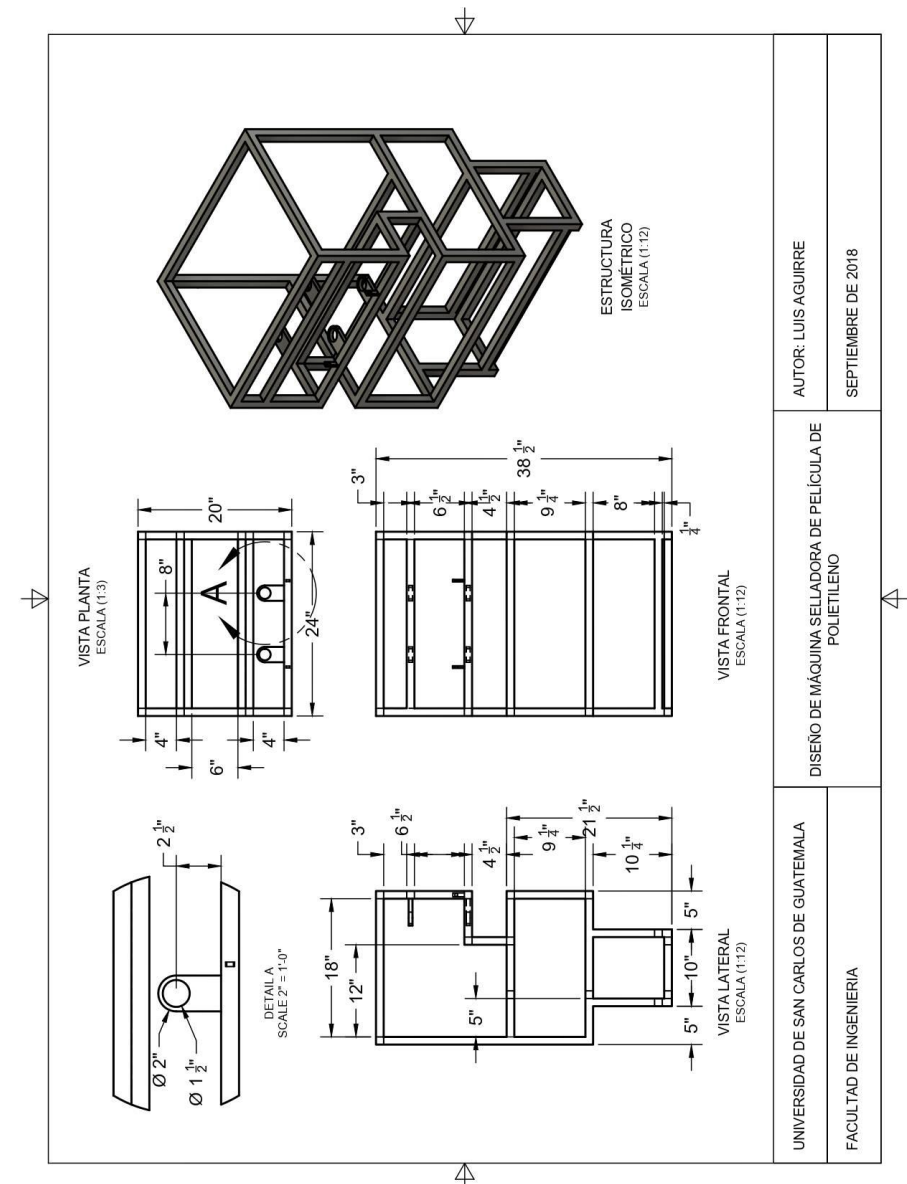
- Riesgo de quemadura. El cabezal es una superficie caliente en la máquina selladora. Dado que la temperatura de sellado es elevado, se debe tener cuidado con el contacto de esa superficie. Se diseñó el espacio de alojamiento de la película para el sellado como un espacio reducido para que no se tenga fácil acceso, pero no se logra controlar al 100% el riesgo de este incidente. Se recomienda el uso de guantes cuando se esté realizando el sellado.
- Riesgo de aplastamiento. El mecanismo de sellado es un riesgo al aplastamiento de las manos, por lo cual, mientras se esté sellado, no se deberían de meter las manos dentro de la estructura. La mano solo debería colocarse en la barra superior. Mientras se esté lubricando nunca se deberían meter las manos, el punto de lubricación es en la parte superior de la barra guía.

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 5. Diseños de máquina selladora de película de polietileno

Se muestran los planos para la fabricación de la máquina selladora.

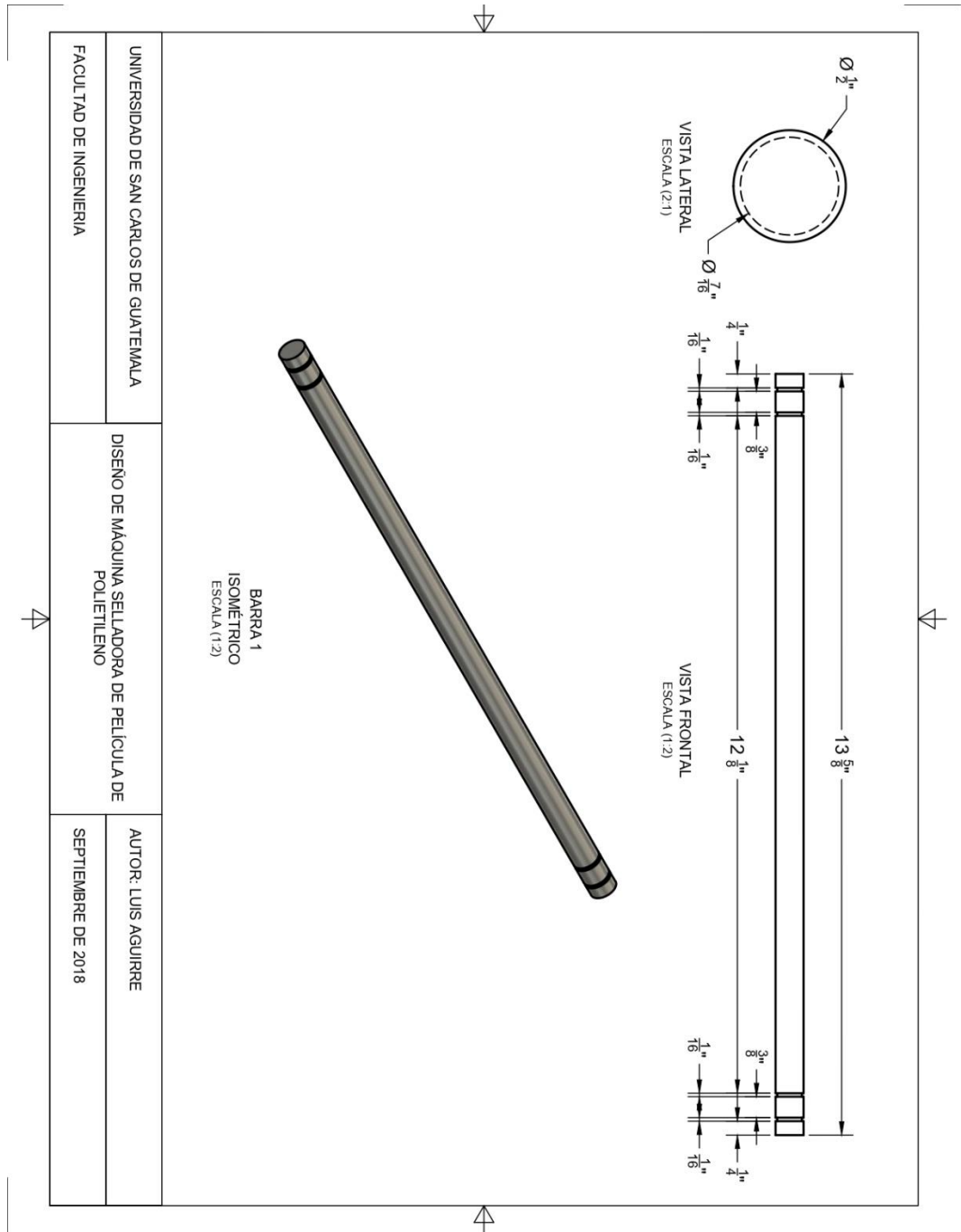
### Apéndice 5a. Plano estructura



Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.

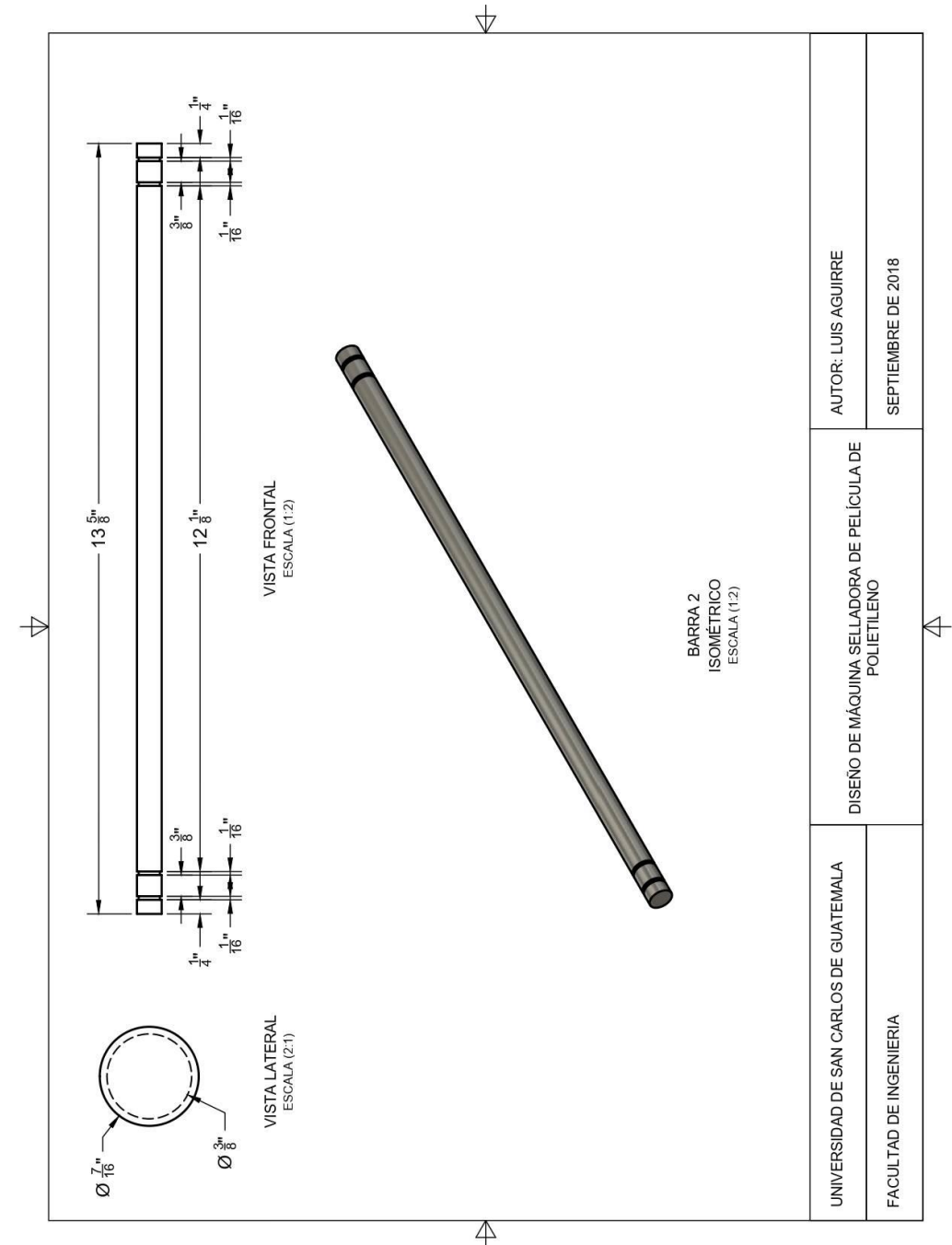


## Apéndice 5b. Plano barra 1



Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.

### Apéndice 5c. Plano barra 2

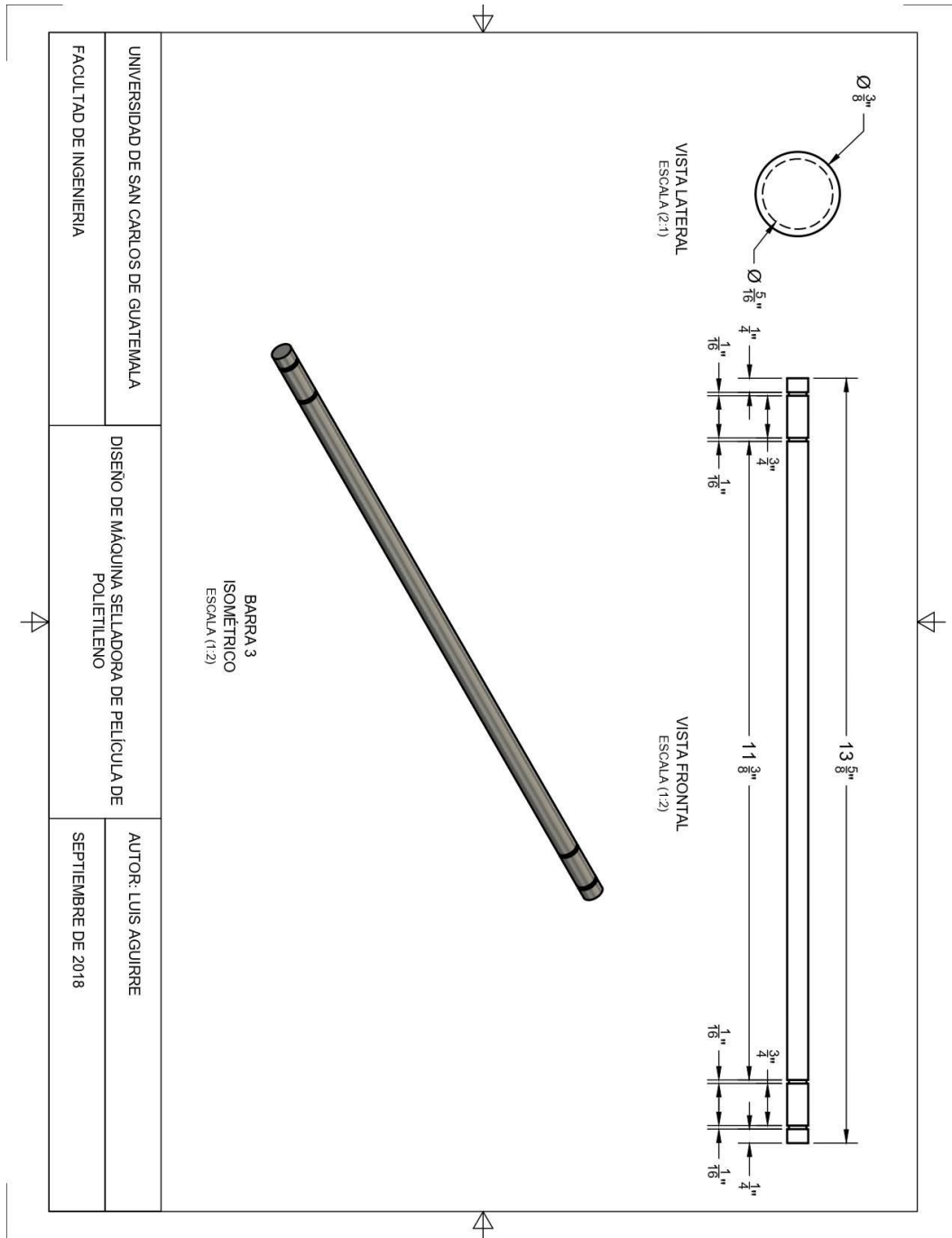


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DISEÑO DE MÁQUINA SELLADORA DE PELÍCULA DE POLIETILENO	AUTOR: LUIS AGUIRRE
		SEPTIEMBRE DE 2018
FACULTAD DE INGENIERIA		

Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.

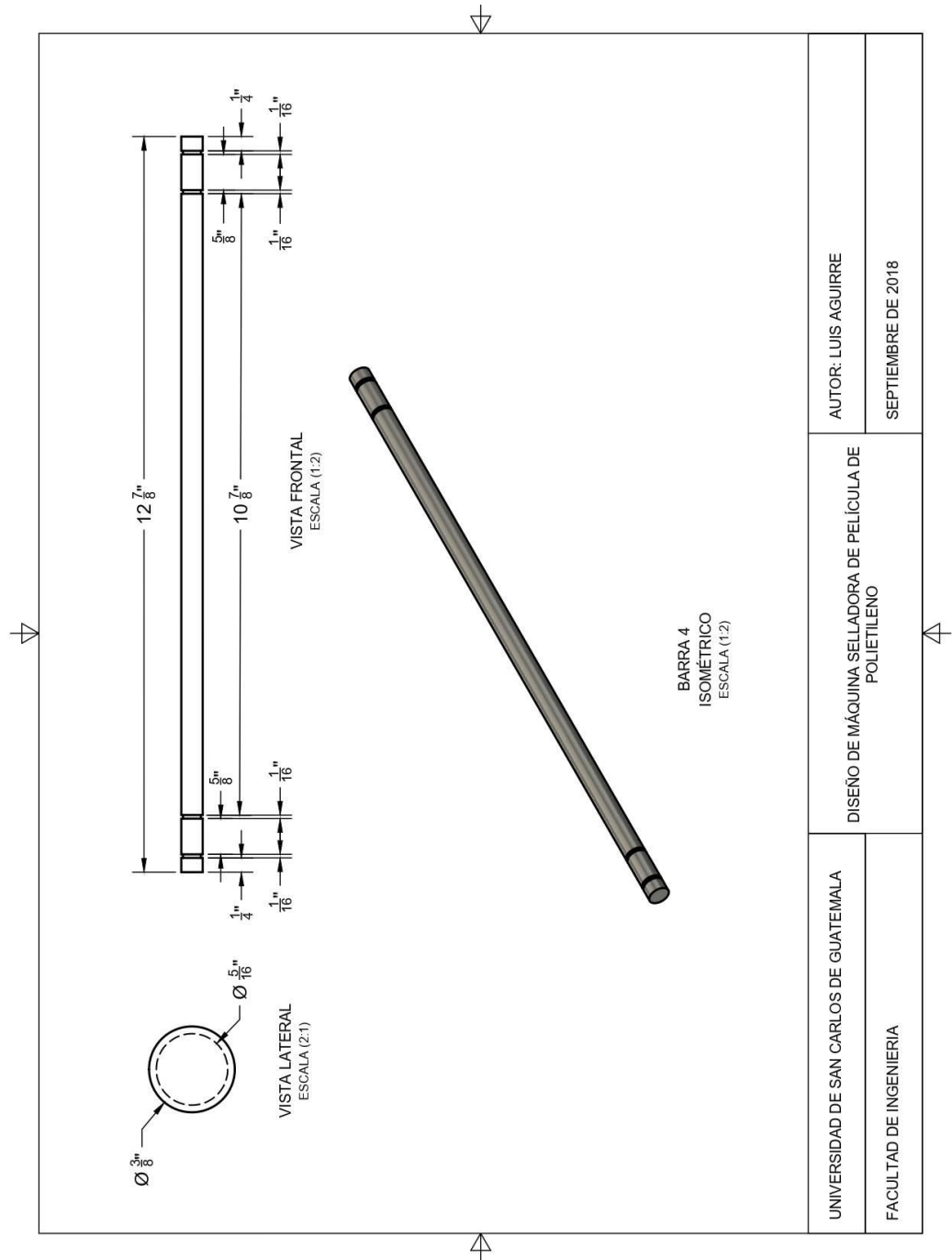


### Apéndice 5d. Plano barra 3



Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.

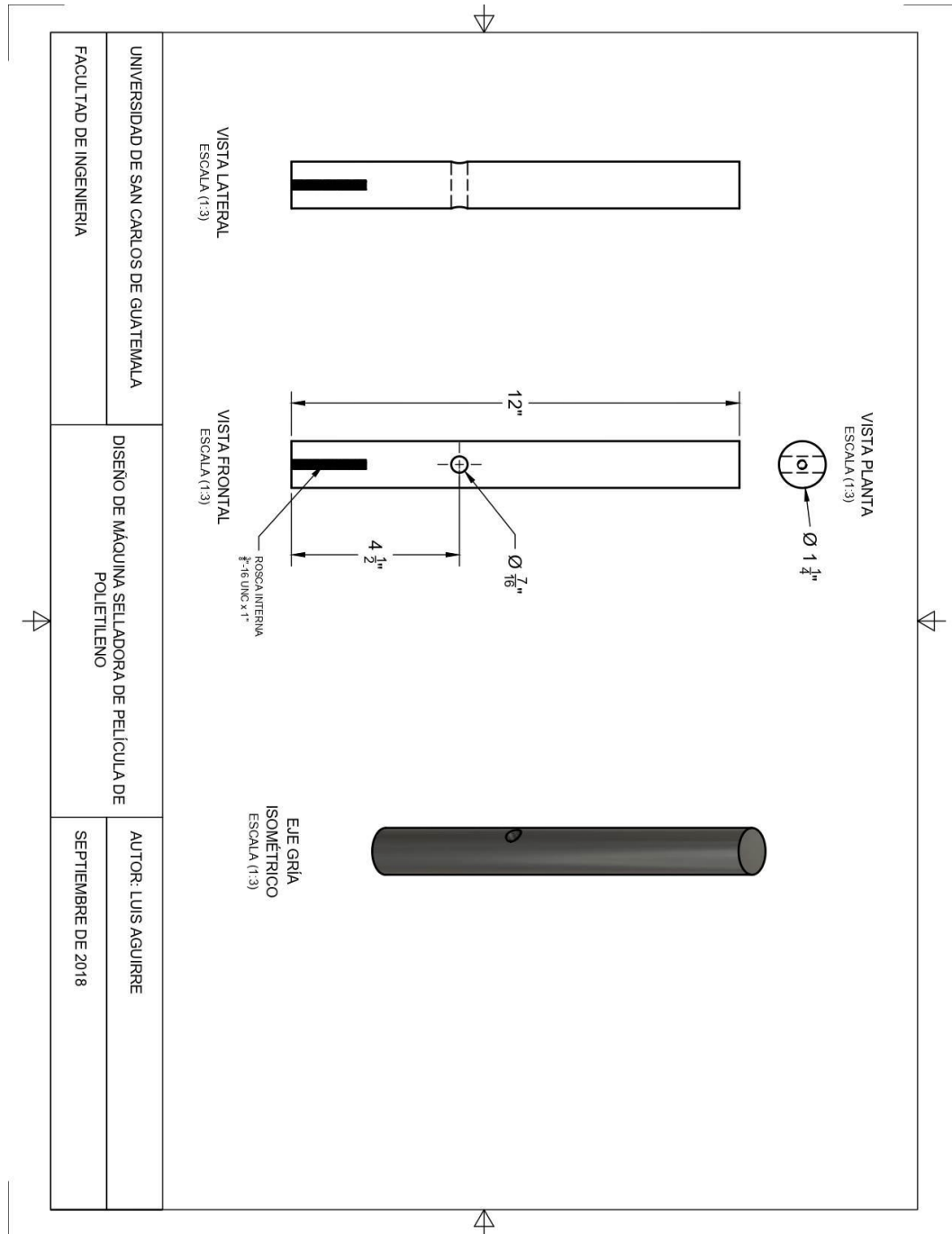
## Apéndice 5e. Plano barra 4



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DISEÑO DE MÁQUINA SELLADORA DE PELÍCULA DE POLIETILENO	AUTOR: LUIS AGUIRRE
FACULTAD DE INGENIERIA		SEPTIEMBRE DE 2018

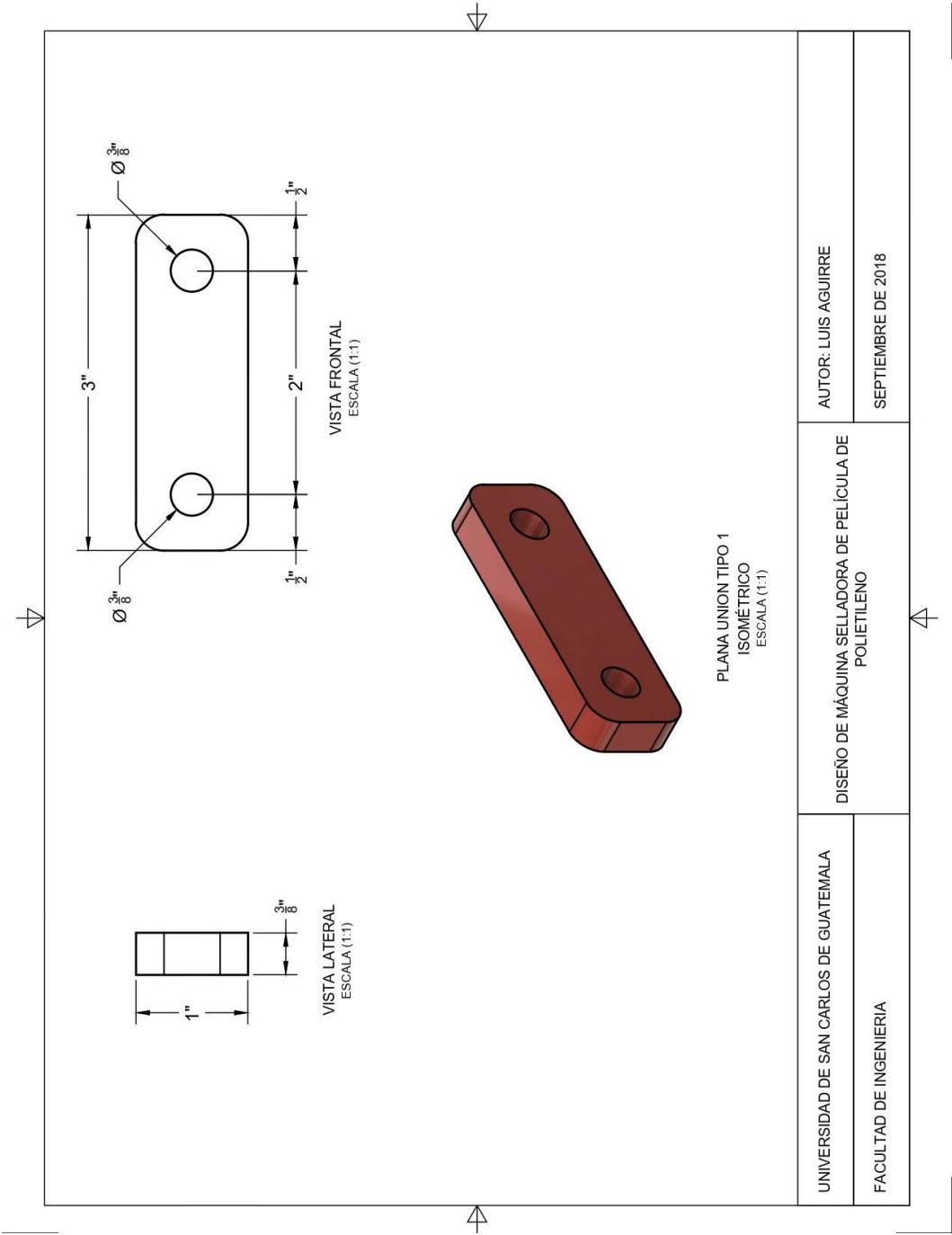
Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.

## Apéndice 5f. Plano eje guía



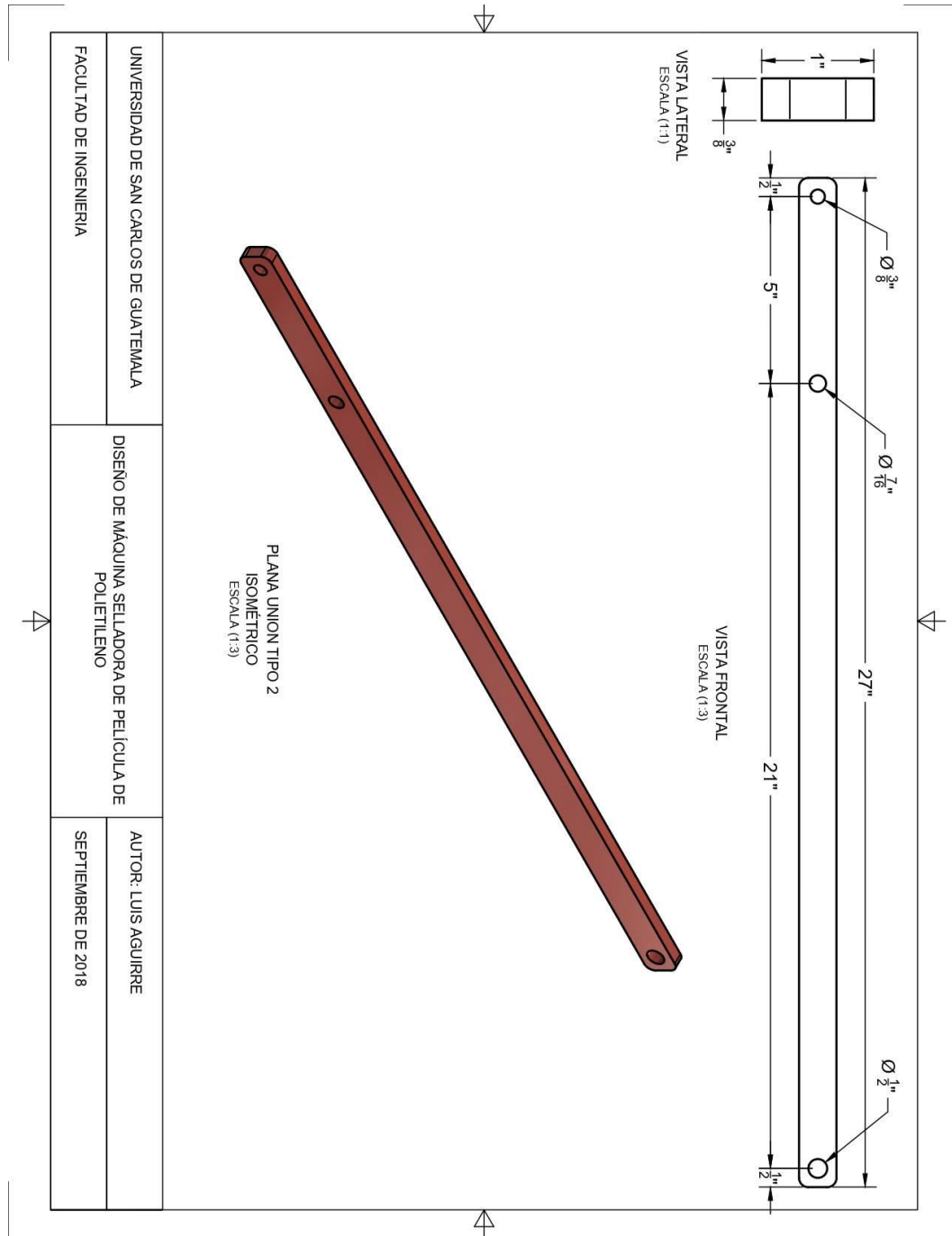
Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.

Apéndice 5g. Plano plana unión tipo 1



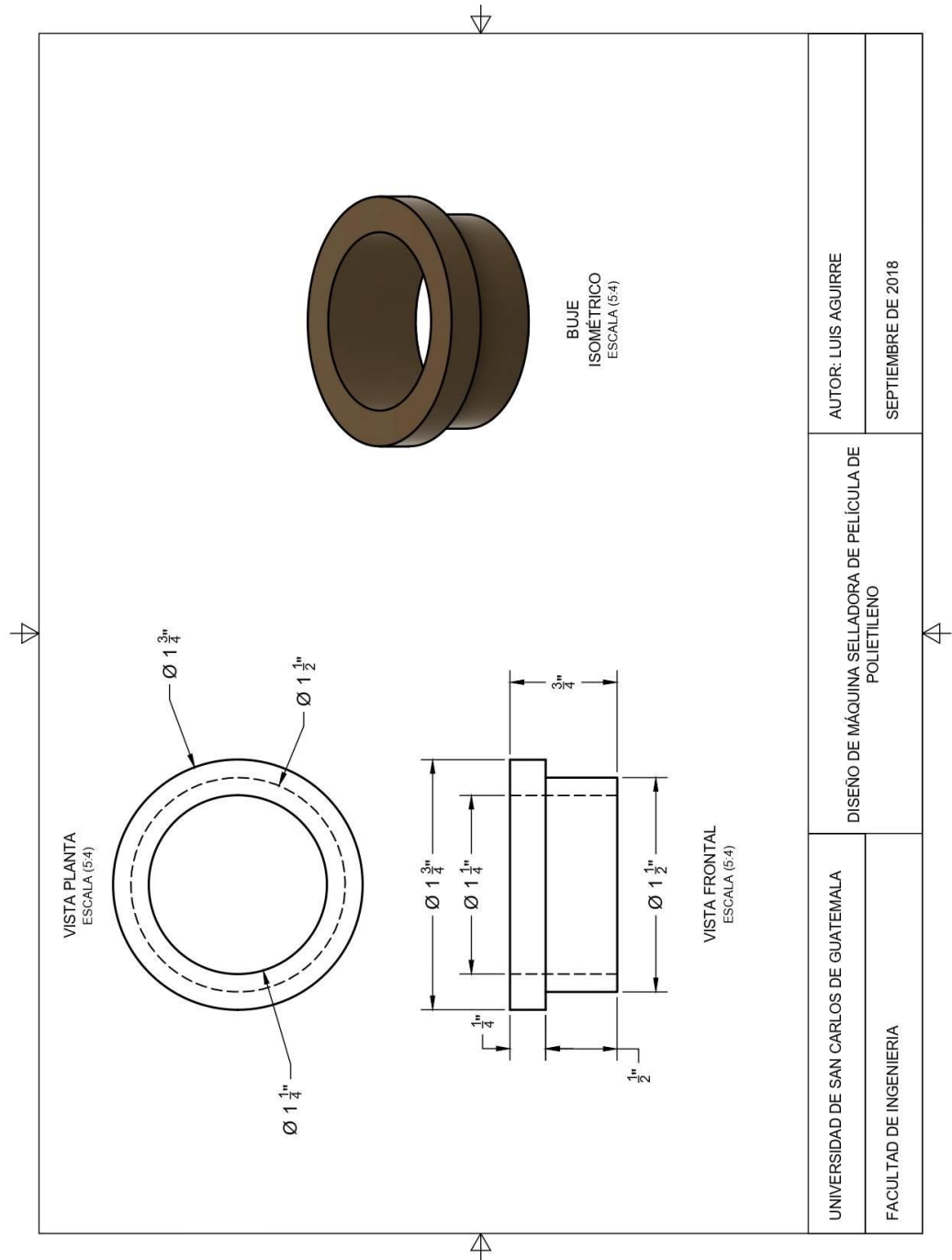
Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.

## Apéndice 5h. Plano plana unión tipo 2



Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.

## Apéndice 5i. Plano buje



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

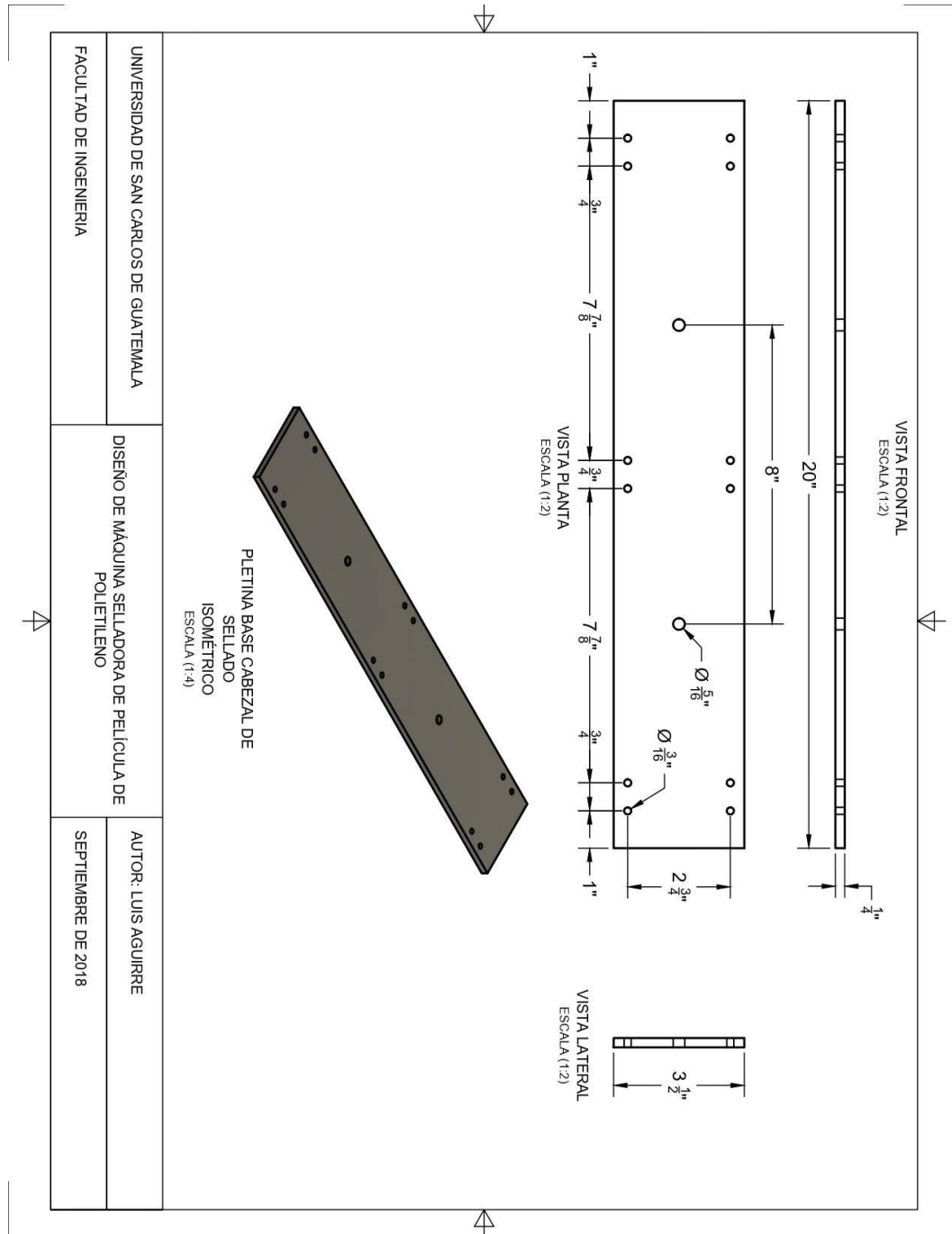
AUTOR: LUIS AGUIRRE

SEPTIEMBRE DE 2018

DISEÑO DE MÁQUINA SELLADORA DE PELÍCULA DE POLIETILENO

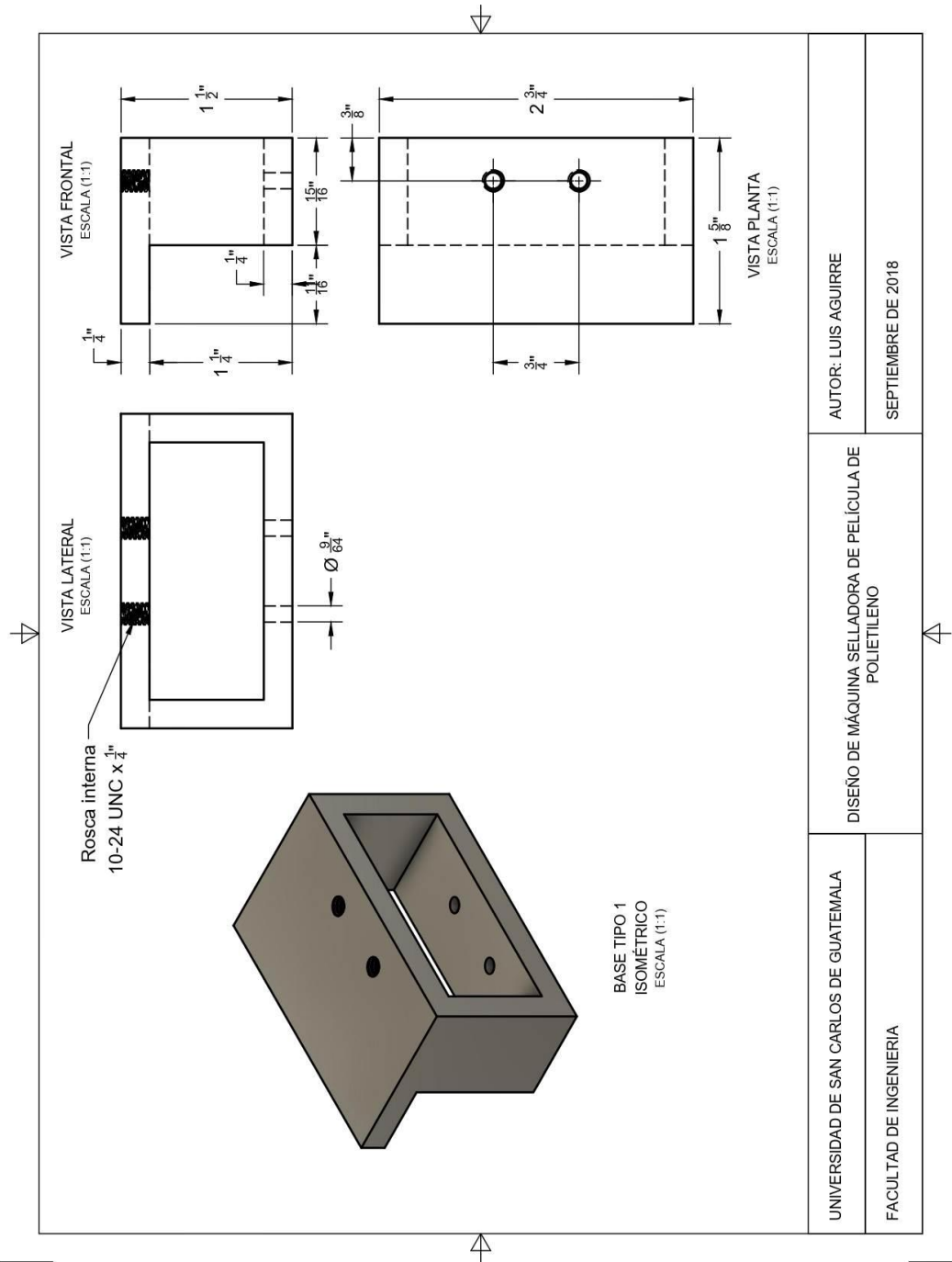
Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.

## Apéndice 5j. Plano pletina base cabezal sellado



Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.

## Apéndice 5k. Plano base tipo 1

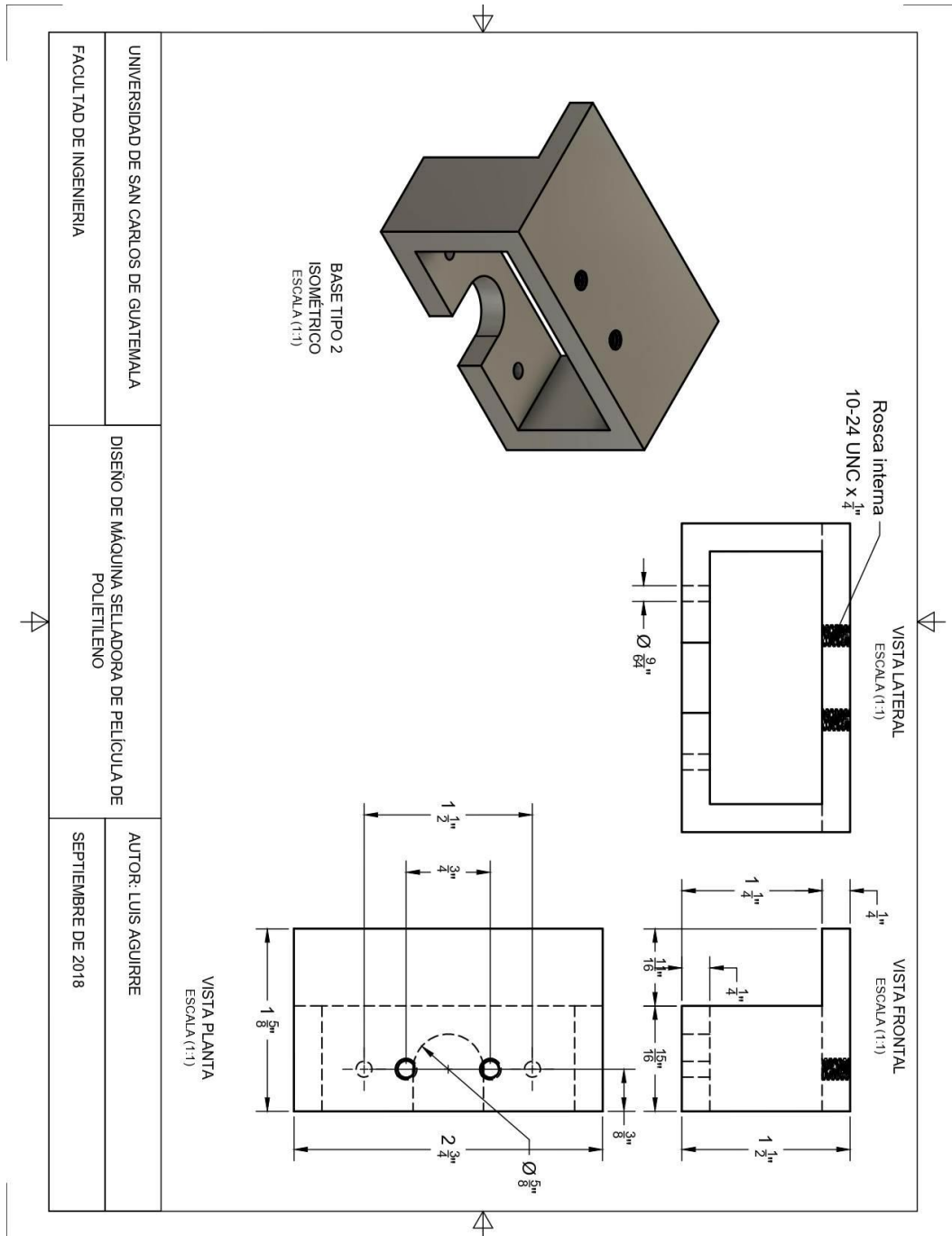


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	AUTOR: LUIS AGUIRRE	DISEÑO DE MÁQUINA SELLADORA DE PELÍCULA DE POLIETILENO
FACULTAD DE INGENIERIA	SEPTIEMBRE DE 2018	

Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.

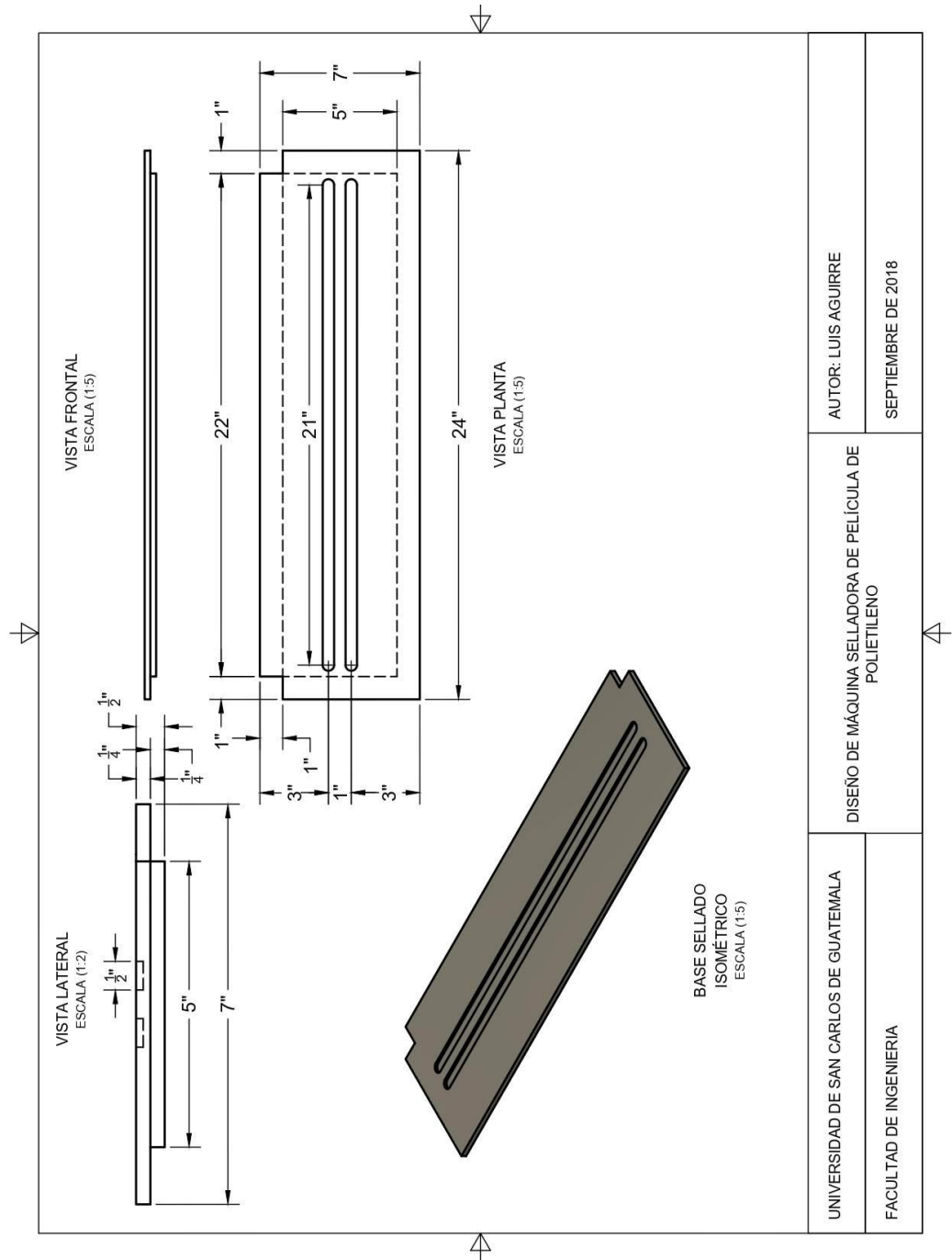


## Apéndice 5I. Plano base tipo 2



Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.

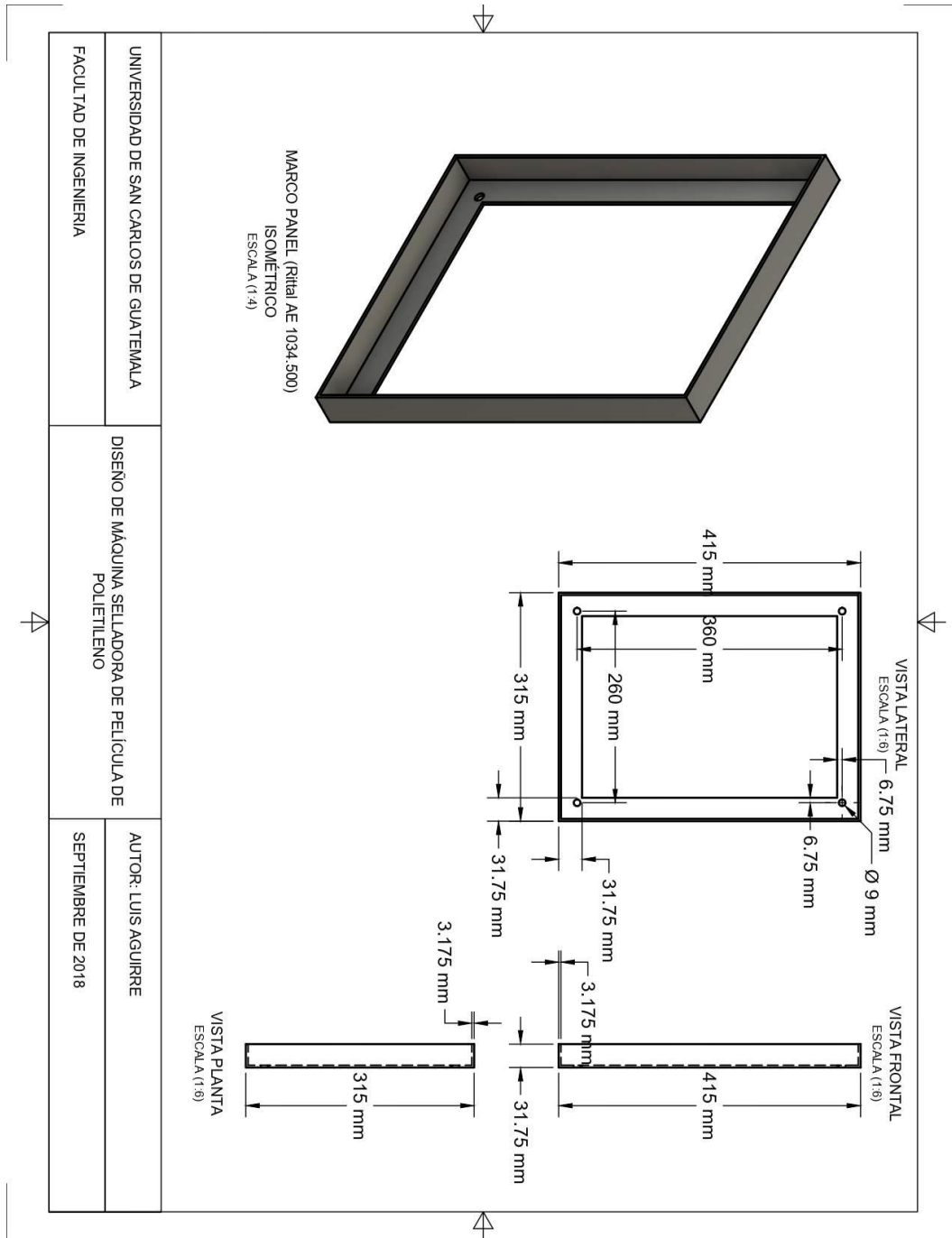
## Apéndice 5m. Plano base sellado



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DISEÑO DE MÁQUINA SELLADORA DE PELÍCULA DE POLIETILENO	AUTOR: LUIS AGUIRRE
FACULTAD DE INGENIERIA		SEPTIEMBRE DE 2018

Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.

## Apéndice 5n. Plano marco panel



Fuente: elaboración propia, empleado Autodesk Fusion 360.



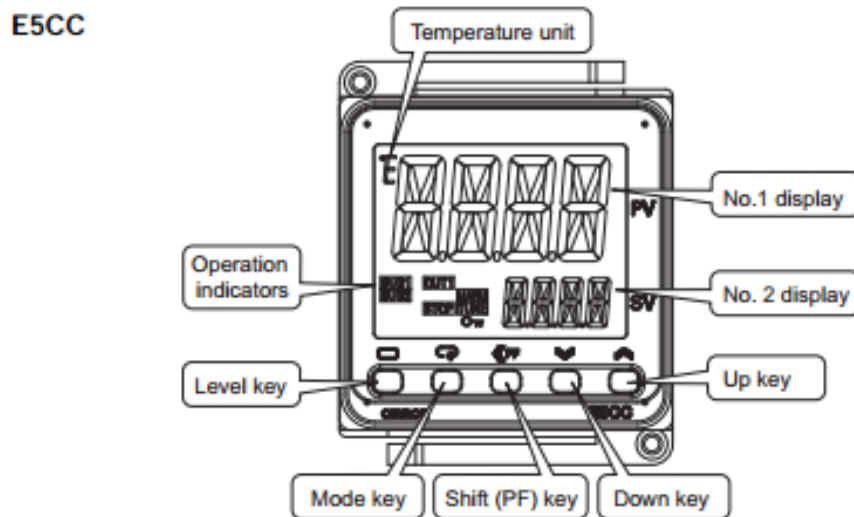
## ANEXOS

### Anexo 1. Variación de temperatura de sellado

Para la regulación de temperatura se utilizó un E5CC-RX2ASM-801 (OMRON). El control termorregulador fue programado de la siguiente manera:

- Input Power Supply, 240 VAC
- Sensor Input, TC
- Control output 1, Relay 250 VAC, 3 A

#### Anexo 1a. Diagrama E5CC 800



Fuente: OMRON, *Manual E5CC 800 Omron*.

Para el cambio del *set point* de la temperatura de sellado, se deben seguir estos pasos:

1. Presionar el botón *Shift (PF) key*. Se ingresará en modo variación de set point del valor de temperatura.
2. Presionar el botón *Shift (PF) key*, al presionarlo se variará la unidad a modificar, presionar hasta encontrar la unidad que se desea cambiar.
3. Para cambiar el valor de la unidad seleccionada se utilizará los botones *Down key*, *Up key*, para disminuir o aumentar el valor respectivamente.
4. Luego de modificar el valor de temperatura que se desea, presionar el botón *Mode key*.

Fuente: OMRON, *Manual E5CC 800 Omron*.